



Lohmeyer

**NEUE STRASSENVERBINDUNG -
STRASSE AN DER SCHULE**

**- AKTUALISIERUNG -
LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber:

Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität,
Verbraucher und Klimaschutz
Brunnenstraße 110d-111
13355 Berlin

über

ISU Plan
Ralf Baumgärtel und
Joachim Ruppert GbR
Helmholtzstraße 2-9
10587 Berlin

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden

Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

Juni 2023
Projekt 10022-20-01
Berichtsumfang 62 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	4
1 ZUSAMMENFASSUNG	6
2 AUFGABENSTELLUNG	8
3 VORGEHENSWEISE	9
3.1 Betrachtete Schadstoffe	9
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe	9
3.3 Berechnungsverfahren PROKAS.....	10
3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	11
4 EINGANGSDATEN	14
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	14
4.2 Verkehrsdaten	16
4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation.....	16
4.4 Meteorologische Daten	19
4.5 Hintergrundbelastung der Luft	23
5 EMISSIONEN	26
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	26
5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	26
5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	29
5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	32
6 IMMISSIONEN.....	35
6.1 Stickstoffdioxid (NO ₂).....	37
6.2 Feinstaub (PM ₁₀)	39
6.3 Feinstaub (PM _{2.5})	41
6.4 Benzo(a)pyren (BaP)	43
7 LITERATUR	45

ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	48
ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	52
ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN.....	58

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 / PM_{2.5}

Mit Feinstaub bzw. PM₁₀/PM_{2.5} werden alle Partikel bezeichnet, die einen größe selektierenden 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

Die Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Abteilung V – Tiefbau plant im Rahmen der Verkehrslösung Mahlsdorf den Neubau einer Straßenverbindung zwischen der Hönower Str./Pestalozzistraße über die Straße An der Schule und dessen südliche Verlängerung bis Hultschiner Damm in Höhe Gut Mahlsdorf.

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. Dafür wurde bereits ein Gutachten im Mai 2022 (Lohmeyer, 2022) erstellt. Nach der Fertigstellung des Gutachtens wurden von der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher und Klimaschutz ein aktualisierter Leitfaden „Hinweise und Faktoren zur Umrechnung von Verkehrsmengen“ herausgegeben. Dies hat zur Folge, dass aktualisierte Verkehrsdaten für das Bauvorhaben vorliegen. Dadurch wurde auch die Lärmschutzwand verändert.

Betrachtet wurde folgender Fall:

- Planfall 2025 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme den Verkehrszahlen für 2030 sowie den Emissionsfaktoren für 2025

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) sowie Benzo(a)pyren (BaP) 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 2025 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 zu-

ständigen 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 PM2.5 im Planfall 2025 berechnet.

Der BaP-Zielwert der 39. BImSchV wird im Planfall 2025 unterschritten.

Bei dem strengeren PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer 50 µg/m³ entsprechend der 39. BImSchV sind bei ungünstigen meteorologischen Verhältnissen im Planfall 2025 Überschreitungen an der Straßenrandbebauung an der Kreuzung An der Schule/Alt Mahlsdorf möglich. Ob dies tatsächlich eintritt, hängt auch von der weiteren Entwicklung der Hintergrundbelastung ab. Emissions- und damit immissionsmindernde Maßnahmen sollten bei Eintritt der Grenzwertüberschreitung nach Umsetzung der Baumaßnahme geprüft werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz Abteilung V – Tiefbau plant im Rahmen der Verkehrslösung Mahlsdorf den Neubau einer Straßenverbindung zwischen der Hönower Str./ Pestalozzistraße über die Straße An der Schule und dessen südliche Verlängerung bis Hultschiner Damm in Höhe Gut Mahlsdorf. Das Vorhaben hat den Umfang einer ca. 1 km langen, 2-streifigen Straße. Dafür wurde bereits ein Gutachten im Mai 2022 (Lohmeyer, 2022) erstellt. Nach der Fertigstellung des Gutachtens wurden von der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher und Klimaschutz ein aktualisierter Leitfaden „Hinweise und Faktoren zur Umrechnung von Verkehrsmengen“ herausgegeben. Dies hat zur Folge, dass aktualisierte Verkehrsdaten für das Bauvorhaben vorliegen. Dadurch wurde auch die Lärmschutzwand verändert.

Zu betrachten ist folgender Fall:

- Planfall 2025 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme und den Verkehrszahlen für 2030 sowie Emissionen für das Prognosejahr 2025 (nach Realisierung des Vorhabens)

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstäube (PM₁₀, PM_{2.5}) sowie Benzo(a)pyren (BaP) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 2025, 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, PM2.5) und Benzo(a)pyren (BaP) 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	
BaP	Zielwert seit 2013	0.001	

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 Windverhältnis-

sen angewendet; mit diesem Verfahren können Straßennetze, in typisierter Form Randbebauung und Lärmschutzbauten, 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

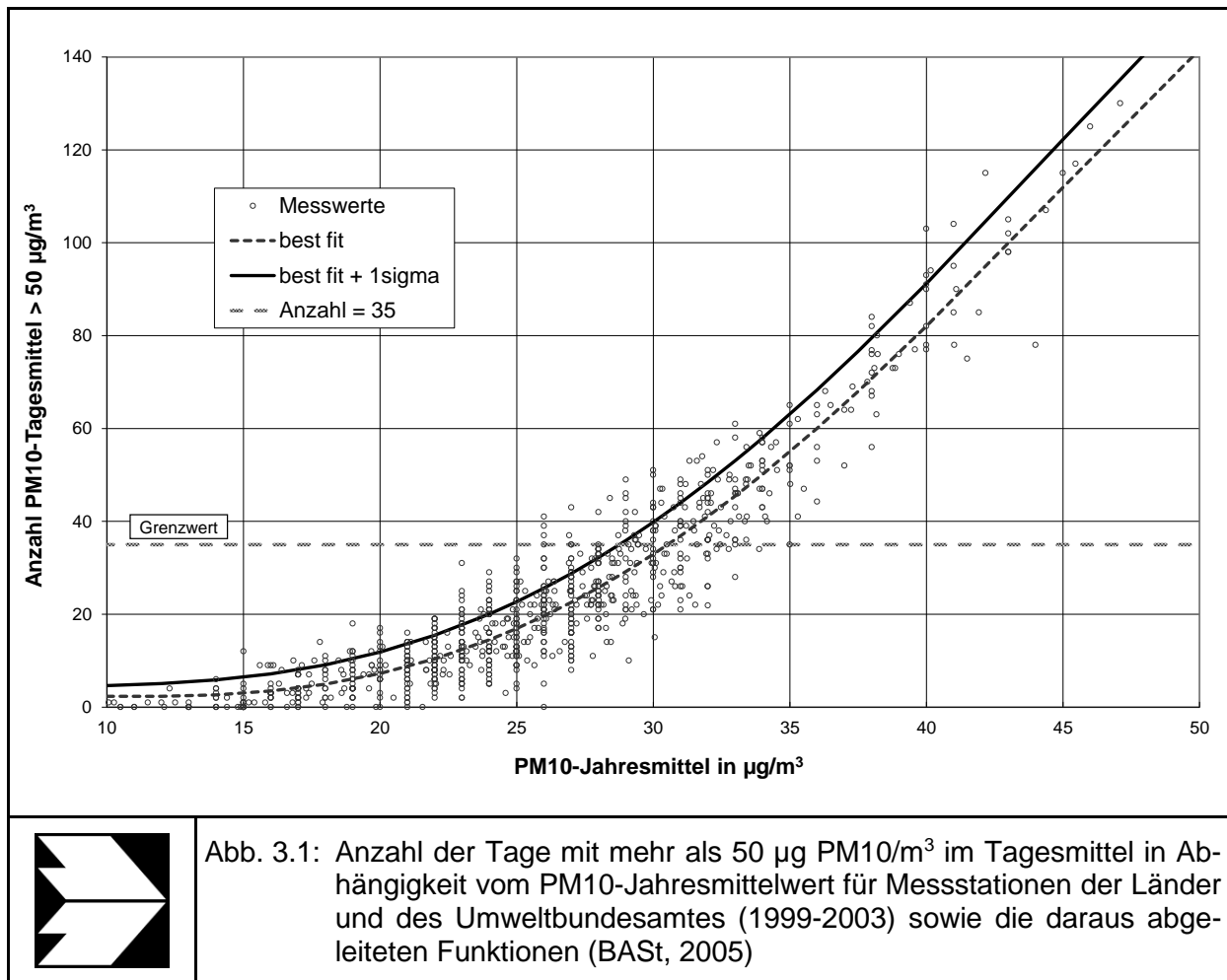
Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen

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 03/2022, ISU Plan, 2022a)
- Verkehrsbelegungsdaten (Stand 2022-09-07, VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH, 2022)
- Tempolimits für Streckenabschnitte (SenUVK, 2021a, ISU Plan, 2022a)
- Lage und Höhen von Gebäuden (ISU Plan, 2021a)
- Lage und Höhen der Lärmschutzwand (ISU Plan, 2022b)

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist am östlichen Rand von Berlin im Ortsteil Mahlsdorf des Bezirkes Marzahn-Hellersdorf gelegen. Im Rahmen der Verkehrslösung Mahlsdorf wird der Neubau einer Straßenverbindung zwischen der Hönower Str./Pestalozzistraße über die Straße An der Schule und dessen südliche Verlängerung bis Hultschiner Damm in Höhe Gut Mahlsdorf geplant. Der Bauabschnitt ist ca. 1 km lang und wird als zweistreifige Straße ausgebaut. Das Gelände im Untersuchungsgebiet ist eben.

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).

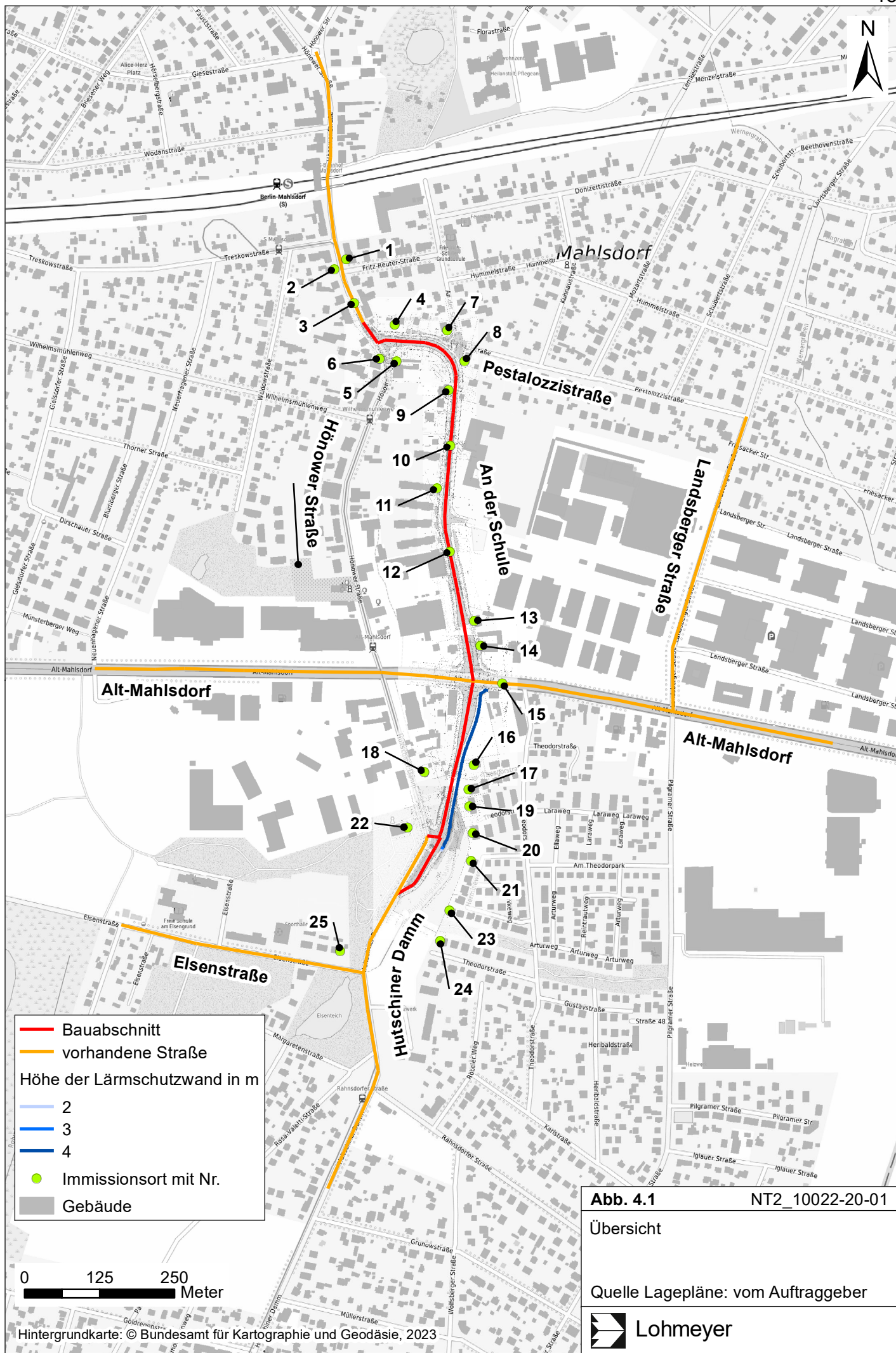
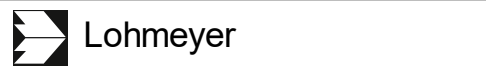


Abb. 4.1 NT2_10022-20-01

Übersicht

Quelle Lagepläne: vom Auftraggeber



Die Lage des Untersuchungsgebietes mit den bestehenden und geplanten Straßenverläufen ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt.

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten (VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH, 2022), die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, liegen als Verkehrsstärken mittlere Verkehrsstärken (DTV) für das Prognosejahr 2030 vor. Sie sind für den Planfall in **Abb. 4.2** dargestellt.

Die oben beschriebenen Verkehrsbelegungsdaten für das Jahr 2030 werden hier unverändert auf das Prognosejahr 2025 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.

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 für den Planfall sind in **Abb. 4.3** 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 A2 zu finden).

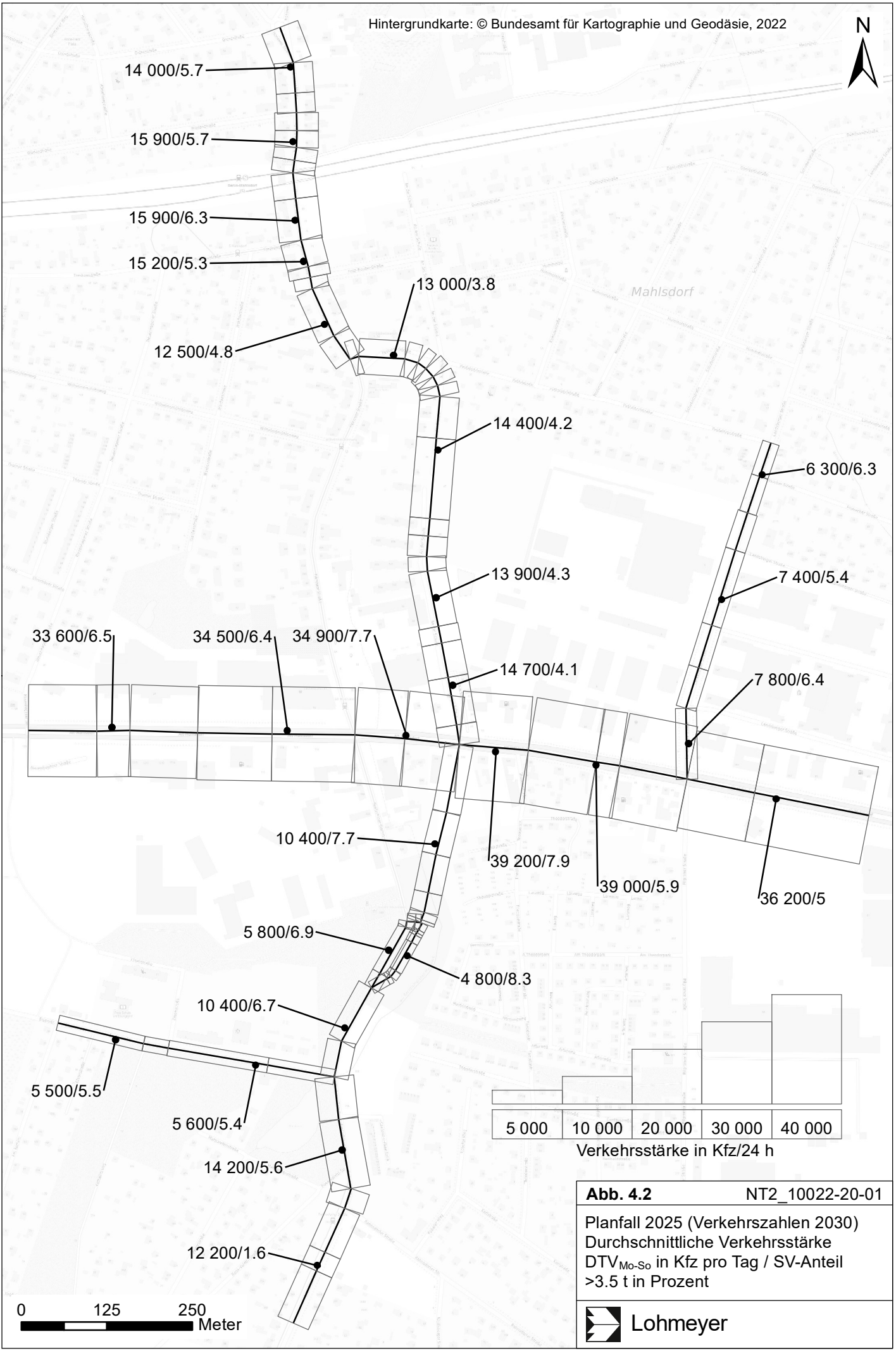
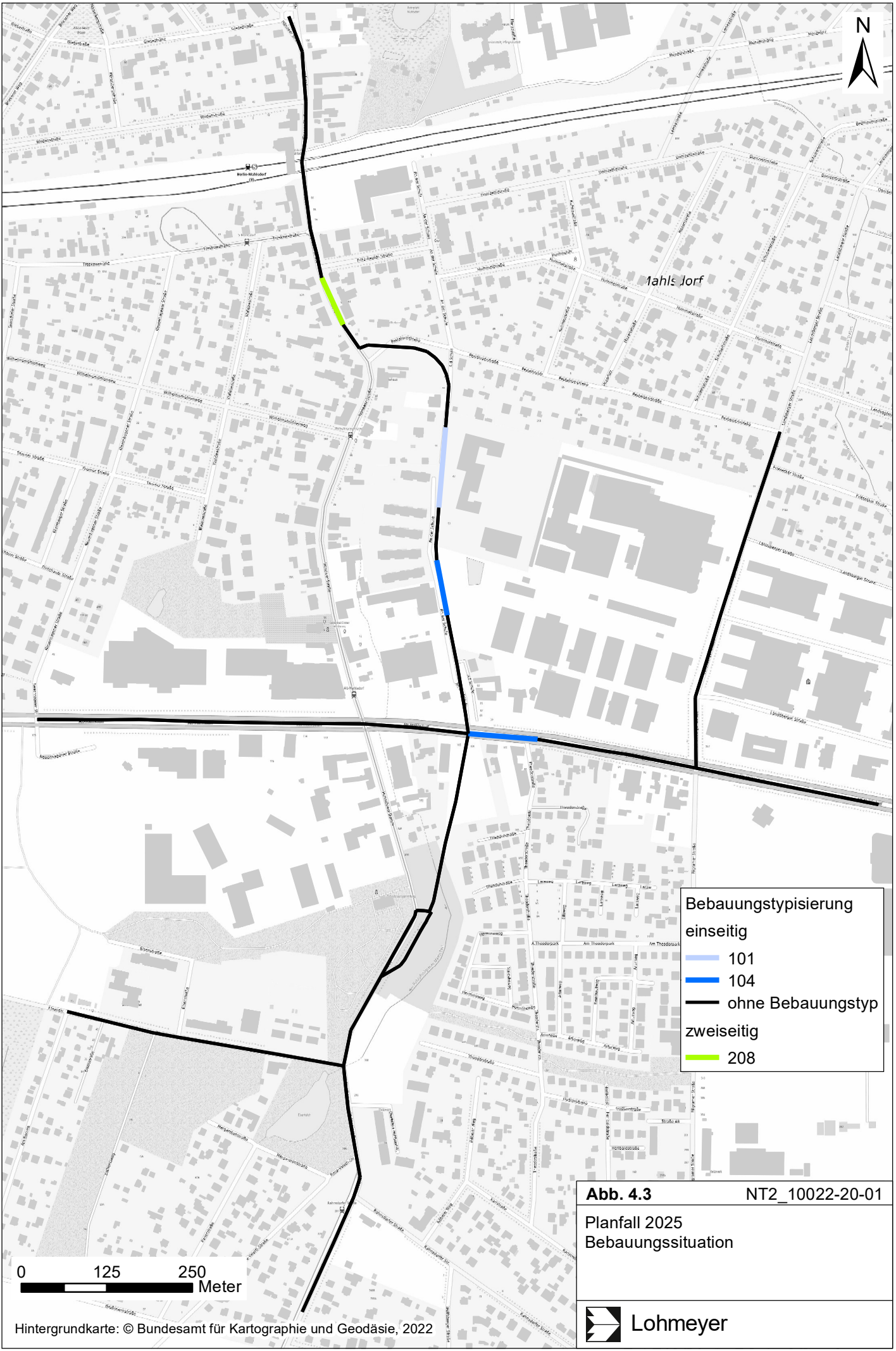


Abb. 4.2 NT2_10022-20-01
 Planfall 2025 (Verkehrszahlen 2030)
 Durchschnittliche Verkehrsstärke
 DTV_{Mo-So} in Kfz pro Tag / SV-Anteil
 >3.5 t in Prozent





Bebauungstypisierung

einseitig

- 101
- 104
- ohne Bebauungstyp

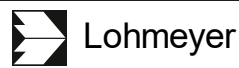
zweiseitig

- 208

Abb. 4.3 NT2_10022-20-01
Planfall 2025
Bebauungssituation

0 125 250
Meter

Hintergrundkarte: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2022



Lohmeyer

Der geplante Lärmschutz entlang der neu geplanten Straße zwischen Alt Mahlsdorf und Hultschiner Damm wurde entsprechend der schalltechnischen Untersuchung (ISU Plan, 2022b) für den Planfall 2025 übernommen. Die Lärmschutzwand weist eine Höhe von 4 m auf und wird Richtung Süden bis auf 2 m abgetreppert (Lage siehe **Abb. 4.1**).

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 westlich 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. Die Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der Station Tegel ist in **Abb. 4.4** grafisch dargestellt. 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.

Aus klimatischen Modellrechnungen, die im Umweltatlas Berlin thematisiert werden (FIS Broker; SenStadtWo, 2021), geht hervor, dass im geplanten Bereich der Straße An der Schule in Mahlsdorf bei autochthonen Wetterlagen lokale bodennahe Strömungen auftreten, welche vorherrschende Strömungskomponenten aus Nord bis Ost aufweisen. Nach diesen Berechnungen ist es also möglich, dass bodennahe Schadstoffemissionen der Straße an der Schule bei diesen Wetterlagen bevorzugt in südliche bis westliche Richtungen verfrachtet werden könnten.

In der o. g. Ausbreitungsklassenstatistik der Station Berlin-Tegel ist dieser lokale Effekt nicht enthalten. Ortsbezogene Messungen, welche die lokalen Strömungseffekte im geplanten Bereich der Straße An der Schule enthalten, existieren nicht.

Um die genannten lokalen Strömungseffekte in der Windstatistik zu berücksichtigen, wurde die Ausbreitungsklassenstatistik Tegel entsprechend der zu erwartenden Situation angepasst. Dafür wird eine vereinfachte empirische Methodik genutzt, bei der die Windrichtungshäufigkeiten der Ausbreitungsklasse I (AK I, stark stabile Ausbreitungsbedingungen) aus anderen Sektoren gleichmäßig auf die aus den Modellrechnungen abgeleiteten nordwestliche Windrichtungen verteilt werden. Die Häufigkeit dieser Situation wurde mit 10 % nach fachlichen Vorgaben (SenStadtUm, 2011) angesetzt.

Die Veränderungen der Windrichtungsverteilung der Referenzstatistik Berlin-Tegel auf den Untersuchungsstandort ist in **Abb. 4.5** aufgezeigt.

Zusätzlich wird an der Station Berlin-Tegel die Lufttemperatur gemessen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2011–2020) ergeben sich dort im Mittel 10.3°C. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

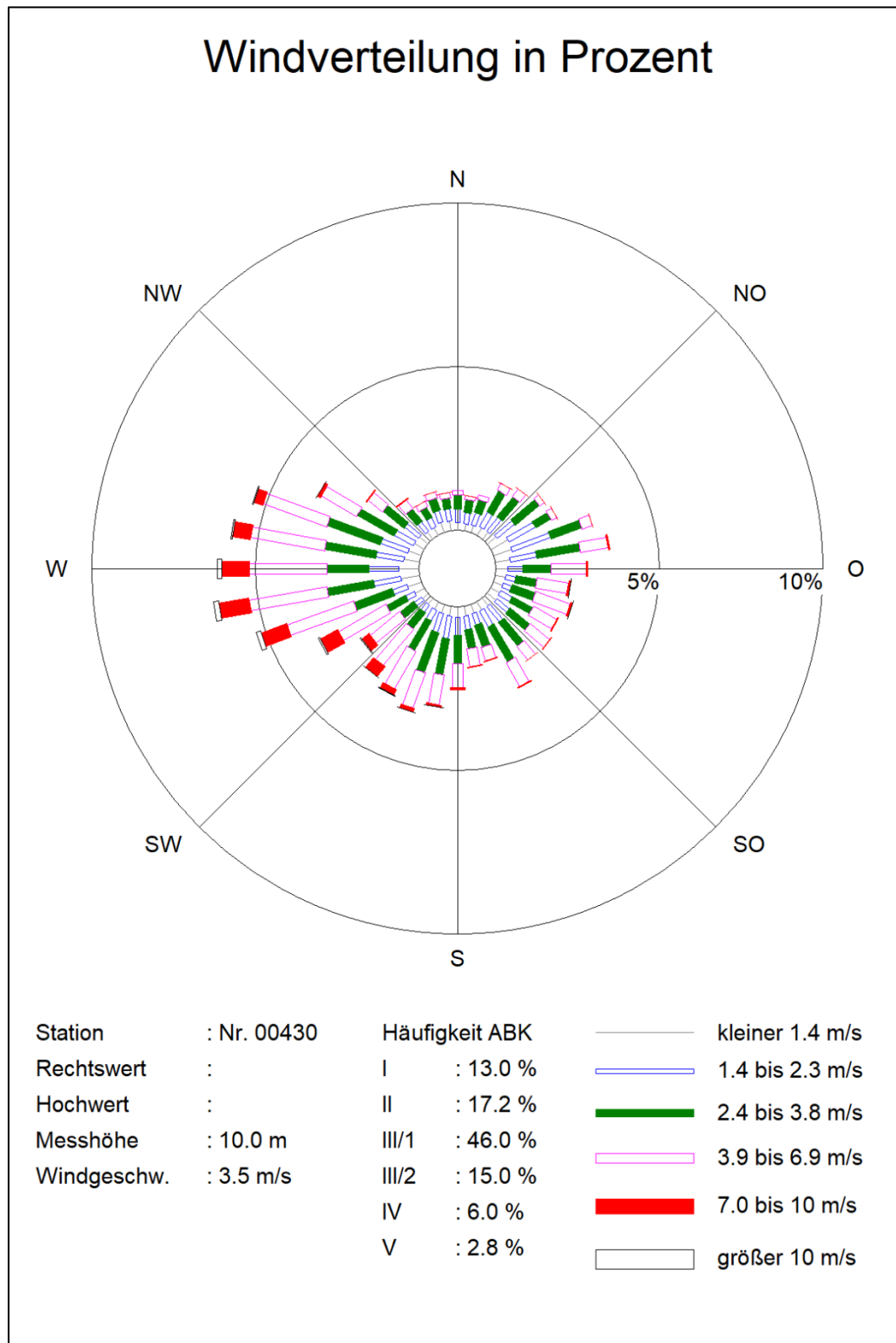


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Tegel 2011-2020
Quelle: DWD, eigene Darstellung

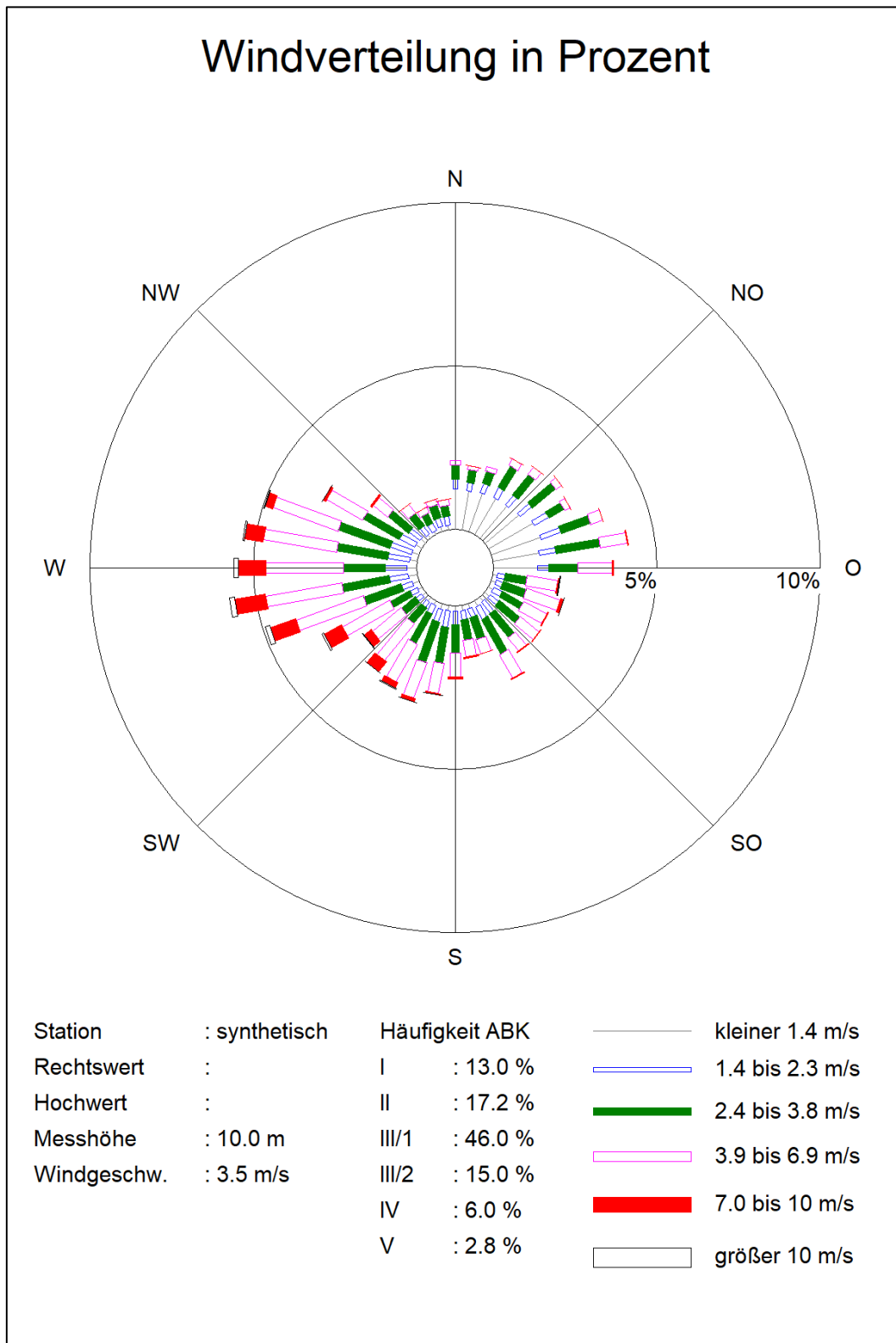


Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Tegel 2011-2020
Quelle: DWD, eigene Darstellung

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 des Berliner Luftgütemessnetzes vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem Luftüberwachungssystem für NO₂, PM10, PM2.5 und Ba(p) zur Verfügung. Für die Berechnung der NO₂-Gesamtbelastung werden zusätzlich die Ozonkonzentrationen (O₃) berücksichtigt.

Die Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz betreibt das Berliner Luftgütemessnetz. 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
Mitte	städtisch	Hintergrund	13.4	W
Karlshorst	städtisch	Hintergrund	6.3	SW
Neukölln	städtisch	Hintergrund	12.7	SW
Tempelhof-Schöneberg	städtisch	Hintergrund	18.2	SW
Buch	Stadtrand	Hintergrund	17.5	N

Tab. 4.1: Klassifizierung der verwendeten Messstationen des Luftgüte-Messnetzes sowie Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Mitte	Karlshorst	Neukölln	Schöneberg
NO ₂ - Jahresmittel	2016	28	21	27	26
	2017	27	20	26	24
	2018	24	19	23	25
	2019	23	18	22	21
	2020	18	16	20	18
PM10- Jahresmittel	2016	22	-	23	-
	2017	22	-	22	-
	2018	23	-	24	-
	2019	19	-	19	-
	2020	17	-	18	-
PM10- Überschreitungstage	2016	6	-	6	-
	2017	14	-	12	-
	2018	13	-	13	-
	2019	2	-	2	-
	2020	0	-	3	-
PM2.5 Jahresmittel	2016	16	-	16	-
	2017	15	-	16	-
	2018	16	-	16	-
	2019	13	-	14	-
	2020	-	-	-	-
O ₃ Jahresmittel	2016	-	-	42	-
	2017	-	-	42	-
	2018	-	-	51	-
	2019	-	-	50	-
	2020	-	-	48	-

Tab. 4.2: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen in der Umgebung (BLUME 2016-2020 aus SenUVK 2017-2021)

Der Schadstoff BaP wird im BLUME-Messnetz an wenigen Station und vorrangig an Verkehrsmessstandorten gemessen. Zur Festlegung des BaP-Hintergrundwertes steht nur eine innerstädtische Hintergrundstation (Neukölln) zur Verfügung. Deshalb wird auch die randstädtische Station Buch mit aufgeführt. Für die Ableitung der Hintergrundbelastung werden die in **Tab. 4.3** aufgeführten Messstationen und Messwerte herangezogen.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Neukölln	Buch
BaP- Jahresmittel	2016	0.47	0.46
	2017	0.27	0.26
	2018	0.46	0.41
	2019	0.28	0.25
	2020	0.23	0.23

Tab. 4.3: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in ng/m³ an Stationen in der Umgebung (BLUME 2016-2020 aus SenUVK 2017-2021)

Aus den Messwerten, den Lagen und den Klassifizierungen der Messstationen werden in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (SenUVK, 2021b) die in **Tab. 4.4** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2021 abgeleitet und ebenfalls unverändert für das Prognosejahr 2025 herangezogen.

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	18
NO _x	28
O ₃	43
PM10	20
PM2.5	16
BaP in ng/m ³	0.4

Tab. 4.4: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025

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.

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 (2020) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) und BaP 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 2025 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 4.2 (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 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.

Benzo(a)pyren (BaP) stellt die Leitsubstanz für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dar. Im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 4.2) sind keine Emissionsfaktoren für PAK oder BaP angegeben.

Angaben zu Emissionen von PAK bzw. von Benzo(a)pyren durch den Straßenverkehr finden sich in Studien der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Wiedmann et al., 2000), in einem BWPLUS-Projekt der Universität Stuttgart (BWPLUS, 2003), in

einem Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (Herpertz et al., 2005) sowie in einer Studie des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Wunderlin et al., 1999).

Die Studie des BUWAL liefert dabei die umfangreichste und detaillierteste Systematisierung. Dort werden Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Fahrzeugtypen, Betriebsarten und Schadstoffminderung genannt. Diese sind in der **Tab. 5.1** dargestellt.

Fahrzeugtypen Betriebsarten	Mittelwert	oberes Quartil	unteres Quartil	Median	Anz. Werte
	[µg/km]	[µg/km]	[µg/km]	[µg/km]	
PW B 3wKat Ks	0.17	0.22	0.04	0.08	22
PW B 3wKat Ws	0.03	0.04	0.01	0.02	14
PW B oK Ks	4.00	5.55	0.99	2.25	24
PW B oK Ws	0.49	0.69	0.18	0.43	15
PW D Ks	1.18	1.33	0.48	1.00	32
PW D Ws	0.98	1.15	0.32	0.65	15
PW CNG	0.02	0.01	0.00	0.00	14
PW LPG	0.03	0.03	0.00	0.02	25
PW RME	1.34	1.86	0.60	1.01	8
PW MeOH *	0.30	0.40	0.10	0.10	3
LW D *	1.47	1.46	0.20	0.57 ¹	53
<i>LW D * [µg/kWh]</i>	<i>2.05</i>	<i>2.03</i>	<i>1.00</i>	<i>1.54</i>	<i>16</i>
Motorräder	8.11	10.04	0.92	2.10	7
Mofa *	3.64	4.13	1.55	2.90	20

*: Einbezug von Fahrzeugen, die vor 1984 gebaut wurden

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren für Benzo(a)pyren für verschiedene Fahrzeugklassen, Fahrzeugtechniken und Betriebszustände aus Wunderlin et al. (1999)

Diese BaP-Emissionsfaktoren werden im Folgenden als Grundlage für die Berechnung der fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren verwendet. Folgende Einflüsse werden dabei berücksichtigt:

- Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Fahrzeugklasse und einem bestimmten Stand der Technik hin-

sichtlich Abgasemission, d. h. mit oder ohne G-Kat) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr) 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 wie oben beschrieben verwendet. Dementsprechend erfolgt eine Unterscheidung in Fahrzeuge mit und ohne G-Kat. Der Kaltstarteinfluss für Pkw und LNF (Erhöhung der Emissionen auf den ersten Kilometern Fahrt nach dem Start gegenüber den Emissionen von betriebswarmen Motoren) wird für 50 % der Fahrzeuge innerorts angesetzt.

Aufgrund der derzeit nicht vorliegenden Differenzierung der BaP-Emissionsfaktoren nach den Verkehrssituationen des HBEFA wird nur eine Unterscheidung in Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen anhand der Fahrleistungsanteile vorgenommen.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-FernC60d	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr
IOS-FernC60s	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 60 km/h, stockender Verkehr
IOS-FernC70d	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
IOS-FernC70s	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 70 km/h, stockender Verkehr
IOS-HVS30d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter 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

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.

Untersuchungen der verkehrsbedingten BaP-Immissionen zeigen, dass neben den BaP im Abgas auch nicht motorbedingte BaP-Emissionen auftreten, hervorgerufen durch Kupplungs- und Bremsbelagabrieb. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten.

Nach BWPLUS (2003) liegen die BaP-Emissionen bei ca. 0.0004 % der Reifenabriebsemissionen bzw. 0.00007 % des Bremsabriebes. Orientiert man sich an PM10-Brems- und Reifenabriebsemissionsfaktoren z. B. aus der RAINS-Datenbank (Lükewille, 2002), so würden sich BaP-Abriebsemissionen für Pkw von ca. 3 % sowie für Lkw von ca. 10 % der Auspuffemissionen ergeben. Die Unsicherheiten sind allerdings groß, da sowohl die PM10-Abriebsemissionensfaktoren aber auch der Anteil BaP an den Abrieben unsicher sind. Die nicht motorbedingten BaP-Emissionen werden deshalb in den Berechnungen durch einen Aufschlag von pauschal 20 % auf die Emissionsfaktoren berücksichtigt.

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. 5.2** und Emissionsfaktoren angesetzt. Die BaP-Emissionen in den Tabellen verstehen sich inklusive des nicht motorbedingten Aufschlags.

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.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz													
Verkehrssituation	Längsneigung	BaP in ng/km		NO ₂ (direkt) in mg/km		NO _x in mg/km		Partikel PM10 (nur Abgas)		Partikel PM10 (nur Abrieb und Aufwirb.)		Partikel PM2.5 (nur Abgas)		Partikel PM2.5 (nur Abrieb und Aufwirb.)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC60d	±0 %	1 038	1 500	20	146	177	1 065	5.1	11.7	32	350	5.1	11.7	14	66
IOS-FernC60s	±0 %	1038	1500	35	364	300	2 869	6.8	31.2	44	1200	6.8	31.2	15	68
IOS-FernC70d	±0 %	1038	1500	19	133	164	963	5.0	11.2	32	350	5.0	11.2	13	64
IOS-FernC70d	±2 %	1038	1500	20	157	175	1 078	5.1	10.9	32	350	5.1	10.9	13	64
IOS-FernC70s	±0 %	1038	1500	38	336	321	2 718	6.9	29.9	44	1200	6.9	29.9	15	68
IOS-FernC70s	±2 %	1038	1500	39	363	329	2 899	7.0	30.1	44	1200	7.0	30.1	15	68
IOS-HVS30d	±0 %	1038	1500	22	249	205	1 817	5.8	16.9	32	350	5.8	16.9	15	68
IOS-HVS30d	±2 %	1038	1500	23	195	211	1 423	5.9	17.4	32	350	5.9	17.4	15	68
IOS-HVS30d	±4 %	1038	1500	24	173	220	1 226	6.0	19.0	32	350	6.0	19.0	15	68
IOS-HVS30s	±0 %	1038	1500	38	484	329	3 842	7.5	36.1	44	1200	7.5	36.1	15	68
IOS-HVS30s	±2 %	1038	1500	39	473	338	3 687	7.5	36.4	44	1200	7.5	36.4	15	68
IOS-HVS50d	±0 %	1038	1500	28	180	244	1 367	5.9	14.7	32	355	5.9	14.7	15	68
IOS-HVS50d	±2 %	1038	1500	29	192	254	1 358	6.0	15.0	32	355	6.0	15.0	15	68
IOS-HVS50s	±0 %	1038	1500	36	365	316	2 908	7.0	31.2	44	1200	7.0	31.2	15	68
IOS-HVS50s	±2 %	1038	1500	37	370	321	2 914	7.0	31.2	44	1200	7.0	31.2	15	68

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025

5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x, PM10, PM2.5 und BaP 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 Planfall 2025 in **Abb. 5.1** 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.

Demzufolge bedeutet eine fett gezeichnete, blaufarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.1**) 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. 5.2** 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 „An der Schule“ die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Darüber hinaus sind diese Emissionsdichten von NO_x, PM10, PM2.5 und BaP für das berücksichtigte Straßennetz jedes Berechnungsfalls, z. T. nach Fahrtrichtung getrennt, im **Anhang A3** dargestellt.

DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %	Verkehrssituation	Stop-& Go-Anteil [%]	BaP in µg/(m s)	NO _{2, direkt} in mg/(m s)	NO _x in mg/(m s)	PM10 in mg/(m s)	PM2.5 in mg/(m s)
Planfall 2025								
14 400	4.2	IOS-HVS30d	20	0.21157	0.00615	0.05224	0.01031	0.00407

Tab. 5.3: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Straße An der Schule (vor der Schule)



Verkehrssituation

- IOS-FernC70d
- IOS-FernC60d
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS30d

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %
- ±4 %

Stauanteil

- 20 %

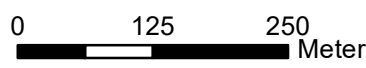



Abb. 5.1 NT2_10022-20-01
Planfall 2025
Verkehrssituation

 **Lohmeyer**

6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionsituation 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, PM_{2.5} und BaP 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 (**Tab. 6.1**). Sie stellen sensible Nutzungen (Wohnbebauung, Schule, Gewerbe) im Untersuchungsgebiet dar.

Nr.	Immissionsort (Nutzung)	NO ₂ - Jahres- mittelwert in µg/m ³	PM10- Jahres- mittelwert in µg/m ³	Anzahl der Überschrei- tungen des PM10- 24 h- Werts von 50 µg/m ³ im Jahr	PM2.5- Jahres- mittelwert in µg/m ³	BaP- Jahres- mittelwert in µg/m ³
1	Hoener Str. 72	21	22	15	17	0.4
2	Hoener Str. 71	22	23	18	17	0.5
3	Hoener Str. 63, 64, 65, 66, 66A, 67, 68, 69, 70	24	24	20	17	0.5
4	Pestalozzistr. 1A, (PestalozziTreff)	19	21	14	16	0.4
5	Hoener Str. 56,	20	21	14	16	0.4
6	Hoener Str. 55	20	21	14	16	0.4
7	An der Schule 28	19	21	14	16	0.4
8	An der Schule 31A	19	21	14	16	0.4
9	An der Schule 38	22	23	18	17	0.5
10	An der Schule 41-49, (ISS Mahlsdorf)	22	22	15	17	0.4
11	An der Schule 50C,	21	22	15	17	0.4
12	An der Schule 56C, 68	24	23	18	17	0.5
13	An der Schule 81	20	22	15	17	0.4
14	An der Schule 83	20	22	15	17	0.4
15	Altmahlsdorf 40, 41, 85, 100, 101,	30	28	32	19	0.5
16	Theodorstraße 75	20	22	15	17	0.4
17	Theodorstraße 73A	20	21	14	16	0.4
18	Hultschiner Damm 346,	20	22	15	17	0.4
19	Theodorstr. 59A/B	20	21	14	16	0.4
20	Theodorstr. 57A	19	21	14	16	0.4
21	Hermineweg 39	19	21	14	16	0.4
22	Hultschiner Damm 333	20	21	14	16	0.4
23	Hermineweg 23	19	21	14	16	0.4
24	Hermineweg 31	19	21	14	16	0.4
25	Elsenstr. 1	20	21	14	16	0.4
Beurteilungswerte		40	40	35	25	1

Tab. 6.1: Immissionen im Vergleich zum Beurteilungswert für ausgewählte Immissionsorte
fett = Überschreitung des Beurteilungswerts

6.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

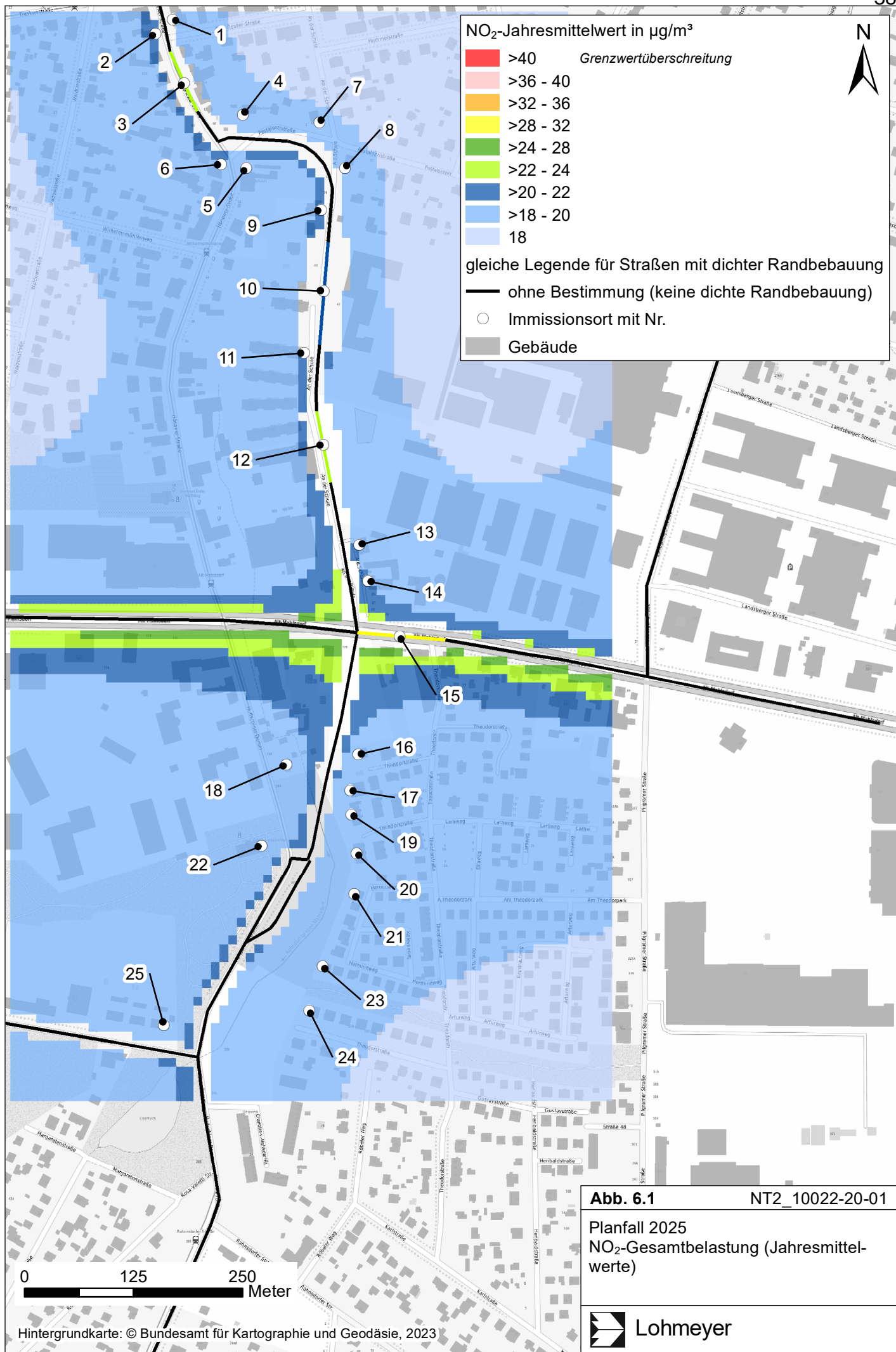
Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** für den Planfall 2025 dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 18 µg/m³ wird der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ im Planfall 2025 deutlich unterschritten.

Die höchsten Belastungen werden an der Kreuzung der beiden Straßen An der Schule und Alt Mahlsdorf sowie entlang der Straße Alt Mahlsdorf berechnet. Diese weist als Bundesstraße im Untersuchungsgebiet das höchste Verkehrsaufkommen auf. Die maximale berechneten NO₂-Jahresmittelwerte betragen 30 µg/m³.

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.

Die Berechnungsergebnisse aus **Tab. 6.1** zeigen, dass die höchsten NO₂-Jahresmittelwert bei den ausgewählten Immissionsorten am IO 15 mit 30 µg NO₂/m³ berechnet werden. Am IO 3 werden in den Straßenschluchten an der Randbebauung Konzentrationen von 24 µg/m³ prognostiziert. Entlang des Bauabschnittes An der Schule werden die höchsten NO₂-Jahresmittelwerte an der Randbebauung der Straßenschluchten mit 24 µg/m³ (IO 12) und 22 µg/m³ (IO 10) ermittelt. Bei den Immissionsorten 9, 11, 13 und 14, die dicht an der Straße liegen, werden NO₂-Jahresmittelwerte zwischen 22 µg/m³ und 20 µg/m³ erwartet. An den Immissionsorten (IO 4-IO 8, IO 16-IO 22) entlang des Bauabschnittes werden NO₂-Jahresmittelwerte mit 20 µg/m³ bzw. 19 µg/m³ berechnet, die damit 1 – 2 µg/m³ über der angesetzten Hintergrundbelastung von 18 µg/m³ liegen. Hier zeigt sich auch im südlichen Teil des Bauabschnittes die immissionsreduzierende Wirkung der Lärmschutzwand.

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird den Berechnungsergebnissen zu Folge 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 Konzentrationen einzustufen.



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)

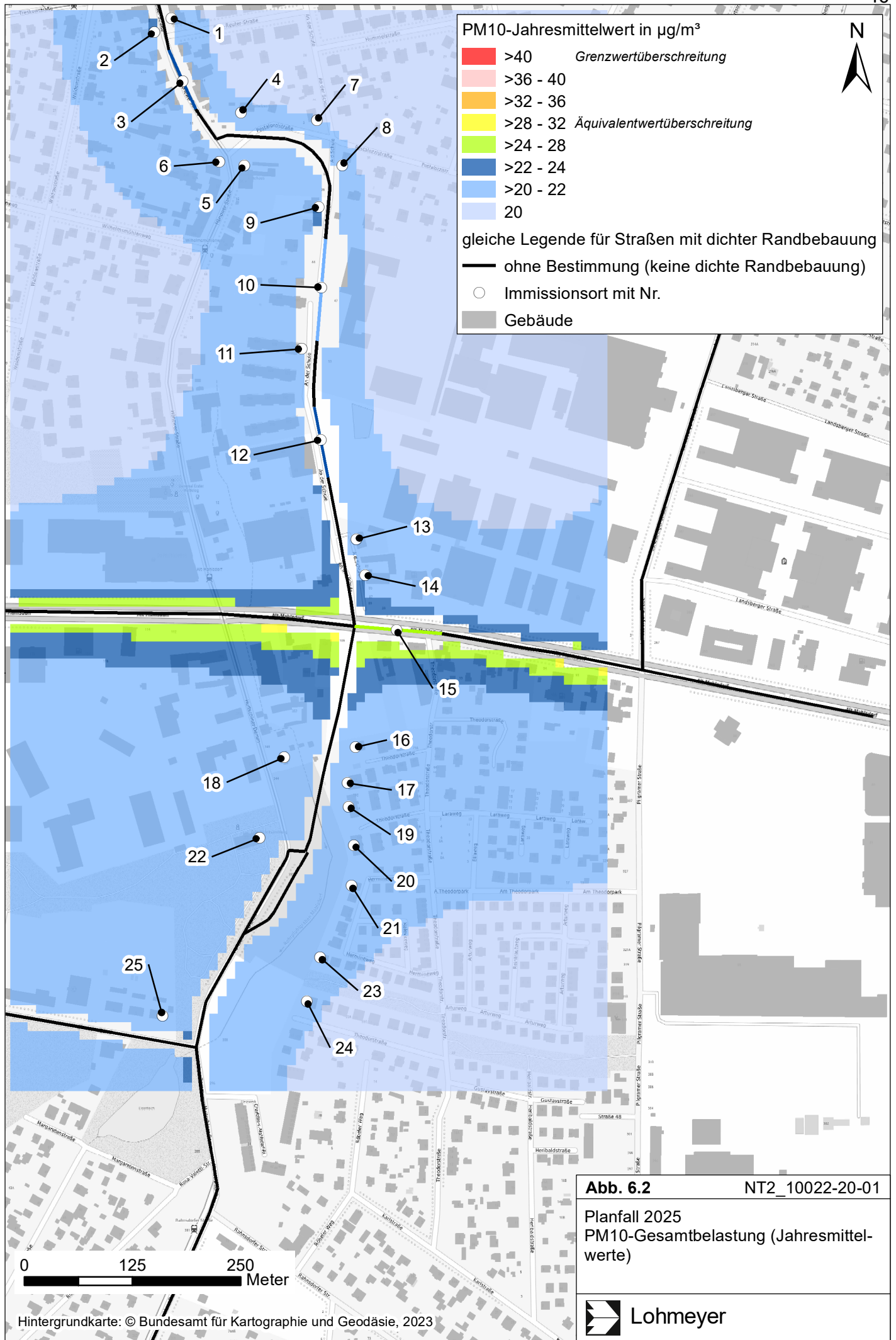
Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM10-Jahresmittelwerte ist der **Abb. 6.2** für den Planfall 2025 zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ treten die höchsten PM10-Belastungen an der Kreuzung An der Schule und Alt Mahlsdorf sowie entlang der Straße Alt Mahlsdorf auf, die 30 µg PM10/m³ betragen. Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ 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. Wohnbebauung, führen. Die Gesamtbelastungen der PM10-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse aus **Tab. 6.1** zeigen, dass bei den ausgewählten Immissionsorten am IO 15 mit 28 µg/m³ die höchsten Immissionen berechnet werden. Am IO 3 werden in den Straßenschluchten an der Randbebauung Konzentrationen von 24 µg/m³ prognostiziert. Entlang des Bauabschnittes An der Schule werden die höchsten PM10-Jahresmittelwerte an der Randbebauung der Straßenschluchten mit 23 µg/m³ (IO 12) berechnet. Am Immissionsort 9 werden 23 µg/m³ ermittelt. An den anderen Immissionsorten (IO 4-IO 8, IO 10, IO 11, IO 13, IO 14, IO 16-IO 22) entlang des Bauabschnittes werden PM10-Jahresmittelwerte mit 22 µg/m³ bzw. 21 µg/m³ berechnet, die damit 1 – 2 µg/m³ über der angesetzten Hintergrundbelastung von 20 µg/m³ liegen.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ gemäß 39. BImSchV wird im Planfall 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 µg/m³ 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. 6.1** dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse aus **Tab. 6.1** zeigen, dass keine Überschreitungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes berechnet werden. Der PM10-Jahresmittelwert beträgt an der nächstgelegenen Bebauung max. $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Am Straßenrand der Straße Alt Mahlsdorf treten punktuell PM10-Jahresmittelwerte von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf, so dass die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes als «selten möglich» einzustufen ist (vergleiche Abschnitt 3.4).

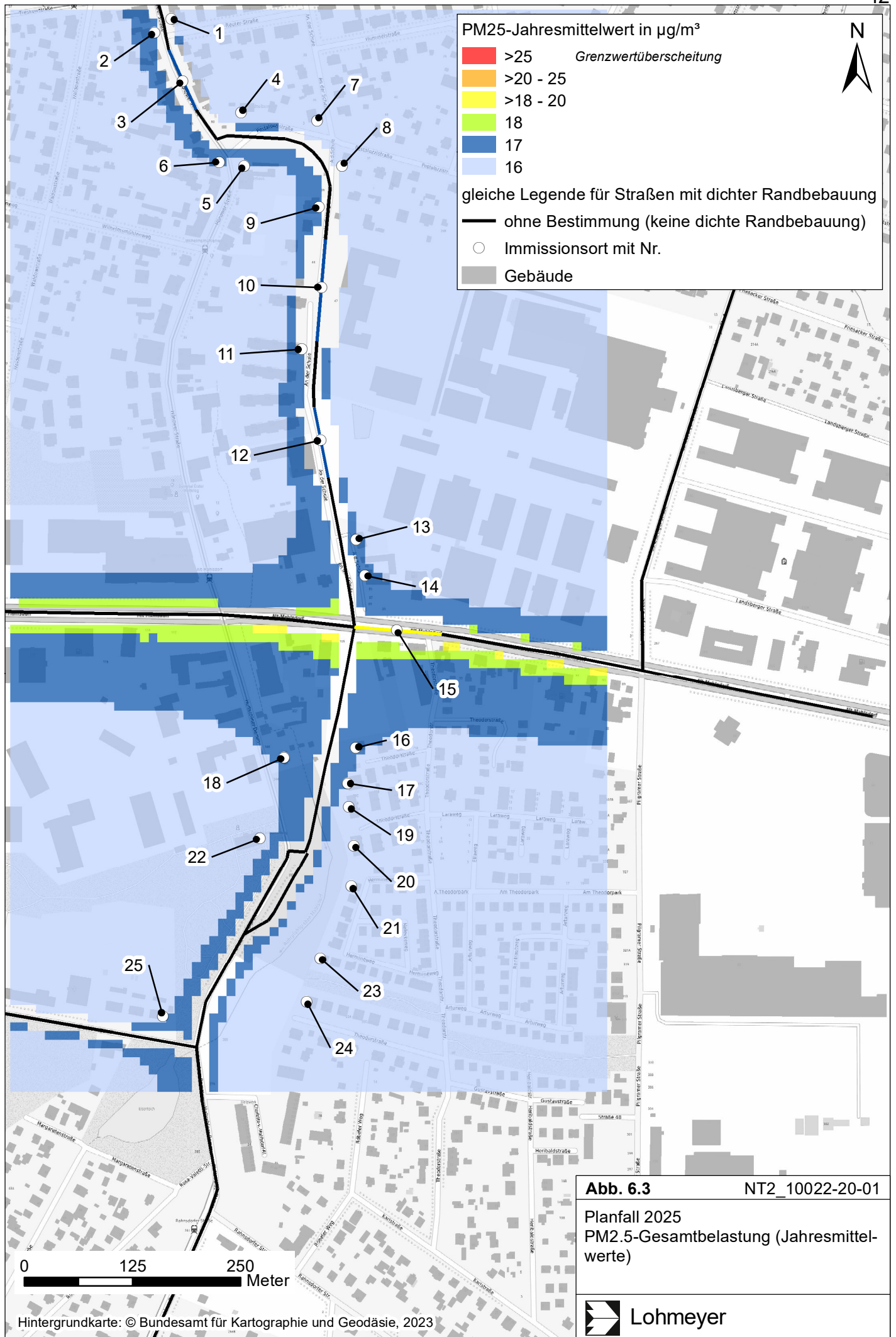
Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend der 39. BImSchV kann somit an umliegender sensibler Nutzung in meteorologisch ungünstigen Jahren überschritten werden.

6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Planfall 2025 in **Abb. 6.3** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ treten keine Überschreitungen des seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Es werden maximal $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Kreuzung An der Schule und Alt Mahlsdorf sowie entlang der Straße Alt Mahlsdorf berechnet.

Die Gesamtbelastungen der PM2.5-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass am Immissionsort 15 mit $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die höchsten PM2.5-Jahresmittelwerte berechnet werden. An den anderen Immissionsorten werden $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. südlich der Straße Alt Mahlsdorf nur $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Dort beträgt die ermittelte PM2.5-Zusatzbelastung $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hintergrundbelastung 2025 = $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 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 bis erhöhte Konzentrationen einzustufen.



6.4 Benzo(a)pyren (BaP)

Die jahresmittleren BaP-Konzentrationen sind für die Immissionsorte in **Tab. 6.1** und für die flächendeckenden Darstellungen in **Abb. 6.4** aufgezeigt. Die flächendeckenden Darstellungen der Gesamtbelastungen zeigen, dass entlang der Straße Alt Mahlsdorf im Planfall 2025 die höchsten BaP-Jahresmittelwerte berechnet werden, die bei maximal 0.6 ng BaP/m³ liegen.

Der BaP-Zielwert der 39. BImSchV ist mit 1 ng/m³ definiert. Im Planfall 2025 werden an den Immissionsorten 2, 3, 9, 12 und 15 0.5 ng BaP/m³ berechnet. An den anderen Immissionsorten liegen die BaP-Konzentrationen im Bereich der Hintergrundbelastung von 0.4 ng/m³. Im gesamten Untersuchungsgebiet treten keine Zielwertüberschreitungen auf.

Der BaP-Beurteilungswert der 39. BImSchV von 1 ng/m³ stellt keinen Grenzwert, sondern eine Zielstellung dar, die nach Möglichkeit eingehalten werden muss.



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). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- 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., Böisinger, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Berlin Partner für Wirtschaft und Technologie GmbH (2021): Download 3D-Stadtmodell Berlin, <https://www.businesslocationcenter.de/berlin3d-downloadportal/#/export> (Datei FME_2F2E706B_164010005714_26776.zip, 21.12.2021). Berlin Partner im Auftrag der Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, Abteilung Wirtschaft.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2021): http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- BWPLUS (2003): Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schlussbericht BWE 20005 von Thomas Pregger und Rainer Friedrich vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, April 2003.
- 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., Böisinger, 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).
- Herpertz, St., Tegethof, U. (2005): Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenraum. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik Heft V 122, Mai 2005. ISBN 3-86509-280-2.
- 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.
- ISU Plan (2021a): Übergabe Gebäudedaten. E-Mail von Herrn Baumgärtel an Fr. Nitzsche vom 02.09.2021.
- ISU Plan (2022a): Übergabe Lagepläne, Geschwindigkeiten und Lichtsignalanlagen. E-Mail von Herrn Baumgärtel an Fr. Nitzsche vom 30.03.2022.
- ISU Plan (2022b): Übergabe der Lärmschutzwand. E-Mail von Herrn Baumgärtel an Fr. Nitzsche vom 24.11.2022.
- 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.
- 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 (2022): Neue Straßenverbindung – Straße an der Schule, Luftschadstoffgutachten. Projekt 10022-20-01, Mai 2022.
- 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.
- Lükewille, A., Bertok, I., Amann, M., Cofala, J., Gyarmas, F., Heyes, C., Karvosenoja, N., Klimont, Z., Schöpp, W. (2002): A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe. IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR-01-023.
- 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).
- SenStadtUm - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung – III F (2011): Persönliche Mitteilung von Herrn Welsch zur Kaltluft im Untersuchungsgebiet im Rahmen der Untersuchungen zur Ost-West-Trasse (#70731), E-Mail vom 08.12.2011.
- SenStadtWo - Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2021): Umweltatlas Berlin, web-basiertes Fachinformationssystem, <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp/>, Klimaanalysekarte, Bodennahes Windfeld und Kaltluftvolumenstrom, Planungshinweise Stadtklima, zuletzt abgerufen am 27.10.2021.
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2021a): Abstimmung bezüglich zulässiger Geschwindigkeiten. E-Mail von Herrn Standtke an Frau Nitzsche vom 26.11.2021.
- SenUVK - Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2021b): Abstimmung der Hintergrundbelastung. E-Mail vom 29.11.2021 von Herrn Dr. Kerschbaumer.
- SenUVK -Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2017-2021): Luftgütemessdaten Jahresberichte für 2016 bis 2020.
- TREMOM (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOM/ TREMOM-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMOM“. 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.
- VMZ Berlin Betreibergesellschaft mbH (2022): Übergabe der Verkehrsdaten. E-Mail von Herrn Klemm an Frau Nitzsche vom 07.09.2022.
- Wiedmann, T., Kersten, J., Ballschmiter, K. (2000): Art und Menge von stofflichen Emissionen aus dem Verkehrsbereich, Literaturstudie. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart, Arbeitsbericht Nr. 146/Mai 2000. ISBN 3-932013-84-0, ISSN 0945-9553.
- Wunderlin, D., Klaus, T., Schneider, A., Schläpfer, K. (1999): Emissionsfaktoren ausgewählter Nichtlimitierter Schadstoffe im Straßenverkehr. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Arbeitsunterlage 12, März 1999.

**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 beispielweise 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

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 Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

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

wobei:	c	=	Abgaskonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom in $\mu\text{g}/\text{m s}$
	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 ≥ 5 x Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil $\geq 61\%$) erfüllt ist.

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

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

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

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

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

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von ± 20 % aufweisen.

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

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

**ANHANG A3:
EMISSIONSABBILDUNGEN**

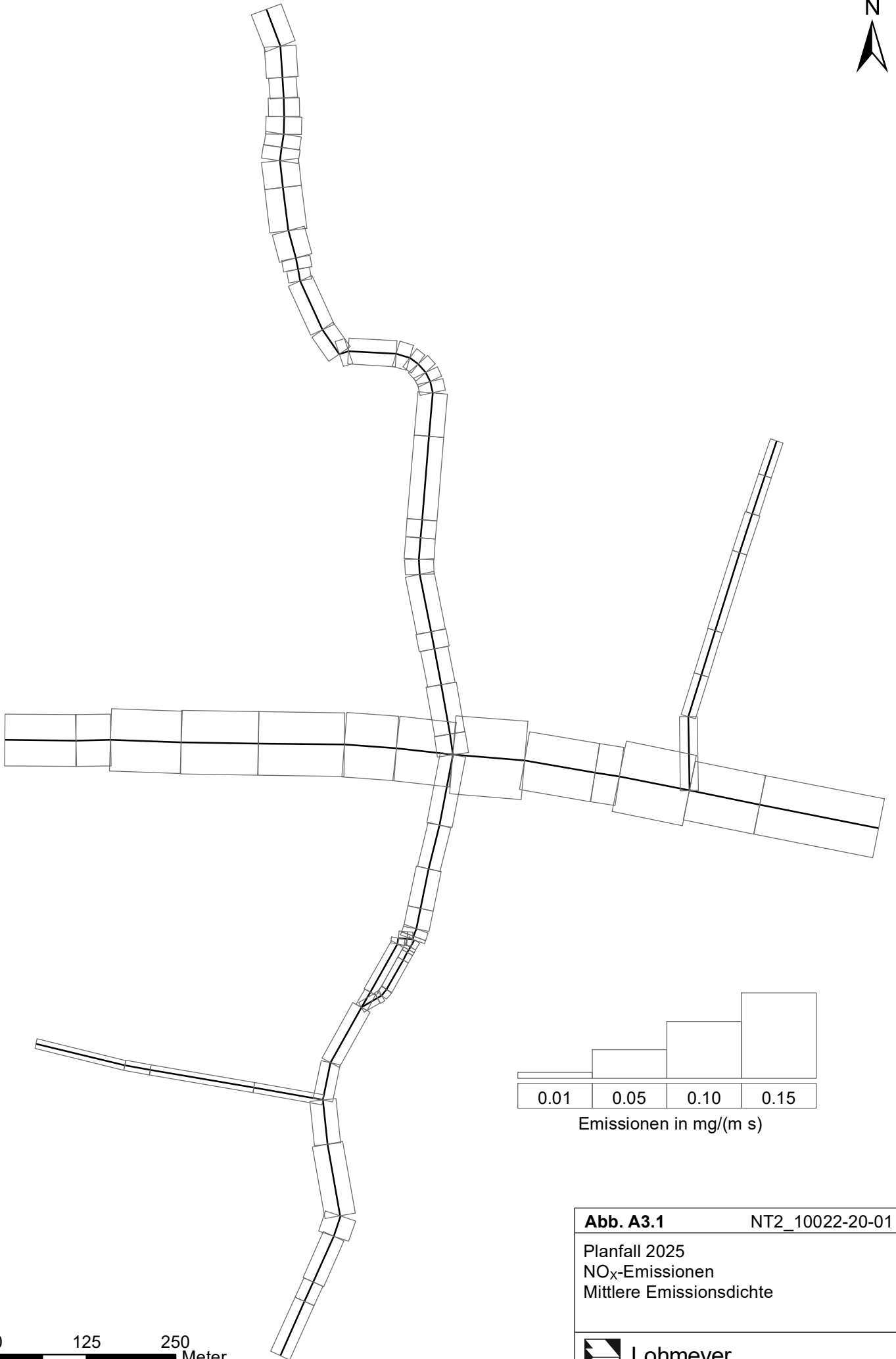
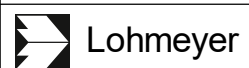
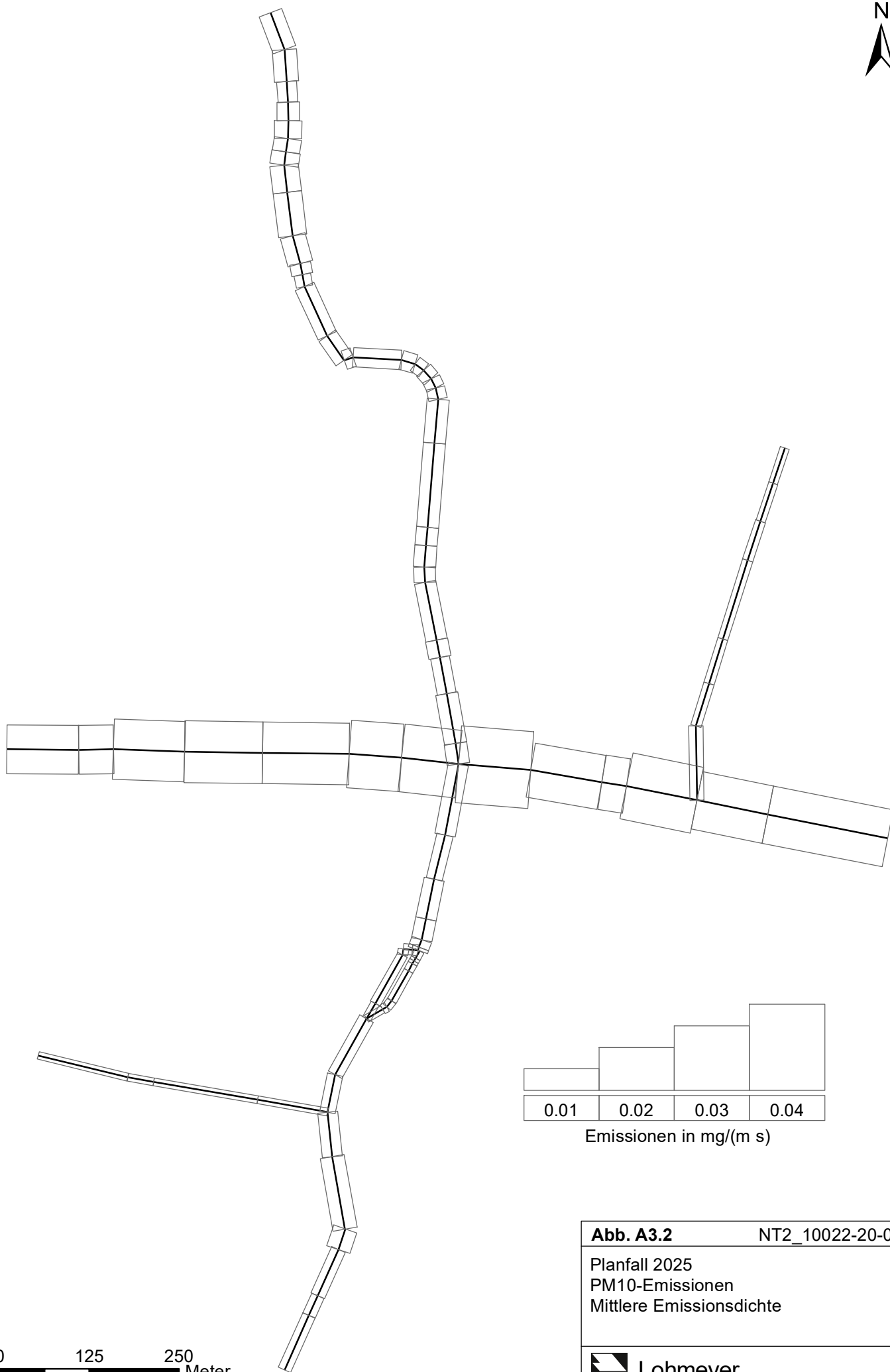


Abb. A3.1 NT2_10022-20-01

Planfall 2025
NO_x-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



0 125 250
Meter



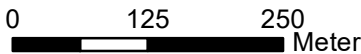
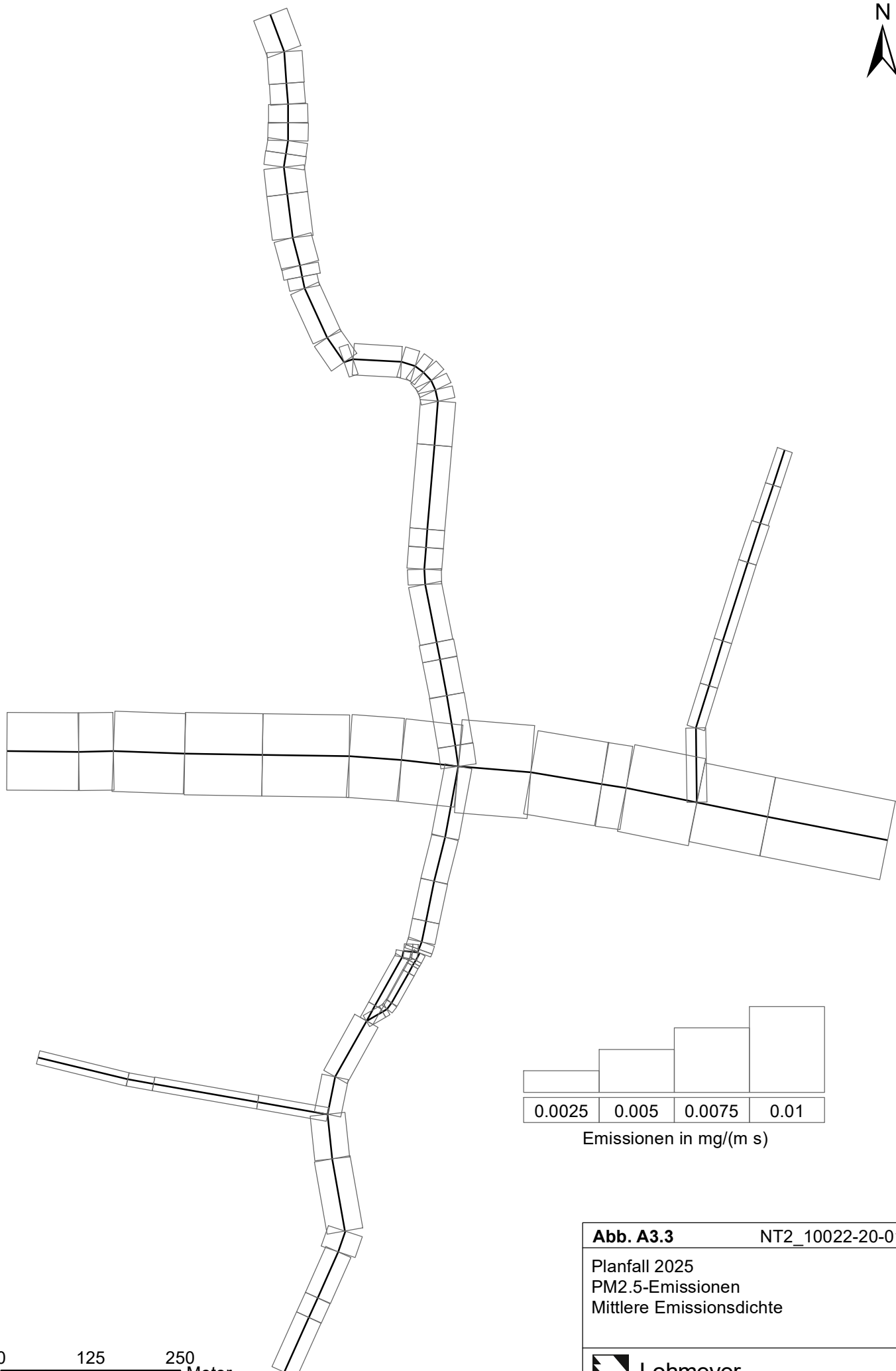



Abb. A3.3 NT2_10022-20-01
Planfall 2025
PM2.5-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte

 **Lohmeyer**

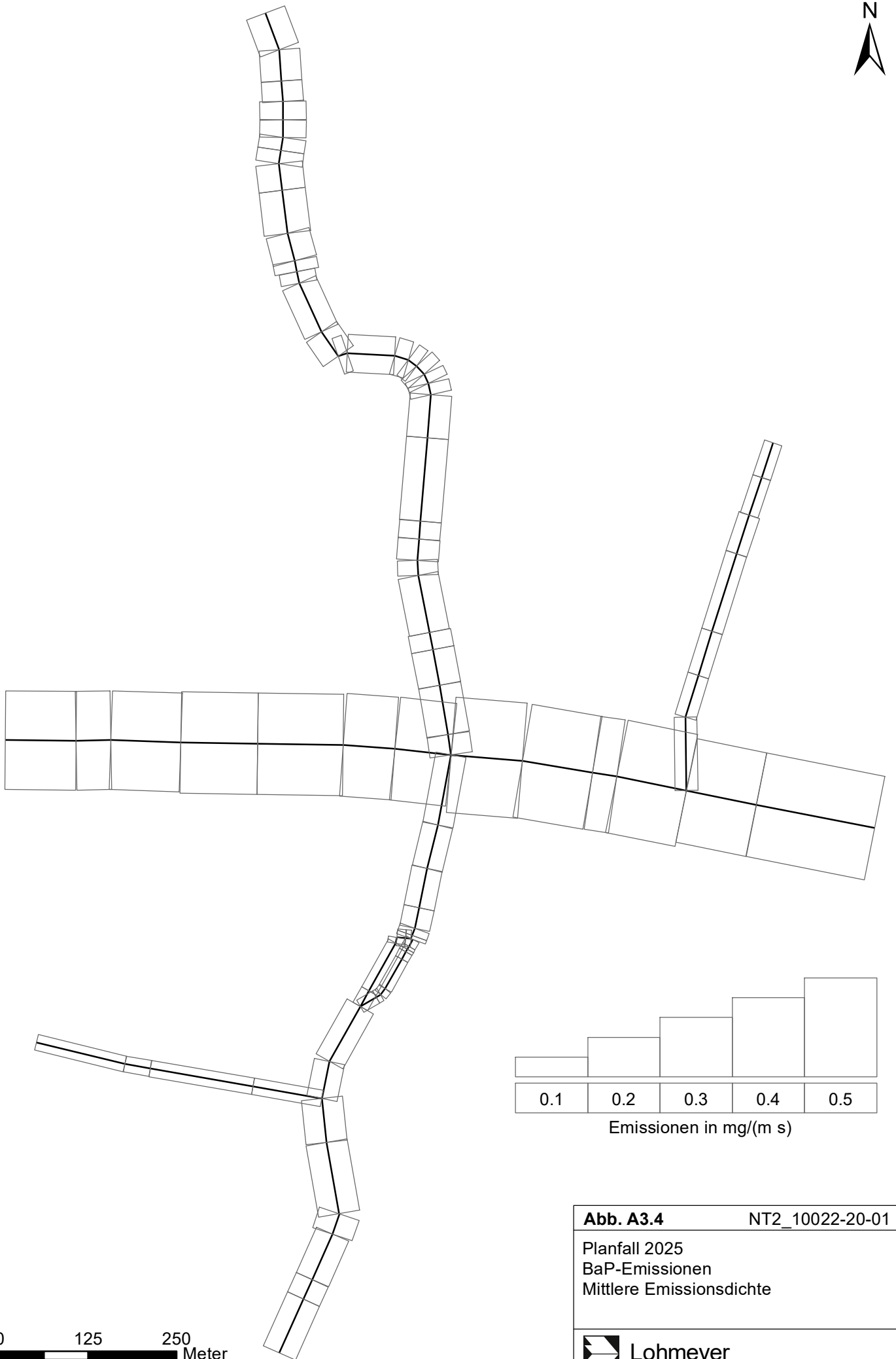


Abb. A3.4 NT2_10022-20-01
Planfall 2025
BaP-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte

