



Lohmeyer

TRAM DÖRPFELDSTRASSE - LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN

Auftraggeber:

Schüler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH
Greifswalder Straße 80A
10405 Berlin

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden

Diol.-Ing. (FH) Eva Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

November 2023
Projekt 10212-21-01
Berichtsumfang 59 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

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 PROKAS.....	7
	3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
4	EINGANGSDATEN	11
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	11
	4.2 Verkehrsdaten	13
	4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation.....	13
	4.4 Meteorologische Daten	16
	4.5 Hintergrundbelastung der Luft	18
5	EMISSIONEN	21
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	21
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	21
	5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	23
	5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	23
6	IMMISSIONEN.....	29
	6.1 Stickstoffdioxid (NO ₂).....	30
	6.2 Feinstaub (PM ₁₀)	33
	6.3 Feinstaub (PM _{2.5})	37
7	LITERATUR	42
A1	BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	45

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	48
A3 EMISSIONSABBILDUNGEN	53

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 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 / PM2.5

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Berliner Verkehrsbetriebe planen den symmetrischen zweigleisigen Ausbau in der Dörfeldstraße zwischen Adlergestell und Waldstraße inklusive des Umbaus von zwei barrierefreien Haltestellen. In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planungsverfahrens 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:

- Analysefall 2022 (Verkehrsdaten 2019, Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2022)
- Planfall 2026 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme, Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2026, Verkehrsdaten 2019).

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 4.2 (UBA, 2022) wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2022 und 2026 ermittelt. Die nicht motorbedingten PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen sind ebenfalls im HBEFA 4.2 enthalten und werden so verwendet.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell PROKAS/PROKAS_B (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 vorläge, wurde auf Grundlage von Messdaten und in Abstimmung mit der zuständigen Immissionsschutzbehörde der Stadt Berlin angesetzt. Die NO/NO₂-Konversion wurde mit einem vereinfachten 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 Analysefall 2022 und im Planfall 2026 berechnet.

Auch der strengere PM₁₀-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer 50 µg/m³ entsprechend der 39. BImSchV werden im Analysefall 2022 und im Planfall 2026 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 2026 nicht abzulehnen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Berliner Verkehrsbetriebe planen den symmetrischen zweigleisigen Ausbau in der Dörpfeldstraße zwischen Adlergestell und Waldstraße inkl. des Umbaus von zwei barrierefreien Haltestellen. In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planungsverfahrens 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.

Zu betrachten sind folgende Fälle:

- Analysefall 2022 (Verkehrsdaten 2019, Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2022)
- Planfall 2026 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme, Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2026, Verkehrsdaten 2019).

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstäube (PM₁₀, PM_{2.5}) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 2022 und 2026, 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 µm 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 PROKAS

Für das gesamte Betrachtungsgebiet wird das Straßennetzmodell PROKAS (Beschreibung: www.lohmeyer.de/prokas) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnissen angewendet; mit diesem Verfahren können Straßennetze, in typisierter Form Randbebauung, berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage, der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM₁₀, PM_{2.5}) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung sind im HBEFA 4.2 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).

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen sowie der typisiert berücksichtigten Lärmschutzbauten werden, die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

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

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

Für die Berechnung der NO-NO₂-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

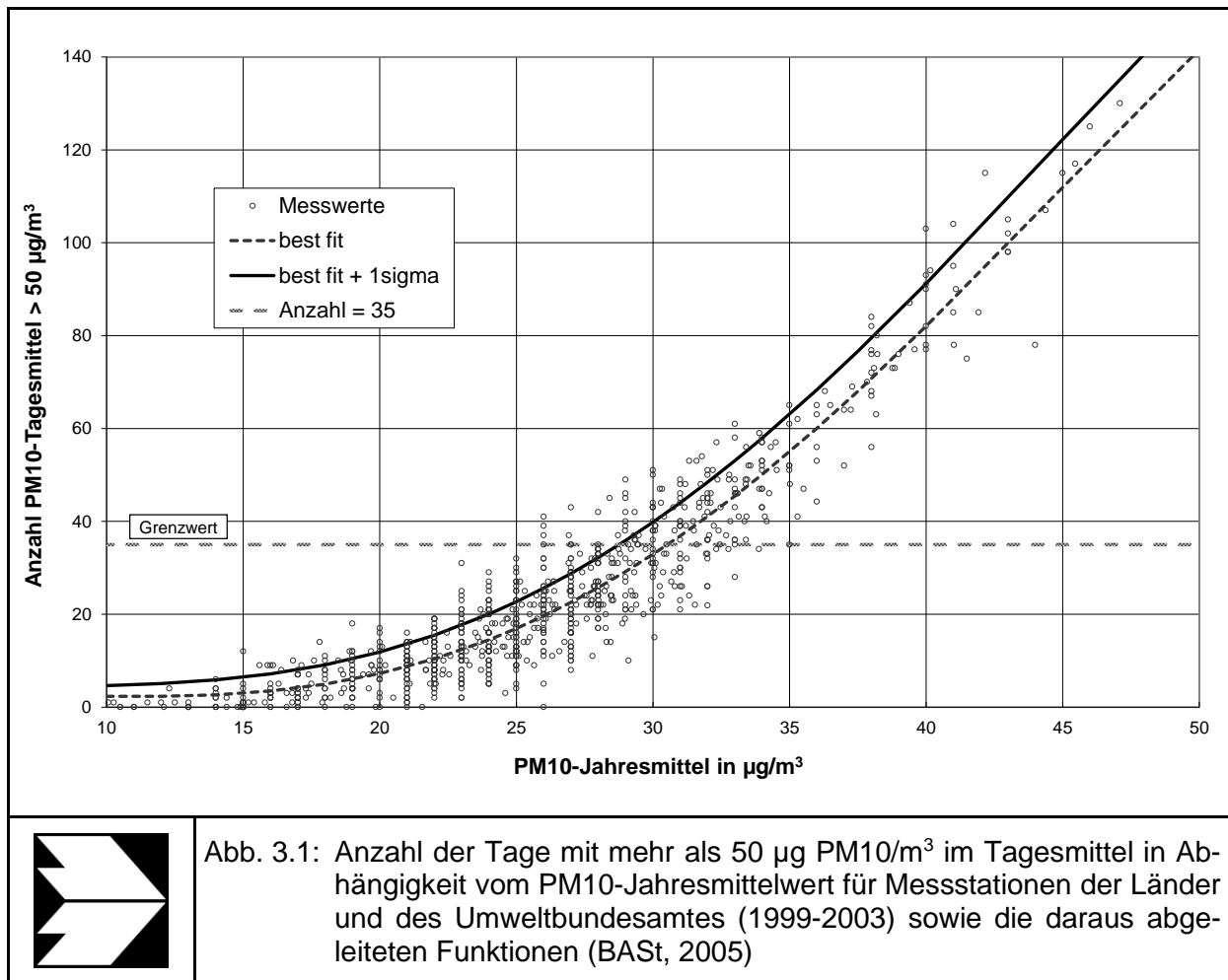
Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann

abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

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).



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 2022-06, Schüsler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, 2022a)
- Verkehrsbelegungsdaten (Imelmann C., 2022a und b)
- Lage und Höhen von Gebäuden (Berlin3d-downloadportal, 2020).

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist im Südosten im Bezirk Adlershof gelegen. Die Dörpfeldstraße verläuft zwischen Adlergestell und Spindelfelder Straße. In der Dörpfeldstraße verläuft zzt. die Straßenbahn eingleisig in Mittellage. In der Dörpfeldstraße soll zwischen dem Adlergestell und Waldstraße der symmetrische zweigleisige Ausbau inkl. eines barrierefreien Haltstellenumbaus erfolgen. Das Gelände im Untersuchungsgebiet weist leichte Längsneigungen auf. In der Dörpfeldstraße ist ein- bzw. beidseitige mehrgeschossige Bebauung vorhanden.

Die **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 (Imelmann C., 2022a/b), die nach Rücksprache mit dem Auftraggeber verwendet wurden (Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, 2022b), beruhen auf den Verkehrsmengenkarten für 2019 (**Abb. 4.2**).

Für die Berechnungen werden die Daten als mittlere Verkehrsstärken (DTV) verwendet, welche den Verkehr von Montag bis Sonntag abbilden. Dabei wurden die für Berlin von der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz; ehem. SenStadtUm (SenUVK, 2017) empfohlenen Umrechnungsfaktoren verwendet:

- $DTV_{Kfz, Mo-So} = DTV_{Kfz, w} \times 0.90$
- $DTV_{SV, Mo-So} = DTV_{SV, w} \times 0.81$

Außerdem werden dem schalltechnischen Gutachten die Anzahl der Linienbusse entnommen und auf die Verkehrsbelegungen aus den Verkehrsmengenkarte hinzugerechnet. Diese werden hier unverändert für den Analysefall 2022 und für Prognosejahr 2026 angewendet.

4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation

Bei der Ausbreitung der verkehrsbedingten Emissionen spielen die baulichen Gegebenheiten der Straße eine wesentliche Rolle. Bei einer vorliegenden dichten Randbebauung an einem Straßenabschnitt wird diese bei der Ausbreitungsrechnung mit PROKAS über so genannte Bebauungstypen berücksichtigt. In die Bestimmung der Bebauungstypen gehen das Verhältnis Gebäudehöhe zu Straßenschluchtbreite, der Lückenanteil, die Schluchtbreite sowie die Frage, ob Bebauung nur auf einer oder auf beiden Seiten der Straße vorhanden ist. Diese idealisierten Straßenrandbebauungstypen werden für jeweils ca. 100 m lange Straßenabschnitte festgelegt.

Die verwendeten Bebauungstypen sind für alle Fälle identisch und in **Abb. 4.3** für den Analysefall 2022 und Planfall 2026 dargestellt.

In PROKAS werden diese Straßenabschnitte mit dem so genannten Bebauungsmodul gerechnet (PROKAS_B). Es beruht auf Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für die idealisierten Straßenrandbebauungen (nähere Erläuterungen sind im Anhang A4 zu finden).

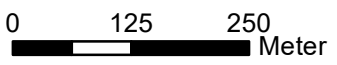
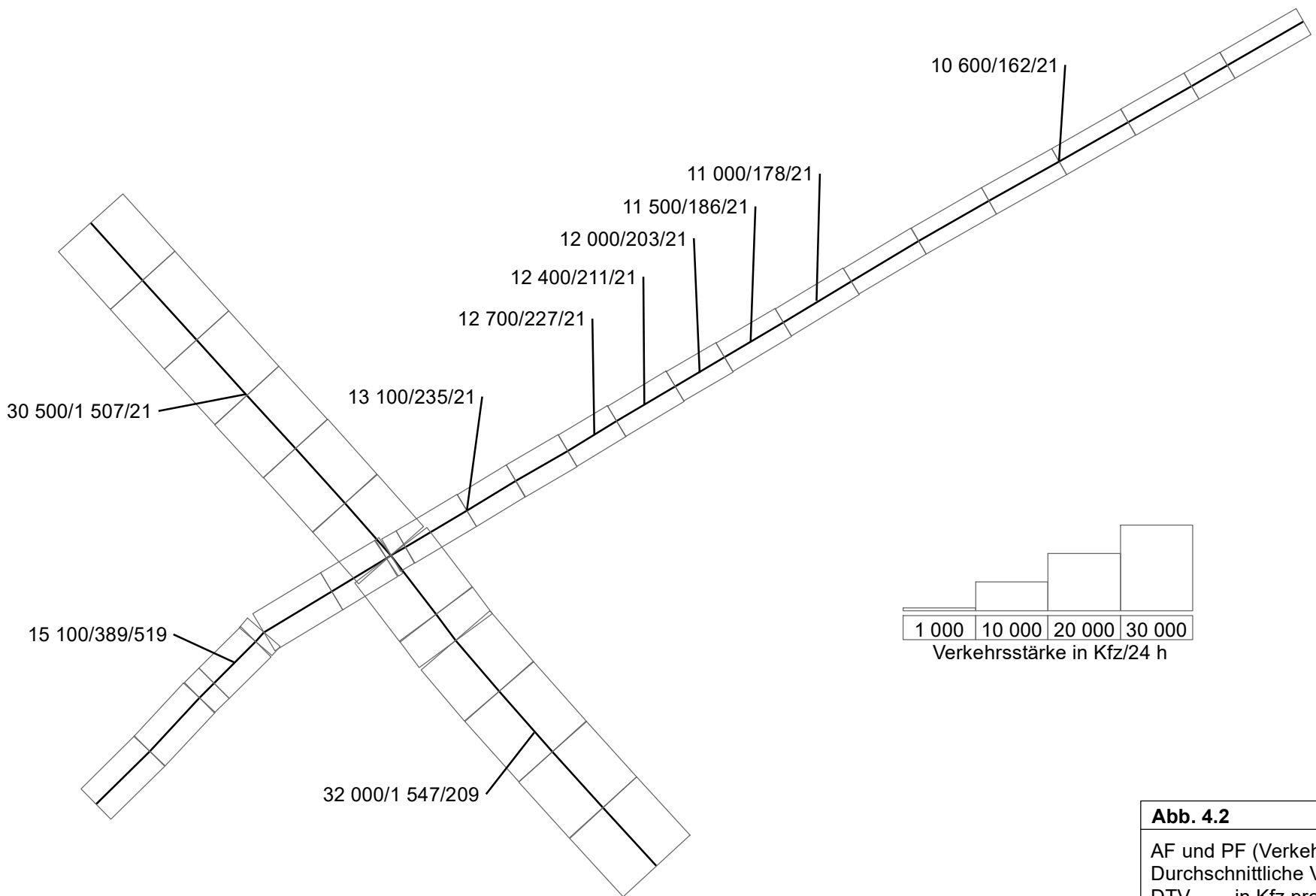



Abb. 4.2 10212-21-01
AF und PF (Verkehrsmengen 2019)
Durchschnittliche Verkehrsstärke
DTV_{Mo-So} in Kfz pro Tag/SV >3.5 t in Kfz
pro Tag/LBus in Kfz pro Tag

 Lohmeyer



Bebauungstypisierung

einseitig

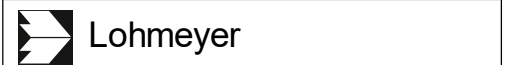
- 104
- 107
- 108
- ohne Bauungstyp

zweiseitig

- 207
- 208
- 209
- 210

Abb. 4.3 10212-21-01

Planfall 2026
Bebauungssituation



Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022)

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 Berlin Tegel (DWD, 2021) vor. Die Station ist ca. 22 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet gelegen.

Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.5 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen. 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 B-Tegel ist in **Abb. 4.4** dargestellt.

Zusätzlich zur Wind- und Ausbreitungsstatistik existiert in der näheren Umgebung eine meteorologische Station des DWD, an der u. a. Temperaturen gemessen werden. Die Station B-Tegel ist ca. 22 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet gelegen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2011-2020) werden dort im Mittel 10.3 °C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

Aus der Klimaanalysekarte 2015 (SenStadtWo, 2020; Umweltatlas; FisBroker) ist ersichtlich, dass im Untersuchungsgebiet keine flächenhaften Kaltluftabflüsse bzw. großräumige Kaltluftleitbahnen vorhanden sind.

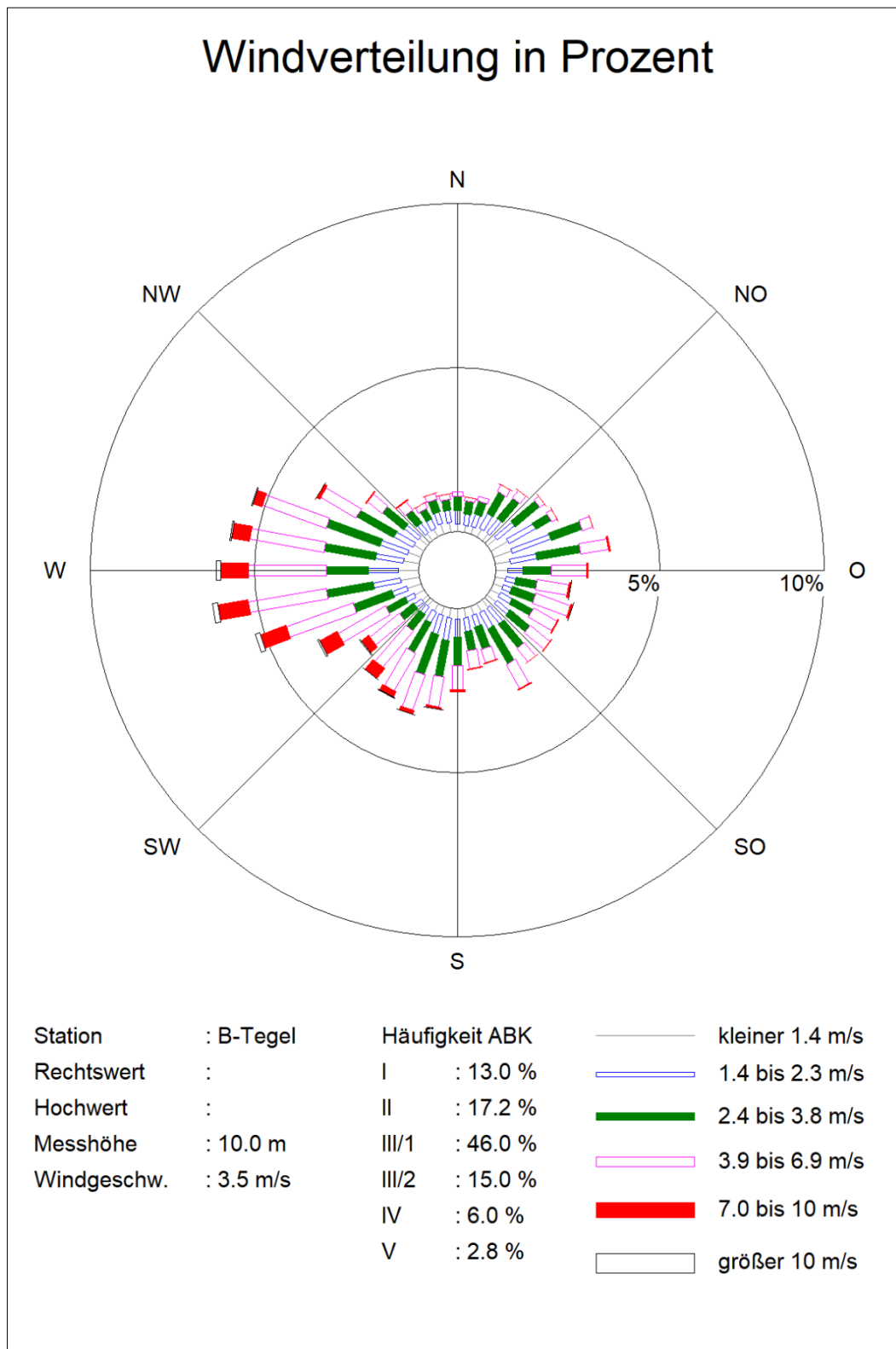


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Berlin Tegel
2011-2020
Quelle: DWD, eigene Darstellung

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 Berliner Luftgüte-Messnetz (BLUME) 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.

Die Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz betreibt das 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. 4.1** aufgelistet. Die vorliegenden Daten und Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.2** aufgeführt.

Stationsname	Umgebung	Stationstyp	Entfernung, ca. km	Richtung
Karlshorst	städtisch	Hintergrund	5.3	N
Neukölln	städtisch	Hintergrund	9.8	NW
Friedrichshagen	Stadtrand	Hintergrund	6.7	O
Buch	Stadtrand	Hintergrund	23.3	N

Tab. 4.1: Klassifizierung von Messstationen des Luftgüte-Messnetzes und deren Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Karlshorst	Neukölln	Friedrichshagen	Buch
NO ₂ -Jahresmittel	2016	21	27	13	14
	2017	20	26	13	14
	2018	19	24	12	14
	2019	18	22	11	14
	2020	16	20	9	12
	2021	15	19	10	11
NO _x -Jahresmittel	2016	30	39	16	19
	2017	28	36	13	14
	2018	27	33	14	17
	2019	27	29	13	18
	2020	20	26	11	15
	2021	20	25	11	14
PM10-Jahresmittel	2016	-	23	18	20
	2017	-	22	16	18
	2018	-	24	19	19
	2019	-	19	16	17
	2020	-	18	14	15
	2021	-	17	15	17
PM2.5-Jahresmittel	2016	-	16	-	14
	2017	-	16	13	13
	2018	-	16	14	13
	2019	-	13	12	12
	2020	-	12	10	10
	2021	-	13	11	12
O ₃ -Jahresmittel	2016	-		50	51
	2017	-	42	50	44
	2018	-	51	58	49
	2019	-	50	56	46
	2020	-	48	54	45
	2021	-	48	52	43

Tab. 4.2: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen in der Umgebung der Dörfeldstraße (SenUMVK, 2022a)

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.

In den letzten Jahren ist ein abnehmender Trend in den Luftschadstoffkonzentrationen zu verzeichnen. Die lufthygienische Situation in den Jahren 2020 und 2021 mag dabei auch von der Situation während der CORONA-Pandemie positiv beeinflusst sein. Daher werden die Messwerte bis zum Jahr 2019 (letztes Jahr vor CORONA) ausgewertet. Aus den Messwerten, den Lagen und den Klassifizierungen der Messstationen werden in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (SenUMVK, 2022b) die in **Tab. 4.3** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2019 abgeleitet und ebenfalls unverändert für das Analysejahr 2022 und Prognosejahr 2030 herangezogen

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	18
NO _x	28
O ₃	43
PM10	22
PM2.5	16

Tab. 4.3: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2019

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) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2020) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM10, PM2.5) 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 deshalb mit Planfall 2026 beschrieben. Dabei liegen aber dennoch die Verkehrszahlen des Analysejahres 2019 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 4.2 (UBA, 2022) berechnet.

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

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

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA 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-FernC50	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, flüssiger Verkehr
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-HVS50d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50s	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, stockender Verkehr

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 4.2 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** und **Tab. 5.2** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

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.

Tempo 30

An mehreren Straßenabschnitten der Dörpfeldstraße ist im Analysefall Tempo 30 signalisiert. Da jedoch die Emissionsfaktoren für den beurteilungsrelevanten Schadstoff NO_x und NO_2 für die Leichtverkehre für die Verkehrssituation „Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr“ höher sind als für ein Tempolimit 30 km/h wurde von Tempo 50 km/h in der gesamten Dörpfeldstraße ausgegangen.

5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , PM10 und PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

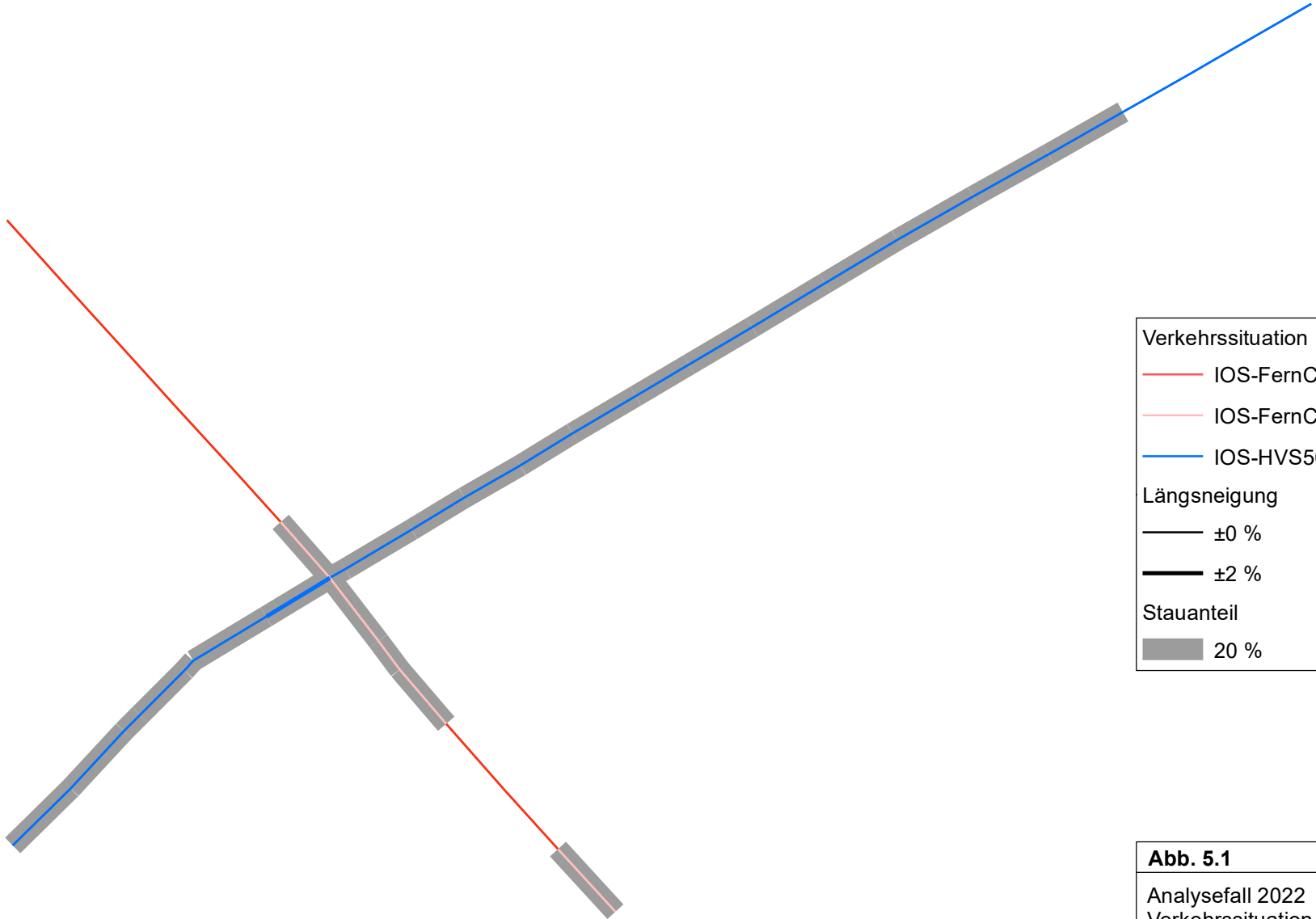
Die Verkehrssituationen sind für den Analysefall 2022 und Planfall 2026 in **Abb. 5.1** bzw. **Abb. 5.2** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzen sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

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-FernC50	±0 %	36	208	240	1 500	6.1	19.1	26	100	14	65
IOS-FernC50d	±0 %	42	249	278	1 819	6.6	22.4	32	350	15	68
IOS-FernC50s	±0 %	66	569	433	4 220	8.7	51.7	44	1 200	15	68
IOS-HVS50d	±0 %	51	273	341	2 038	7.2	24.5	32	355	15	68
IOS-HVS50d	±2 %	54	272	355	1 925	7.3	24.9	32	355	15	68
IOS-HVS50s	±0 %	68	573	449	4 289	8.9	51.7	44	1 200	15	68
IOS-HVS50s	±2 %	69	576	456	4 271	9	51.6	44	1 200	15	68

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Analysejahr 2022

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-FernC50	±0 %	16	123	149	886	4.9	9.9	26	100	14	65
IOS-FernC50d	±0 %	19	144	173	1 057	5.1	11.6	32	350	15	68
IOS-FernC50s	±0 %	29	321	263	2 516	6.4	26.6	44	1 200	15	68
IOS-HVS50d	±0 %	24	159	217	1 189	5.6	12.6	32	355	15	68
IOS-HVS50d	±2 %	25	174	225	1 207	5.7	12.8	32	355	15	68
IOS-HVS50s	±0 %	31	323	279	2 546	6.5	26.6	44	1 200	15	68
IOS-HVS50s	±2 %	31	328	284	2 557	6.6	26.6	44	1 200	15	68

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2026



Verkehrssituation

- IOS-FernC50
- IOS-FernC50d
- IOS-HVS50d

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %

Stauanteil

- 20 %

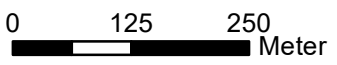

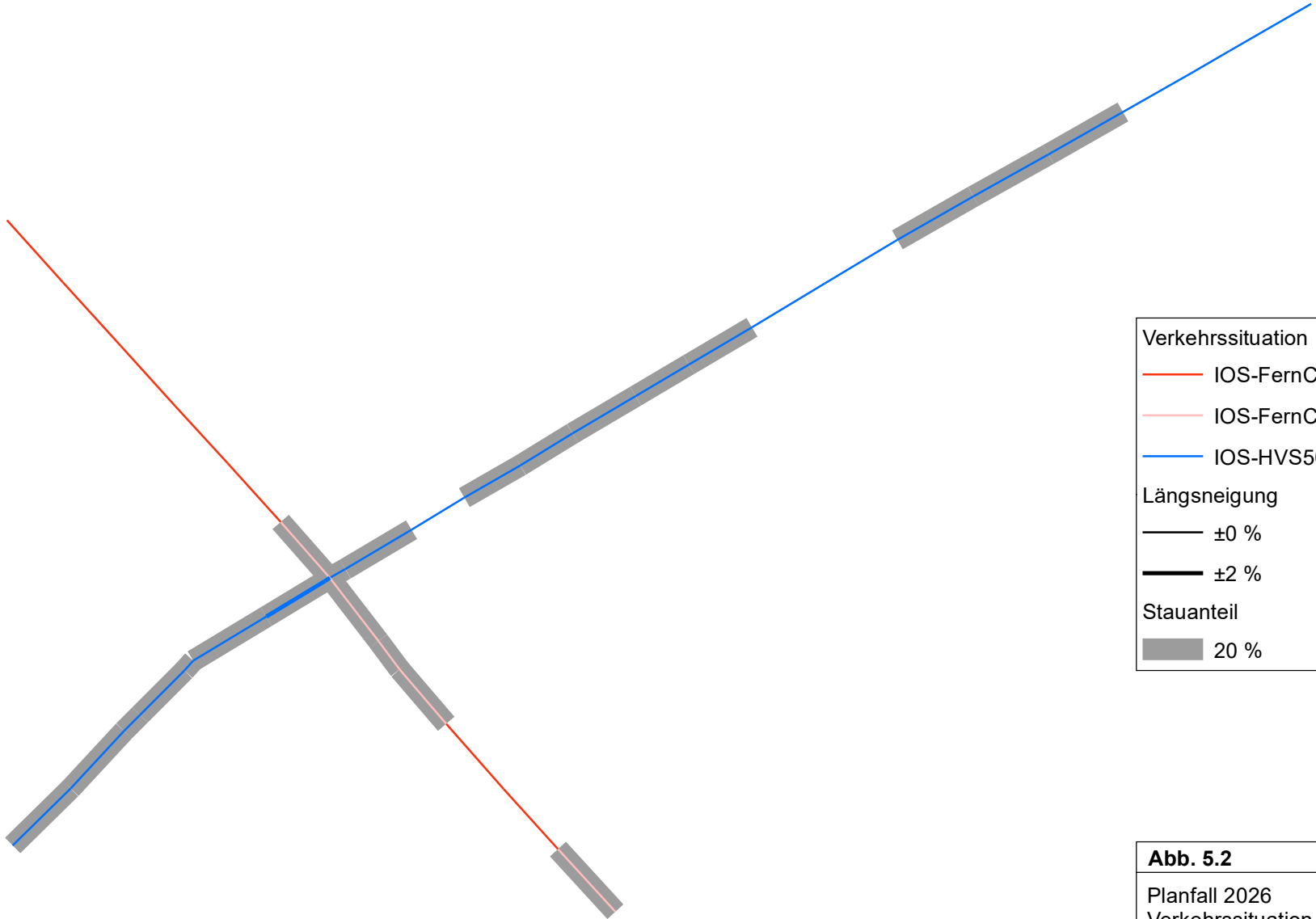


Abb. 5.1 10212-21-01

Analysefall 2022
Verkehrssituation

 Lohmeyer



Verkehrssituation

- IOS-FernC50
- IOS-FernC50d
- IOS-HVS50d

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %

Stauanteil

- 20 %

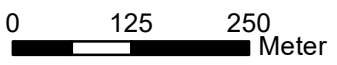



Abb. 5.2 10212-21-01

Planfall 2026
Verkehrssituation

 Lohmeyer

Demzufolge bedeutet eine fett gezeichnete, blaufarbene 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** oder **Tab. 5.2** 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. 5.3** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt Dörfeldstraße die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten. Darüber hinaus sind die Emissionsdichten von NO_x, PM10 und PM2.5 für das Straßennetz jedes Berechnungsfalls, z. T. nach Fahrtrichtung getrennt, im Anhang A3 dargestellt.

DTV in Kfz/24 h	SV in Kfz/24 h	Lininenbusse in Kfz/24 h	Verkehrs- situation	Stop- & Go-Anteil in %	NO₂, direkt in mg/(m s)	NO_x in mg/(m s)	PM10 in mg/(m s)	PM2.5 in mg/(m s)
Analysefall 2022								
13 100	235	152	IOS-HVS50d	20	0.01054	0.06809	0.00875	0.00385
Planfall 2026								
13 100	235	152	IOS-HVS50d	20	0.00517	0.04336	0.00843	0.00354

Tab. 5.3: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Dörpfeldstraße

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 10 m. Zusätzlich werden an Straßen mit dichter Randbebauung die Konzentrationswerte für die Hausfassaden angegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) der Betrachtungsjahre auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen 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 bzw. bei Straßen mit dichter Randbebauung mit farbigen Linien. 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).

An Straßen mit dichter ein- oder zweiseitiger Randbebauung (= Straßenschluchten) werden die Konzentrationswerte in einer Höhe von ca. 1.5 m für die Hausfassade angegeben. Hierbei werden für ca. 100 m lange Straßenabschnitte Konzentrationswerte an der höchst belasteten Stelle berechnet, die auf dem gesamten Straßenabschnitt ausgewiesen werden. Es handelt sich dabei um die berechneten Konzentrationen an der nächstgelegenen Bebauung. Dies entspricht dem Charakter einer Screening-Betrachtung. In Bereichen außerhalb der Straßenschluchten treten deutlich geringere Belastungen auf.

Zusätzlich werden für ausgewählte, repräsentative Immissionsorte (IO) die berechneten Luftschadstoffbelastungen separat ausgewiesen. Sie stellen sensible Nutzungen (Wohnbebauung,) im Untersuchungsgebiet dar.

6.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** und **Abb. 6.2** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 18 µg/m³ wird der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ im Analysefall 2022 und im Planfall 2026 unterschritten. Die höchsten Belastungen werden in der Dörpfeldstraße im Abschnitt zwischen Adlergestell und Anna-Seghers-Straße mit 35 µg/m³ im Analysefall 2022 und mit 29 µg/m³ im Planfall 2026 prognostiziert. Im Analysefall 2022 werden in der Dörpfeldstraße zwischen Anna-Seghers-Straße und Waldstraße zwischen 29 µg/m³ und 24 µg/m³ prognostiziert. Am Kreuzungsbereich Adlergestell/Dörpfeldstraße/Rudower Chaussee sowie entlang des Adlergestells werden NO₂-Jahresmittelwerte bis 29 µg/m³ prognostiziert. Im Planfall 2026 werden in der Dörpfeldstraße zwischen Anna-Seghers-Straße und Waldstraße zwischen 28 µg/m³ und 23 µg/m³ berechnet. Auf Grund der Planungen erfolgt eine Verschiebung der Lage der Haltestelle, was zu einer Veränderung der Verkehrssituation bzw. des Stauanteiles an den Haltestellen führt. Des Weiteren wird durch die verbesserte Fahrzeugflotte eine Reduzierung der Emissionen und damit der Immissionen im Jahr 2026 gegenüber 2022 ermittelt.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt.

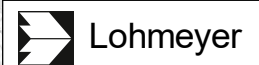
An allen ausgewählten Immissionsorten werden im Planfall 2026 gegenüber dem Analysefall 2022 Reduzierungen der NO₂-Jahresmittelwerte zwischen 3 µg/m³ bis 6 µg/m³ prognostiziert. An den IO 1, 3, 5 und 7 werden im Analysefall 2022 zwischen 32 µg/m³ und 35 µg/m³ und im Planfall 2026 zwischen 27 µg/m³ und 29 µg/m³ berechnet. An den anderen Immissionsorten werden NO₂-Jahresmittelwerte zwischen 26 µg/m³ und 30 µg/m³ im Analysefall 2022 und zwischen 23 µg/m³ und 26 µg/m³ im Planfall 2026 ermittelt.

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird den Berechnungsergebnissen zu Folge im Analysefall 2022 und im Planfall 2025 in Betrachtungsgebiet an der nächstgelegenen Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. Die NO₂-Immissionen sind in Bezug auf den Grenzwert gemäß **Tab. 3.2** an der Bebauung als leicht erhöhte bis erhöhte Konzentrationen einzustufen.

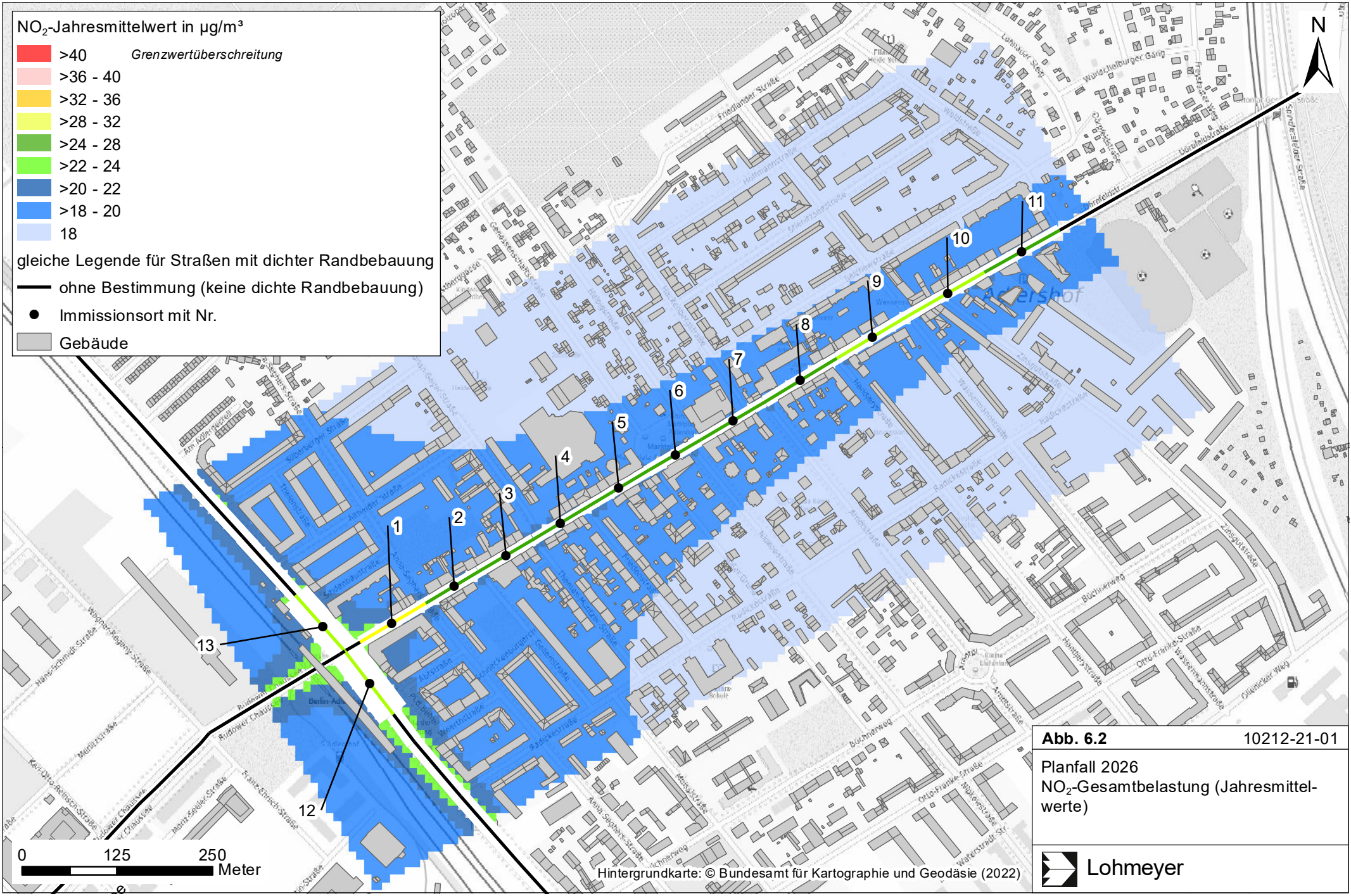


Abb. 6.1 10212-21-01

Analysefall 2022
 NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte)



Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022)



Nr.	Immissionsort (Nutzung)	NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³	
		Analysefall 2022	Planfall 2026
1	Dörpfeldstr. 1, 5, 6, 8	35	29
2	Dörpfeldstr. 7, 9, 10, 12, 14, 16	30	25
3	Dörpfeldstr. 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 26	33	27
4	Dörpfeldstr. 17, 19, 21, 23, 30, 32; Florian-Geyer-Str. 111	30	26
5	Dörpfeldstr. 27, 29, 31, 34, 36, 38, 40, 42; Marktplatz 70	34	28
6	Dörpfeldstr. 33, 35	29	25
7	Dörpfeldstr. 37, 39, 41, 43, 45, 46, 50	32	27
8	Dörpfeldstr. 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60	30	25
9	Dörpfeldstr. 57, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 68; Handjerystr. 1	27	23
10	Dörpfeldstr. 71, 72, 73, 74, 76, 78; Wasser- mannstr. 73, 75	26	23
11	Dörpfeldstr. 75, 80, 82, 94, 84A, 86, 88, 89	29	25
12	Adlergestell 259, 261	28	24
13	Adlergestell 247, 250, 253, 254, 255	28	24
Beurteilungswert		40	

Tab. 6.1: NO₂-Konzentrationen für ausgewählte Immissionsorte

Eine Überschreitung des NO₂-Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von 200 µg/m³ mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter 40 µg/m³ nicht zu erwarten.

6.2 Feinstaub (PM10)

Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM10-Jahresmittelwerte ist der **Abb. 6.3** für den Analysefall 2022 und der **Abb. 6.4** für den Planfall 2026 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 18 µg/m³ treten die höchsten PM10-Belastungen zwischen 26 µg/m³ und 28 µg/m³ in der Dörpfeldstraße zwischen dem Adlergestell und der Arndtstraße, am Kreuzungsbereich Adlergestell/ Dörpfeldstraße/Rudower Chaussee sowie entlang des Adlergestells im Analysefall 2022 und Planfall

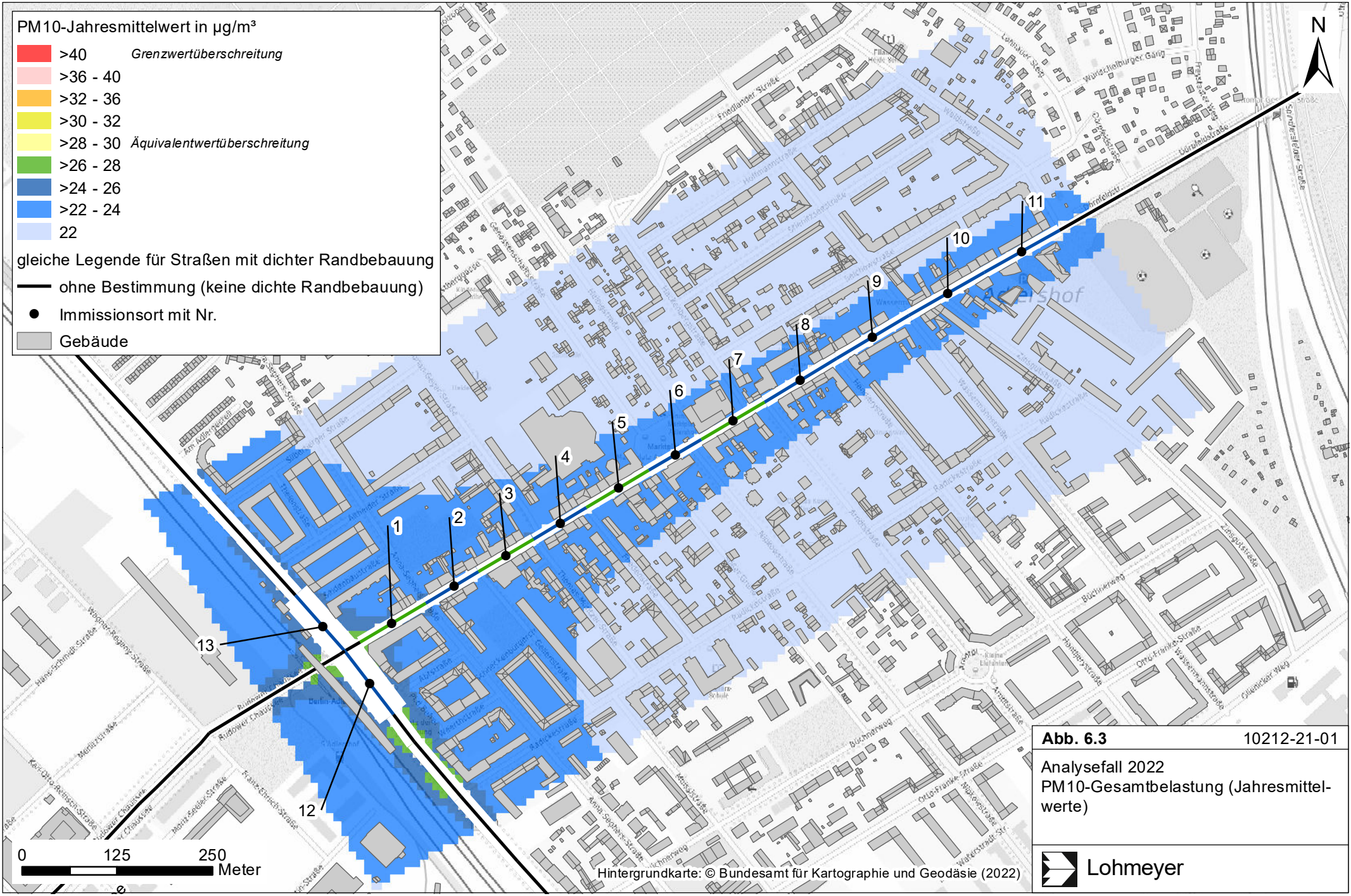
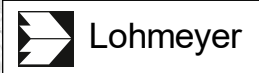
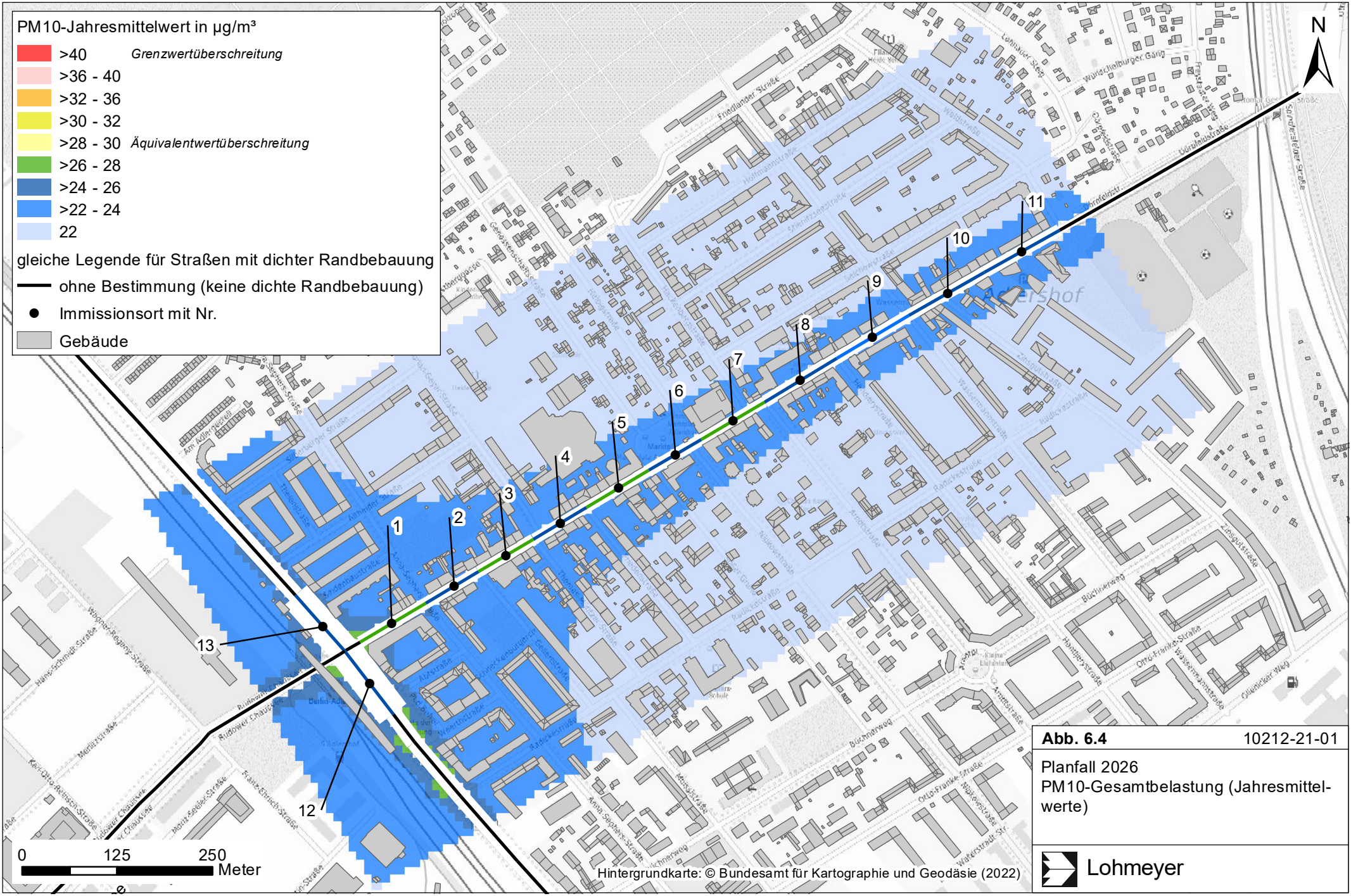


Abb. 6.3 10212-21-01

Analysefall 2022
 PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte)



Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022)



2026 auf. Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wird damit deutlich unterschritten.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbauung, führen. Die Gesamtbelastungen der PM10-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.2** dargestellt.

Nr.	Immissionsort (Nutzung)	PM10-Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Anzahl der Überschreitungen des PM10-24 h-Werts von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr	
		Analysefall 2022	Planfall 2026	Analysefall 2022	Planfall 2026
1	Dörpfeldstr. 1, 5, 6, 8	28	28	32	32
2	Dörpfeldstr. 7, 9, 10, 12, 14, 16	26	26	26	26
3	Dörpfeldstr. 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 26	27	27	29	29
4	Dörpfeldstr. 17, 19, 21, 23, 30, 32; Florian-Geyer-Str. 111	26	26	26	26
5	Dörpfeldstr. 27, 29, 31, 34, 36, 38, 40, 42; Marktplatz 70	28	27	32	29
6	Dörpfeldstr. 33, 35	26	26	26	26
7	Dörpfeldstr. 37, 39, 41, 43, 45, 46, 50	27	27	29	29
8	Dörpfeldstr. 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60	26	25	26	23
9	Dörpfeldstr. 57, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 68; Handjerystr. 1;	25	24	23	20
10	Dörpfeldstr. 71, 72, 73, 74, 76, 78; Wassermannstr. 73, 75	25	25	23	23
11	Dörpfeldstr. 75, 80, 82, 94, 84A, 86, 88, 89	26	26	26	26
12	Adlergestell 259, 261	26	26	26	26
13	Adlergestell 247, 250, 253, 254, 255	26	26	26	26
Beurteilungswerte		40		35	

Tab. 6.2: PM10-Konzentrationen für ausgewählte Immissionsorte

An den ausgewählten Immissionsorten 5, 8 und 9 wird im Planfall 2026 gegenüber dem Analysefall 2022 eine Reduzierung der PM10-Immissionen von $1 \mu\text{gPM10}/\text{m}^3$ berechnet. An den

anderen ausgewählten Immissionsorten betragen die Reduzierungen im Planfall 2026 gegenüber dem Analysefall 2022 weniger als $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, so dass sie sich rundungsbedingt nicht erkennbar sind. Die Unterschiede zwischen Analysefall und Planfall sind beim PM10-Jahresmittelwert gegenüber dem NO_2 -Jahresmittelwert geringer, da die PM10-Emissionen vor allem durch die Abrieb- und Aufwirbelungsemissionen geprägt sind, die gegenüber den PM10-Abgasemissionen dominieren. Die Abrieb- und Aufwirbelungsemissionen sind für die Jahre 2022 und 2026 identisch (vgl. **Tab. 5.1** und **Tab. 5.2**).

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 den 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). Die Anzahl der Überschreitungen der PM10-24 h-Werte (Überschreitungstage) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.2** dargestellt.

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.

6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Analysefall 2022 in **Abb. 6.5** und für den Planfall 2026 in **Abb. 6.6** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ werden im Analysefall 2022 und im Planfall 2026 maximale PM2.5-Jahresmittelwerte bis $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Dörpfeldstraße zwischen Adlergestell und Anna-Seghers-Straße prognostiziert. Ansonsten werden in beiden Fällen entlang der Dörpfeldstraße, dem Adlergestell und der Rudower Chaussee PM2.5-Jahresmittelwerte zwischen $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. 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 Untersuchungsgebiet deutlich unterschritten.

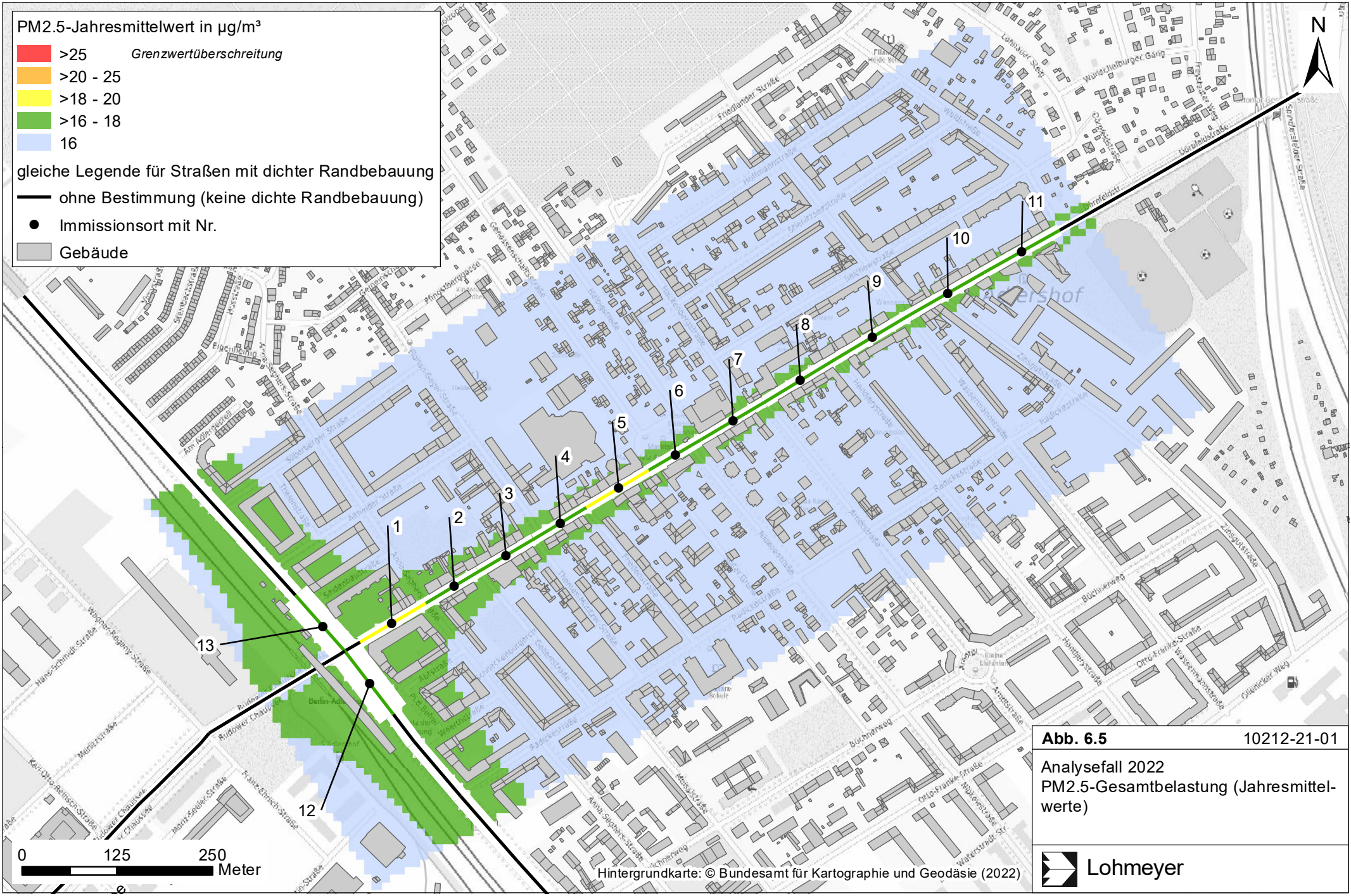


Abb. 6.5 10212-21-01

Analysefall 2022
 PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte)



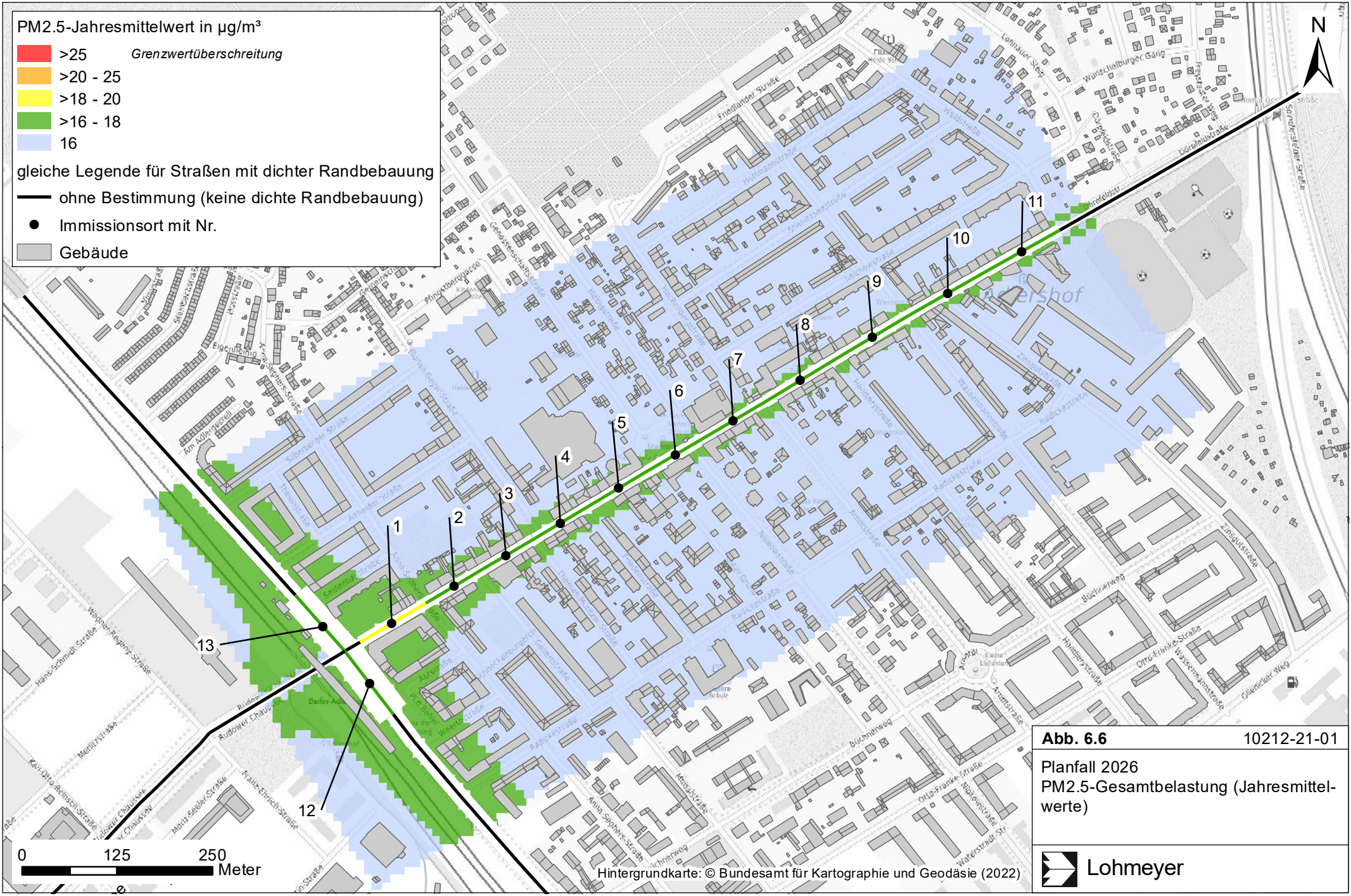


Abb. 6.6 10212-21-01

Planfall 2026
 PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte)



Die Gesamtbelastungen der PM2.5-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.3** dargestellt.

Nr.	Immissionsort (Nutzung)	PM2.5-Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Analysefall 2022	Planfall 2026
1	Dörpfeldstr. 1, 5, 6, 8	19	19
2	Dörpfeldstr. 7, 9, 10, 12, 14, 16	18	18
3	Dörpfeldstr. 11, 13, 15, 18, 20, 22, 24, 26	18	18
4	Dörpfeldstr. 17, 19, 21, 23, 30, 32; Florian-Geyer-str. 111	18	18
5	Dörpfeldstr. 27, 29, 31, 34, 36, 38, 40, 42; Marktplatz 70	19	18
6	Dörpfeldstr. 33, 35	18	18
7	Dörpfeldstr. 37, 39, 41, 43, 45, 46, 50	18	18
8	Dörpfeldstr. 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 60	18	18
9	Dörpfeldstr. 57, 59, 61, 62, 63, 64, 66, 68; Handjerystr. 1	17	17
10	Dörpfeldstr. 71, 72, 73, 74, 76, 78; Wasser- mannstr. 73, 75	17	17
11	Dörpfeldstr. 75, 80, 82, 94, 84A, 86, 88, 89	18	18
12	Adlergestell 259, 261	18	18
13	Adlergestell 247, 250, 253, 254, 255	18	18
Beurteilungswert		25	

Tab. 6.3: PM2.5-Konzentrationen für ausgewählte Immissionsorte

Bei den ausgewählten Immissionsorten wird nur am IO 5 eine Reduzierung des PM2.5-Jahresmittelwertes von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An den anderen Immissionsorten betragen die Abnahmen im Planfall 2026 gegenüber dem Analysefall 2022 maximal $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und sind rundungsbedingt so nicht darstellbar. Für den Analysefall 2022 und den Planfall 2026 ergeben sich max. Zusatzbelastungen von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hintergrund 2022, 2026 = $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 Analysefall 2022 und im Planfall 2026 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 und erhöhte Konzentrationen einzustufen.

7 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 Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I Nr. 29, S. 1328), in Kraft getreten am 27. Juni 2020.
- Bächlin et al. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- 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., Bösinger, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Berlin3d-downloadportal (2020): <https://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal/#/export> Dateien für Gebäudehöhen download am 17.03.2020
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2022): http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- DWD (2021): Meteorologische Daten der Station Berlin-Tegel, Download https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/ für Bewölkung, Böen, Wind und Wolkenart für die Station Tegel am 03.05.2021 und 07.05.2021.
- 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., Bösinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparmeter 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 PM_{2.5} concentrations based on long-term Swiss monitoring data. Atmospheric Environment 37 (2003).
- Imelmann, C. (2022a): „925-20 Schalltechnischer Bericht Wassermannstraße Stand 2022-01-26“. Gutachten von Dipl.-Ing. Christian Imelmann - Schalltechnische Untersuchungen, Berlin.
- Imelmann, C. (2022b): „925-60 Schalltechnischer Bericht Dörpfeldstraße Stand 2022-01-26“. Gutachten von Dipl.-Ing. Christian Imelmann - Schalltechnische Untersuchungen, Berlin.
- 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.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- Kutzner, K., Diekmann, H. und Reichenbächer, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- 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.
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- 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).
- Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH (2022a): Übergabe der aktuellen Lagepläne Stand 2022-06. E-Mail von Frau Sonnenberg an Fr. Nitzsche vom 05.10.2022.
- Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH (2022b): Abstimmung bezüglich Verkehrsdaten. E-Mail von Frau Sonnenberg an Fr. Nitzsche vom 05.10.2022.
- SenUMVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verkehr und Klimaschutz (2022a): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte an den Stationen Karlshorst, Neukölln, Friedrichshagen, Buch; <https://luftdaten.berlin.de/lqi> Download am 24.08.2022
- SenUMVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verkehr und Klimaschutz (2022b): Abstimmung der Hintergrundbelastung mit Herrn Dr. Kerschbaumer. E-Mail vom 13.10.2022.
- SenUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz; ehem. SenStadtUm (2017): Hinweise und Faktoren zur Umrechnung von Verkehrsmengen, Anforderungen an Datengrundlagen aufgrund unterschiedlicher Bezugsgrößen aus Richtlinien und Verordnungen. März 2017.
- SenStadtWo - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (Geoportal) (2020): Klimaanalysekarte 2015 (Umweltatlas) Download vom 28.04.2020 <http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp>.
- TREMODO (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMODO“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.
- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). 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.

ANHÄNGE

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 und dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

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

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

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

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (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.

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG 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. (2008). 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. A3.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bauungstypen. 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 $\mu\text{g}/\text{m s}$
	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 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 $\pm 20\%$ aufweisen.

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

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

A3 EMISSIONSABBILDUNGEN

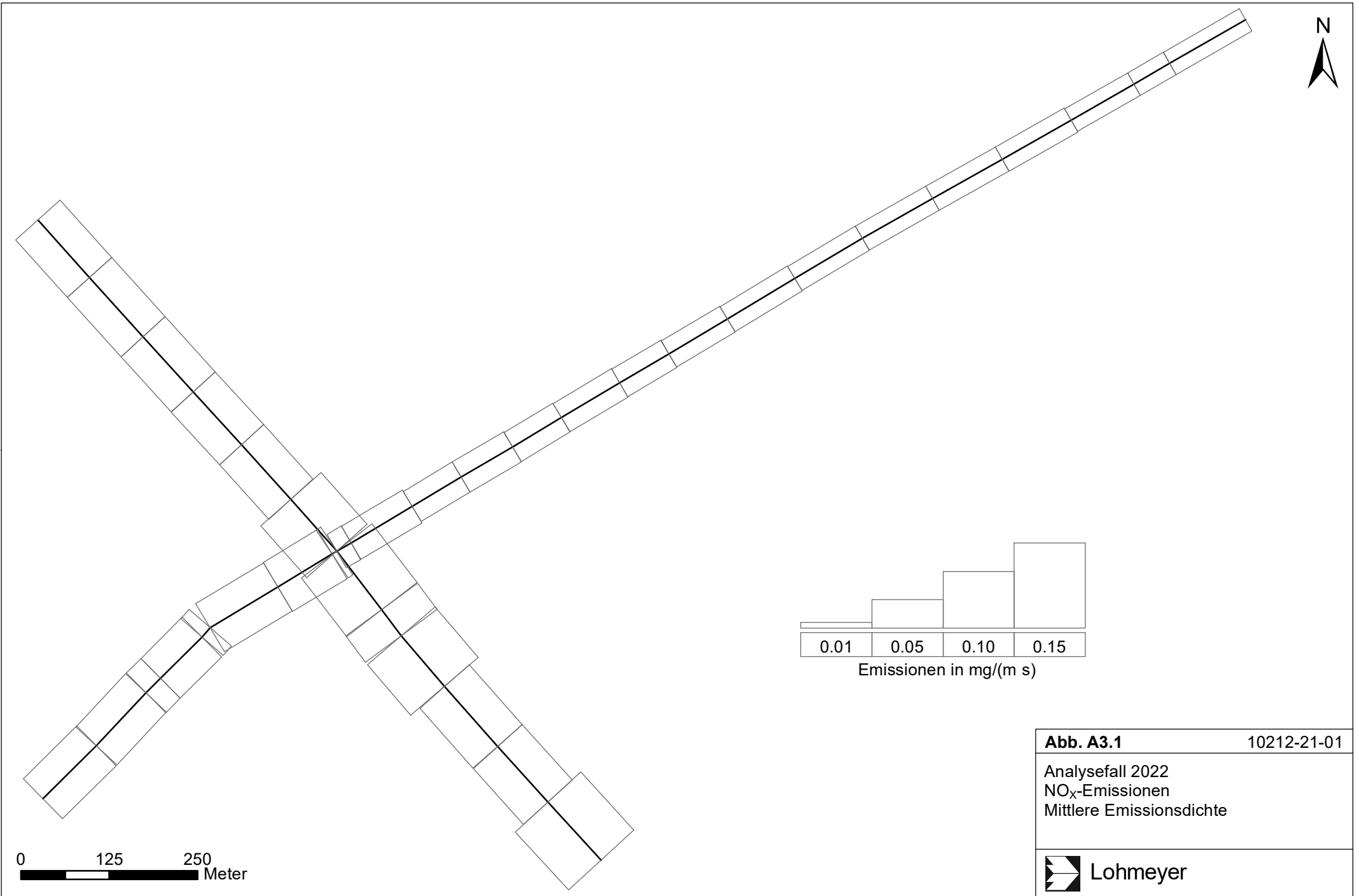



Abb. A3.1 10212-21-01
Analysefall 2022
NO_x-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte

 Lohmeyer

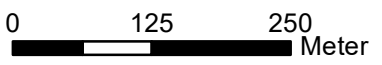
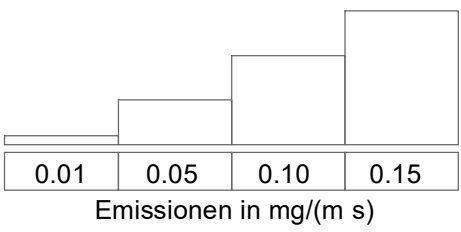
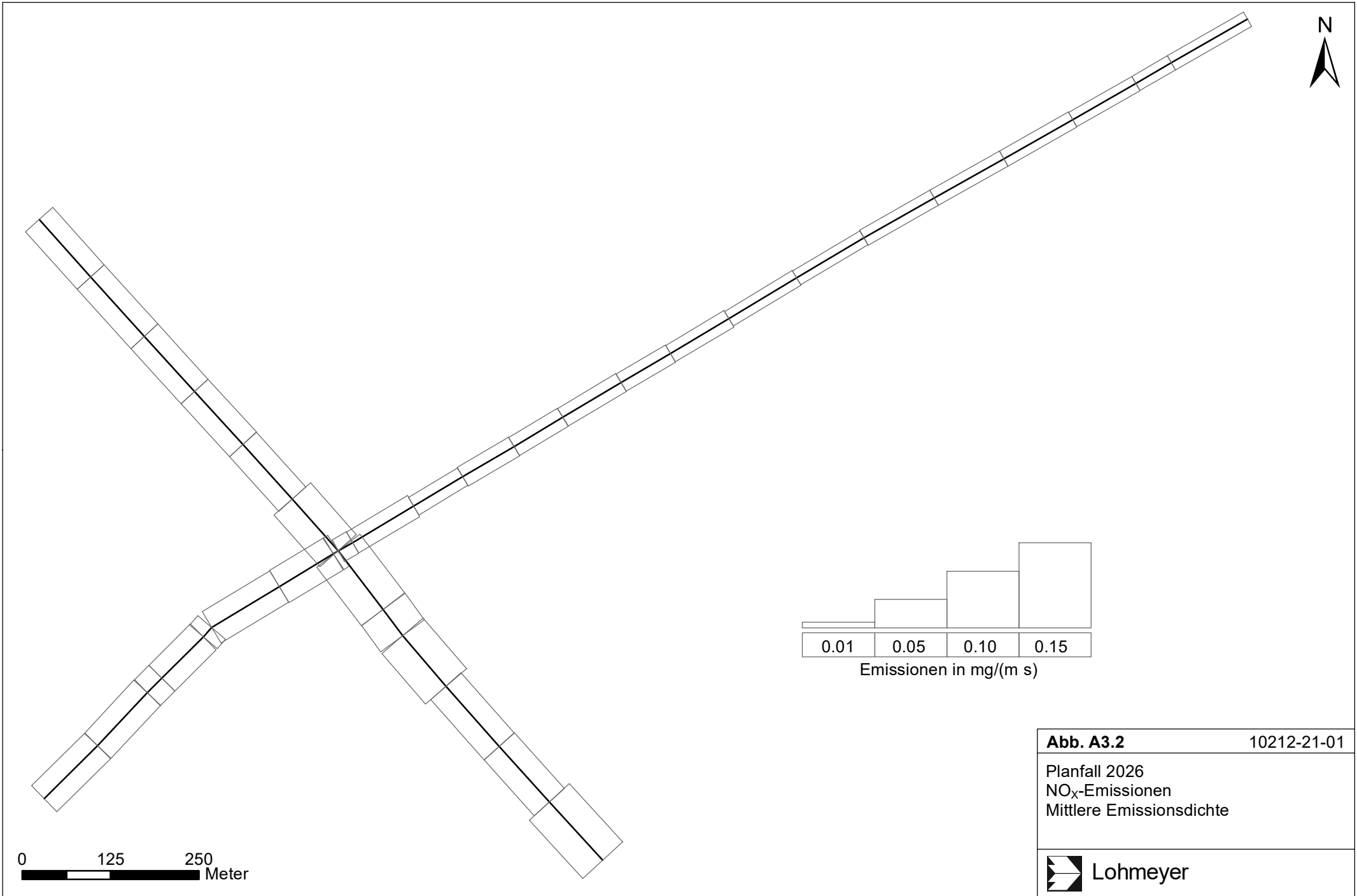
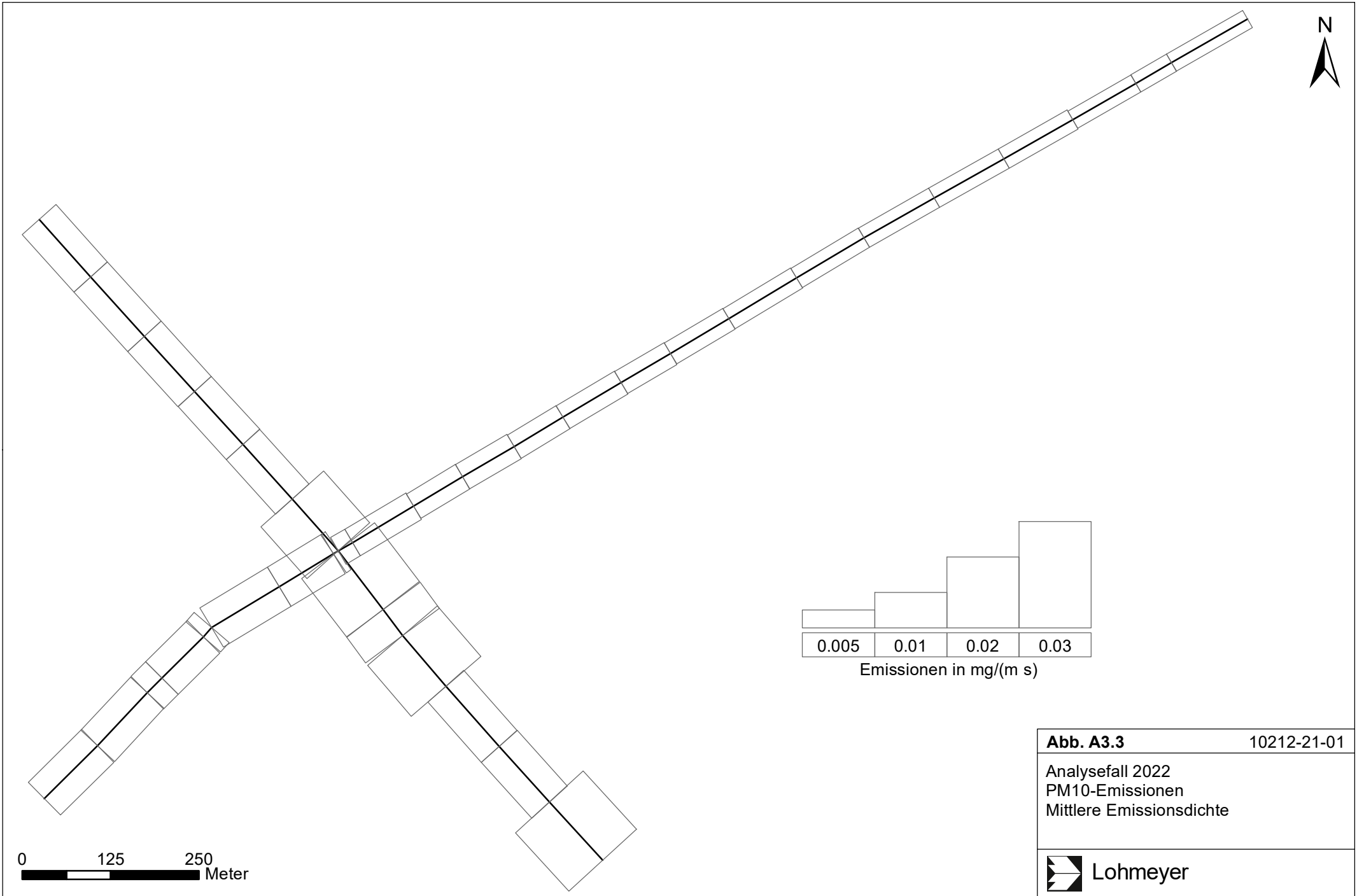
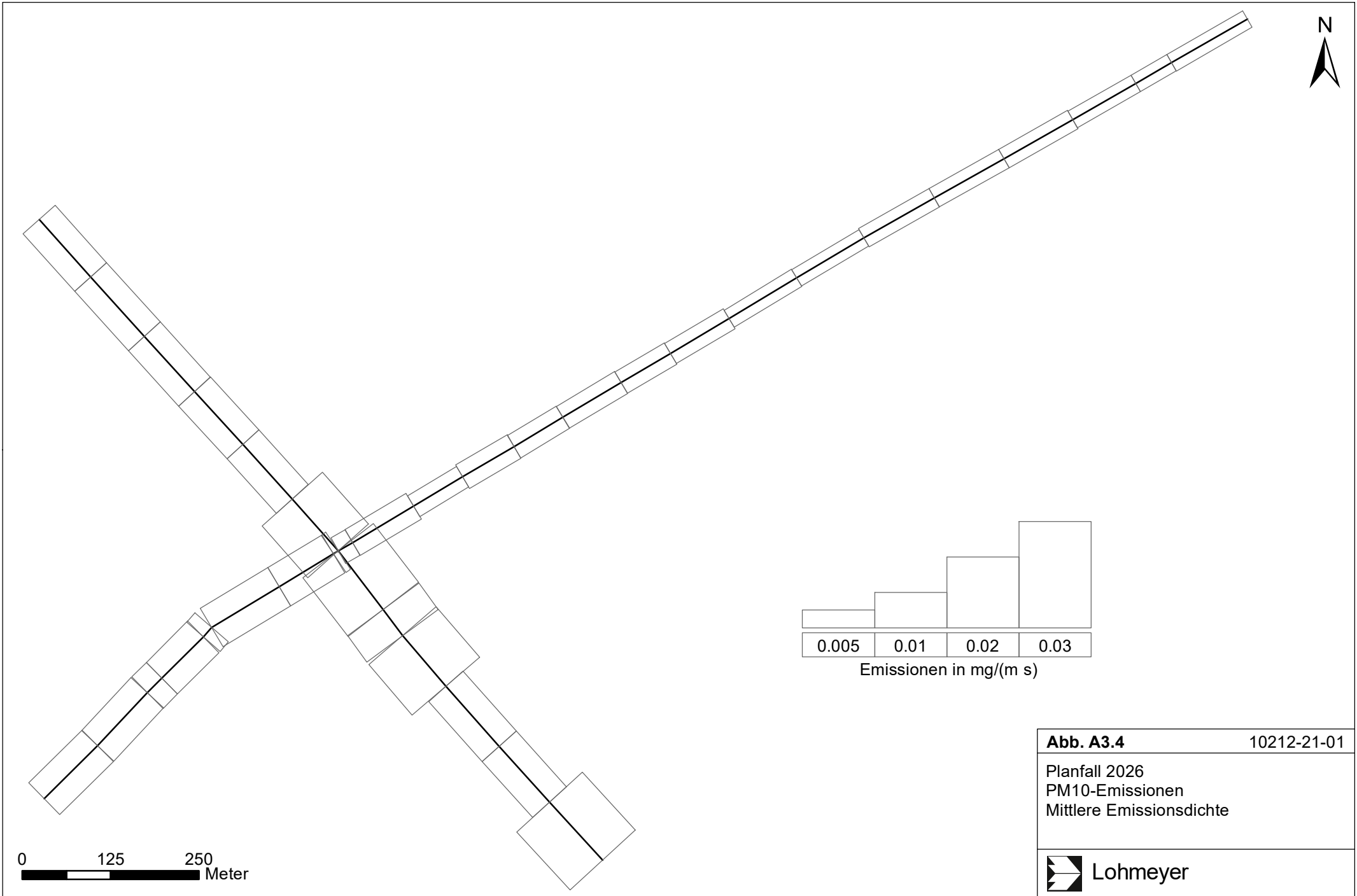


Abb. A3.2	10212-21-01
Planfall 2026 NO _x -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
	Lohmeyer





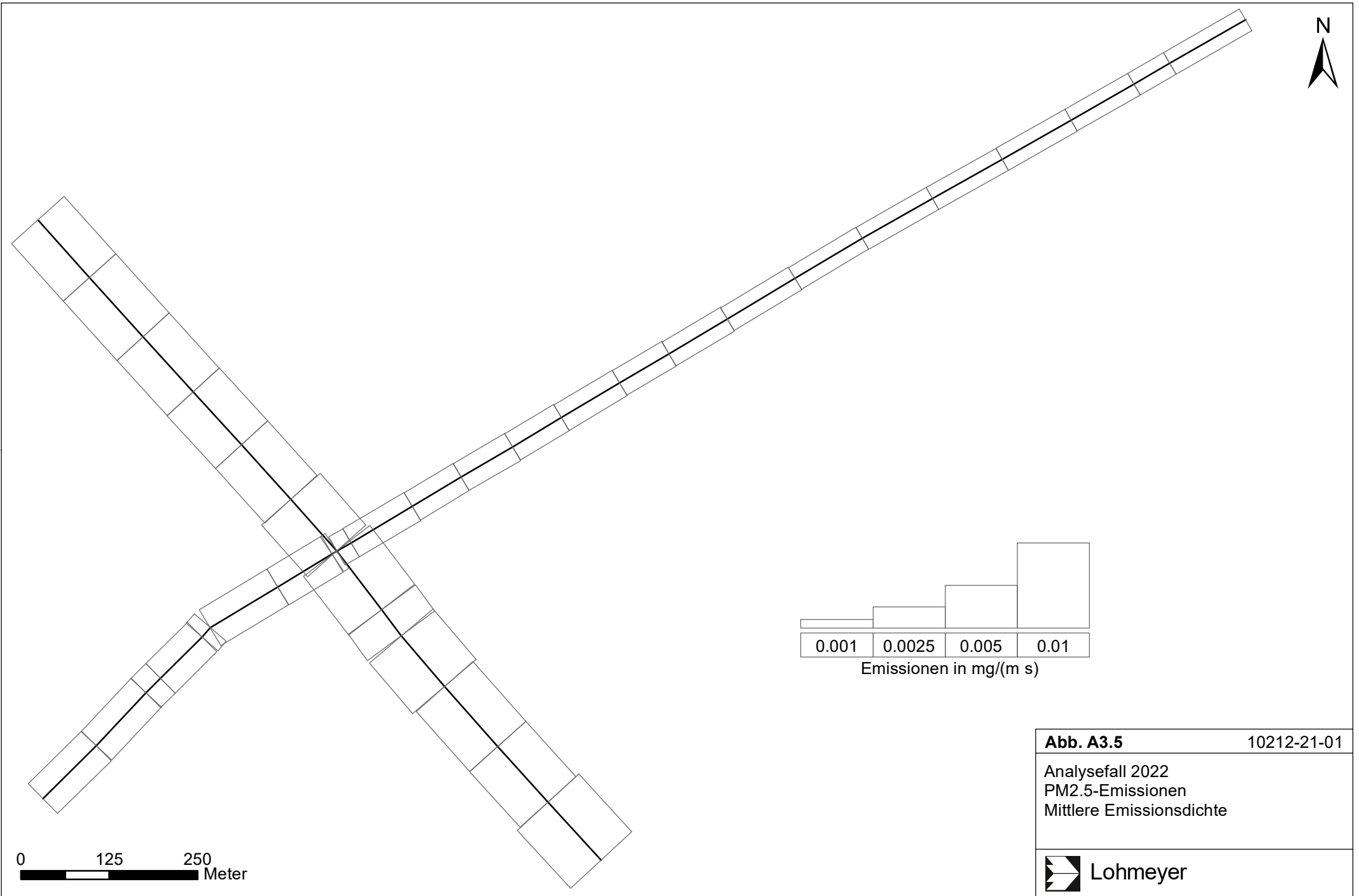



Abb. A3.5 10212-21-01
Analysefall 2022
PM2.5-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte

 Lohmeyer

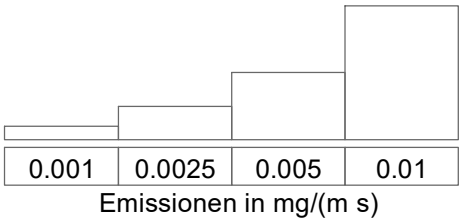
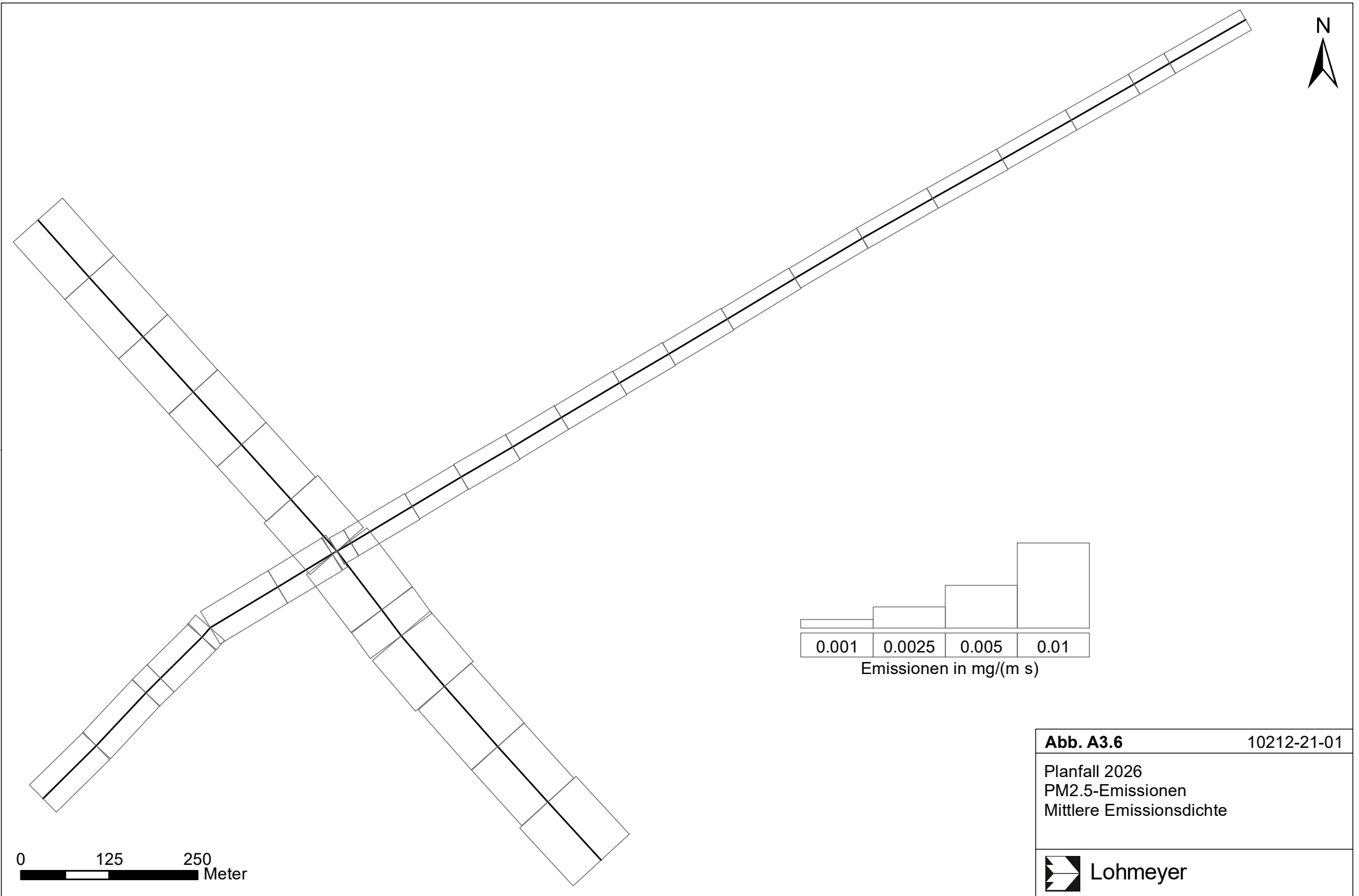



Abb. A3.6 10212-21-01
 Planfall 2026
 PM2.5-Emissionen
 Mittlere Emissionsdichte

 Lohmeyer