



Lohmeyer

**Unterlage 17.4.1**

**ERLÄUTERUNGSBERICHT  
ZUR  
LUFTHYGIENISCHEN UNTERSUCHUNG  
  
B 92 AUSBAU IN PLAUEN  
TROCKENTALSTRASSE  
  
AKTUALISIERUNG**

Auftraggeber:

Landesamt für Straßenbau und Verkehr  
Niederlassung Plauen  
Weststraße 73  
08523 Plauen

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH  
Niederlassung Dresden

Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche  
Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

Januar 2021  
Projekt 10113-20-01\_Unterlage 17\_4\_1  
Berichtsumfang 32 Seiten (ohne Anhang)

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3 VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>7</b>
3.1 Betrachtete Schadstoffe .....	7
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe .....	7
3.3 Berechnungsverfahren PROKAS.....	8
3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	10
<b>4 EINGANGSDATEN .....</b>	<b>12</b>
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	12
4.2 Verkehrsdaten .....	14
4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation.....	14
4.4 Meteorologische Daten .....	17
4.5 Hintergrundbelastung der Luft .....	21
<b>5 EMISSIONEN .....</b>	<b>23</b>
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	23
5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	23
5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	25
5.4 Berechnung der Emissionsfaktoren für größere Streckenlängsneigungen ....	25
5.5 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	26
<b>6 LITERATUR .....</b>	<b>30</b>
<b>ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF-</b>	
<b>    KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>33</b>
A1.1 Grenzwerte.....	34
A1.2 Vorsorgewerte .....	35
A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen .....	36

<b>ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>37</b>
A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V.....	38
A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B .....	38
A2.3 Fehlerdiskussion .....	40
<b>ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN.....</b>	<b>43</b>

#### Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### 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  $\text{mg}/\text{m}^3$  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 NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM<sub>10</sub>-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, 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 / PM<sub>10</sub> / PM<sub>2.5</sub>**

Mit Feinstaub bzw. PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM<sub>10</sub>-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM<sub>2.5</sub>-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

Der Freistaat Sachsen in Vertretung durch das Landesamt für Straßenbau und Verkehr plant zur Beseitigung der verkehrlichen Engpässe und Erhöhung der verkehrlichen Leistungsfähigkeit den Ausbau der B 92 Abschnitt Trockentalstraße mit einer Länge von ca. 676 m in Plauen. Im Planungsprozess für die o. g. Baumaßnahme wurden bereits Gutachten zur Lufthygiene erstellt (Lohmeyer, 2014, 2016 und 2018). Nunmehr soll eine Aktualisierung für den Feststellungsentwurf durchgeführt werden. Die Technische Planung hat sich nicht geändert. Inzwischen haben sich aber die Emissionsberechnungsgrundlagen geändert. Für die Aktualisierung muss die neue Emissionsdatenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren“ (HBEFA 4.1) vom November 2019 verwendet werden.

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

Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Prognose-Nullfall 2026 (ohne Realisierung des Vorhabens, Emissionsfaktoren 2026, Verkehrszahlen 2030)
- Planfall 2026 (nach Realisierung des Vorhabens, Emissionsfaktoren 2026, Verkehrszahlen 2030).

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. In der Lufthygienischen Untersuchung wird der Prognose-Nullfall und Planfall deshalb mit Prognose-Nullfall 2026 und Planfall 2026 beschrieben. Dabei liegen aber dennoch die Verkehrszahlen des Prognosejahres 2030 zu Grunde.

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit. Die Beurteilung der Maßnahme erfolgte im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 4.1 (UBA, 2019) wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2026 ermittelt. Die nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Emissionen sind ebenfalls im HBEFA 4.1 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, dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, angesetzt. Die NO/NO<sub>2</sub>-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

## Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in Unterlage 17.4.2 aufgeführt. Sie werden wie folgt zusammengefasst:

Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 17 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> treten im Prognose-Nullfall 2026 Überschreitungen des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> in dem Straßenabschnitt an der Straßenrandbebauung in der Trockentalstraße zwischen der Seminarstraße und Seestraße auf. In allen anderen Straßenabschnitten und in der flächenhaften Berechnung wird der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert eingehalten. Im Planfall 2026 wird durch die Verschiebung der Trockentalstraße in nordöstliche Richtung und Änderung der Bebauungssituation trotz Ausbau und höherem Verkehrsaufkommen weitgehend eine Reduzierung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertes prognostiziert. Nur entlang der Trockentalstraße ab Höhe Seestraße in Richtung Dittrichplatz wird eine leichte Zunahme des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertes berechnet. Es werden dort aber keine Überschreitungen des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes erwartet. In der Siegener Straße und Straßberger Straße wird durch die Reduzierung der Ver-

kehrsbelegung eine Immissionsminderung erreicht. Im Planfall 2026 wird der Grenzwert des  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwertes von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  unterschritten.

Im Prognose-Nullfall und Planfall 2026 werden keine  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen prognostiziert, die den Jahresmittel-Grenzwert der 39. BImSchV von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschreiten. Dieses gilt auch an der Straßenrandbebauung in den Straßenabschnitten.

Die flächendeckenden Ergebnisdarstellungen zeigen im Prognose-Nullfall 2026 und im Planfall 2026 keine Überschreitungen des  $\text{PM}_{10}$ -24 h-Grenzwerts (Überschreitungshäufigkeit des 24 h-Werts von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  öfter als 35-mal im Jahr). Die maximalen  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen betragen im Prognose-Nullfall 2026 und im Planfall 2026  $25 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ , die damit unter dem Schwellenwert von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zur Beurteilung des 24 h-Grenzwertes liegen.

Der  $\text{PM}_{2.5}$ -Jahresmittelgrenzwert der 39. BImSchV ist mit  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  definiert. In keinem berechneten Fall kommt es zur Überschreitung dieses Grenzwerts. Die Gesamtbelastungen sind größtenteils deutlich kleiner.

Die flächendeckenden Darstellungen der Gesamtbelastungen zeigen in den Fällen nach Umsetzung der Planungsmaßnahme (Planfall 2026) Minderungseffekte in der Siegener Straße, der Straßberger Straße und in Teilen der Trockentalstraße (bis Höhe Seestraße). Mehrbelastungen sind entlang der Trockentalstraße ab Höhe Seestraße in Richtung Dittrichplatz auszumachen, ohne jedoch Grenzwerte zu überschreiten.

Aus lufthygienischer Sicht 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

Der Freistaat Sachsen in Vertretung durch das Landesamt für Straßenbau und Verkehr plant zur Beseitigung der verkehrlichen Engpässe und Erhöhung der verkehrlichen Leistungsfähigkeit den Ausbau der B 92 Abschnitt Trockentalstraße mit einer Länge von ca. 676 m in Plauen. Im Planungsprozess für die o. g. Baumaßnahme wird ein weiteres Gutachten zur Luftthygiene benötigt. Hierbei sind die relevanten Luftschadstoffimmissionen aus dem Kfz-Verkehr zu ermitteln und zu bewerten.

Im Planungsprozess für die o. g. Baumaßnahme wurden bereits Gutachten zur Luftthygiene erstellt (Lohmeyer, 2014, 2016 und 2018). Nunmehr soll eine Aktualisierung für den Feststellungsentwurf durchgeführt werden. Die Technische Planung hat sich nicht geändert.

Inzwischen haben sich aber die Emissionsberechnungsgrundlagen geändert. Für die Aktualisierung muss die neue Emissionsdatenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren“ (HBEFA 4.1) vom November 2019 verwendet werden.

Zu betrachten sind folgende Fälle im Prognosejahr 2026:

- Prognose-Nullfall 2026 (ohne Realisierung des Vorhabens, Emissionsfaktoren 2026, Verkehrszahlen 2030)
- Planfall 2026 (nach Realisierung des Vorhabens, Emissionsfaktoren 2026, Verkehrszahlen 2030).

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstäube (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 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 NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) 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 (NO<sub>2</sub>), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 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 <sub>2</sub>	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 NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwert als Stundenmittelwert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden darf, wird verzichtet, da der NO<sub>2</sub>-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](http://www.lohmeyer.de/prokas)) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnissen

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 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung sind im HBEFA 4.1 ebenfalls enthalten und werden so verwendet. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

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-NO<sub>2</sub>-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

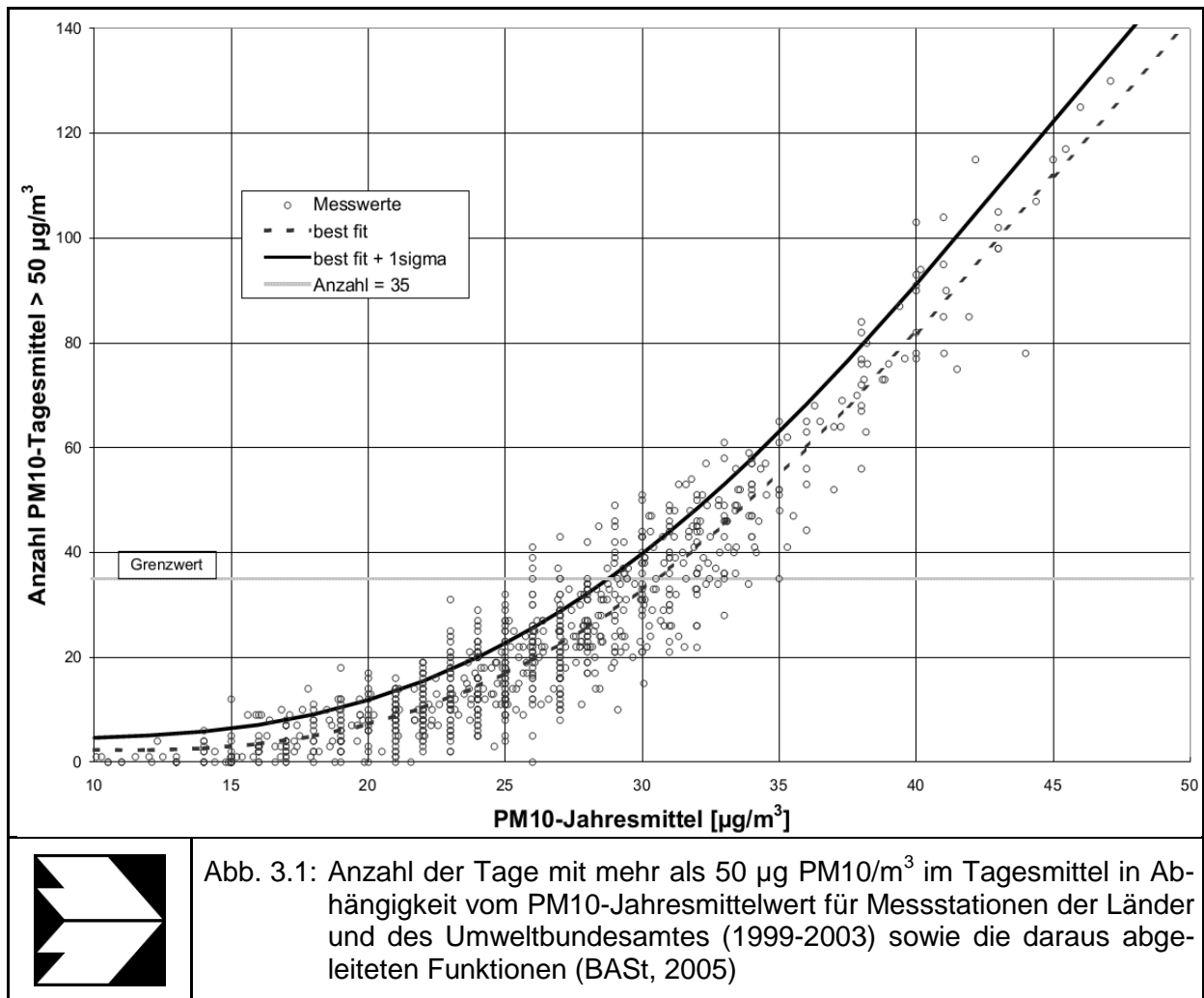
### 3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m<sup>3</sup> wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m<sup>3</sup> erwartet.

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

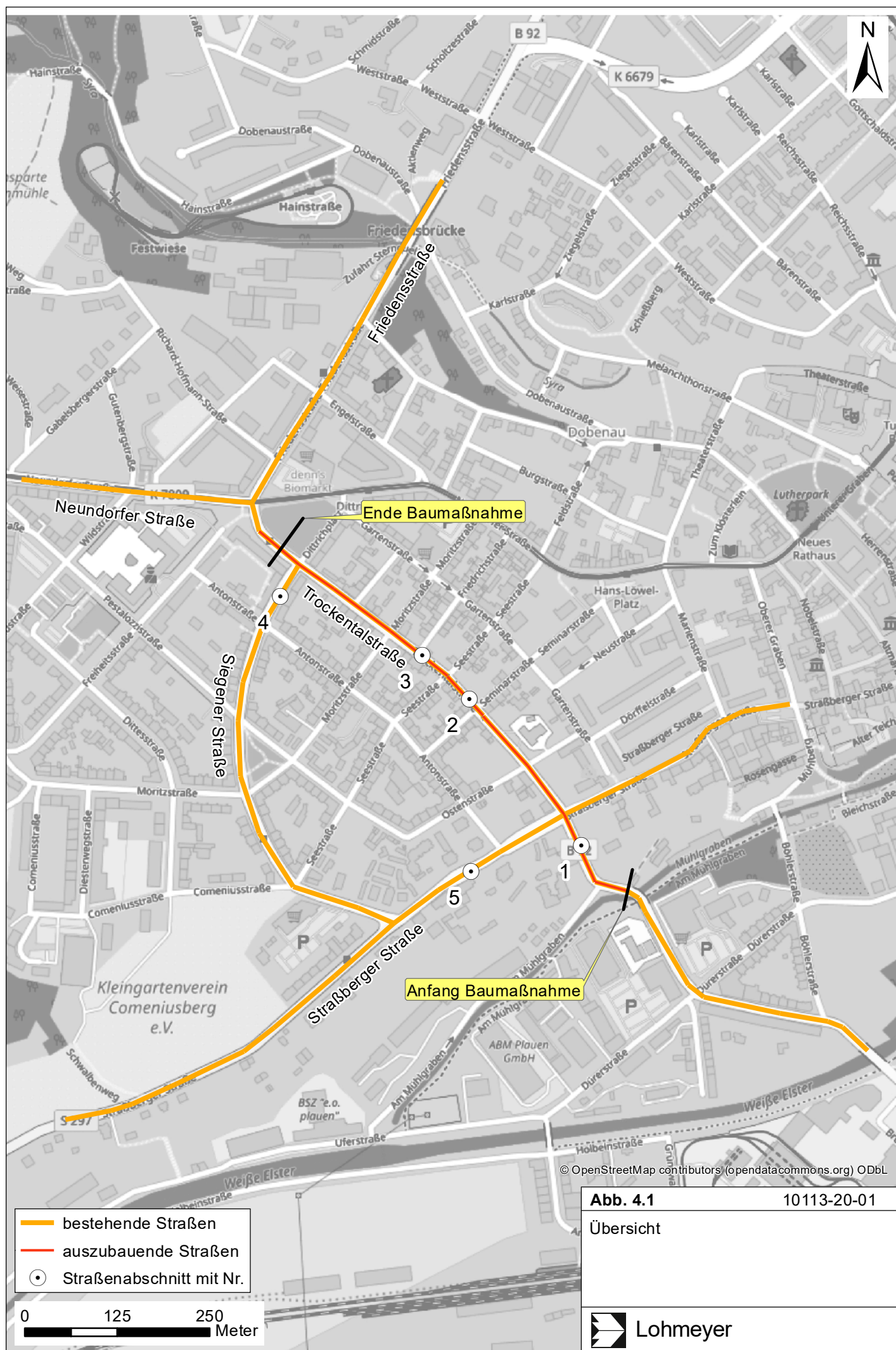
Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

- Technische Planung (Stand 2020-09-11)
- Verkehrsbelegungsdaten (PTV Group, 2018)
- Lage und Stockwerkszahlen von Gebäuden (Stadt Plauen, 2014)
- Lage- und Höheninformationen zu geplanten Lärmschutzbauten (Stand 2020-09-11).

### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Trockentalstraße wird im Prognose-Nullfall als Einbahnstraße zwischen der Straßberger Straße und der Siegener Straße genutzt. Der Gegenverkehr wird über die Siegener Straße geführt. Im Planfall wird die Trockentalstraße als 3- bzw. 4-streifige Straße im Gegenrichtungsverkehr ausgebaut. Es stehen je nach Straßenabschnitt mindestens je Fahrtrichtung eine Spur und eine Linksabbiegespur zur Verfügung. Die Trockentalstraße weist im Planungsbereich Längsneigungen bis 7.8 % auf.

Die **Abb. 4.1** zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigte Straßennetz. Die im Bestand betrachteten Straßenabschnitte sind orange und die auszubauende Trockentalstraße ist rot dargestellt. In den betrachteten Varianten wurden nur Straßenabschnitte in die Immissionsbestimmung einbezogen, die eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) größer 5 000 Kfz/24 h aufweisen. Die Emissionen von Straßenabschnitten mit geringerer Verkehrsbelegung werden über die Hintergrundbelastung 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

Neben unterschiedlichen DTV-Werten weisen die einzelnen Straßenabschnitte unterschiedliche Schwerverkehrsanteile und unterschiedliche Verkehrssituationen (mittlere Geschwindigkeit, Standanteile, Konstantfahrten) auf, die bei der Bestimmung der Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten entscheidenden Einfluss haben.

Die Verkehrsdaten, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, sind für den Prognose-Nullfall 2026 in **Abb. 4.2** und für den Planfall 2026 in **Abb. 4.3** dargestellt.

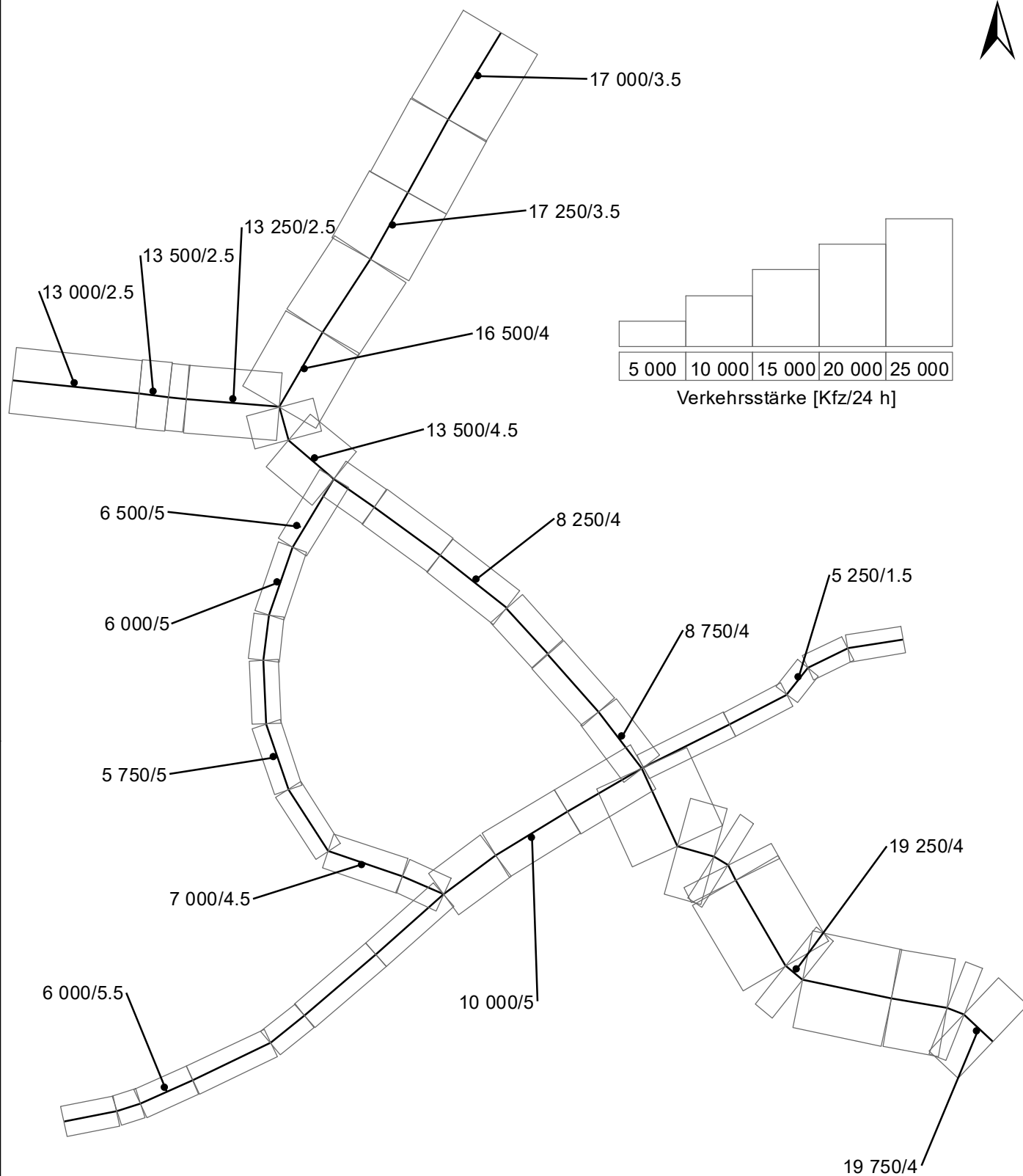
Die oben beschriebenen Verkehrsbelegungsdaten für das Jahr 2030 werden hier unverändert auf das Prognosejahr 2026 angewendet, was einer konservativen Vorgehensweise entspricht, da somit eine Kombination aus hohen Verkehrsstärken und hohen Emissionsfaktoren für die Prognose entsteht.

Hinweis: Im Straßenabschnitt der Trockentalstraße zwischen Seestraße und Friedrichstraße wurde die Verkehrsbelegung des Abschnittes zwischen Friedrichstraße und Moritzstraße angesetzt. Zur Vergabe eines Bebauungstyps (siehe Abschnitt 4.3) war ein ca. 100 m langer Straßenabschnitt notwendig, so dass diese Straßenabschnitte zusammengefasst wurden, um Aussagen an der Straßenrandbebauung zu erhalten.

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.



0 125 250  
Meter

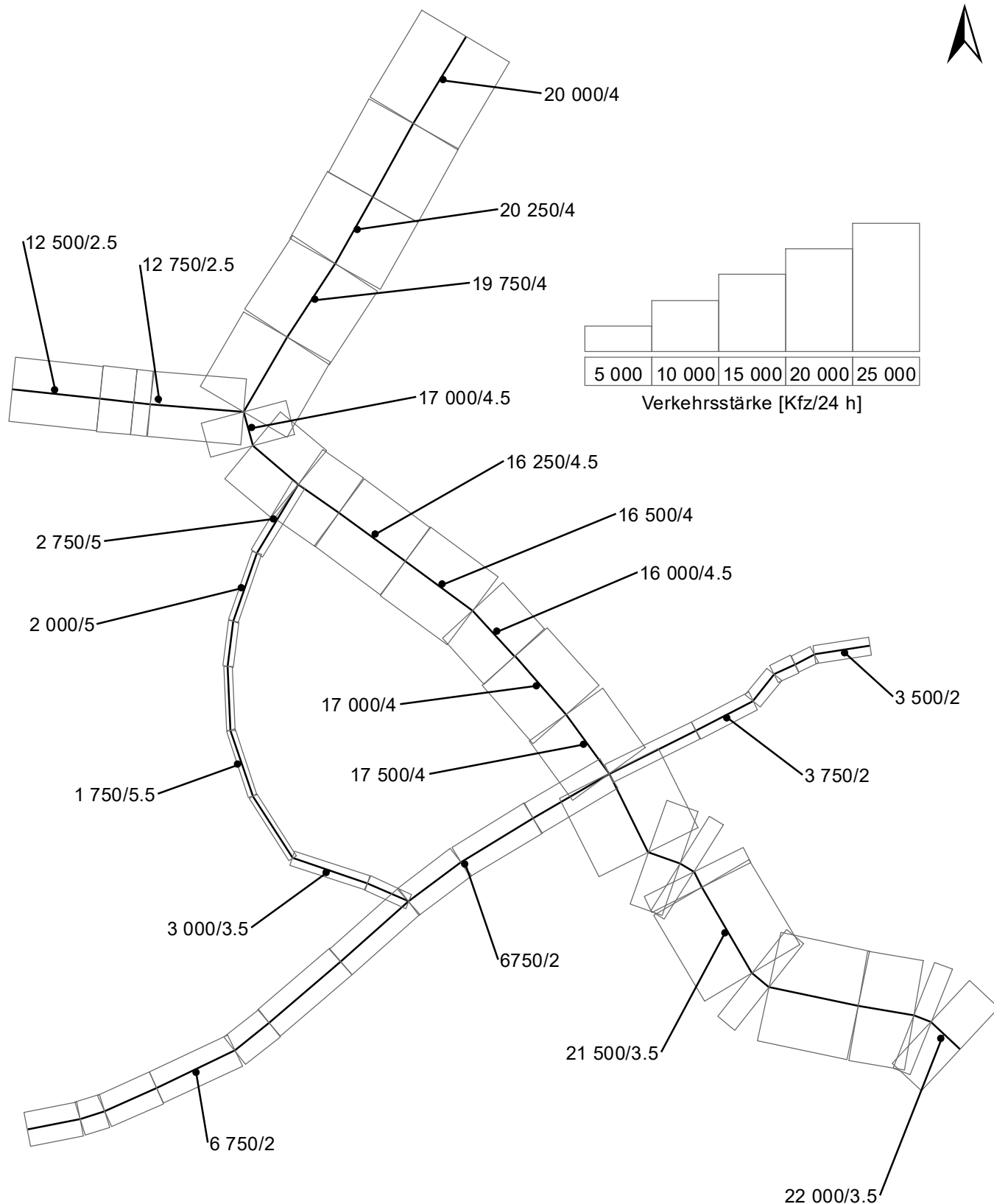
**Abb. 4.2**

10113-20-01

Prognose-Nullfall 2026  
(Verkehrszahlen 2030)  
Durchschnittliche Verkehrsstärke  
DTV<sub>Mo-So</sub> in Kfz pro Tag / SV >3.5 t  
in Prozent



Lohmeyer



**Abb. 4.3**

10113-20-01

Planfall 2026  
(Verkehrszahlen 2030)  
Durchschnittliche Verkehrsstärke  
DTV<sub>Mo-So</sub> in Kfz pro Tag / SV >3.5 t  
in Prozent



Lohmeyer

Die verwendeten Bebauungstypen sind für alle Fälle identisch. Die verwendeten Bebauungstypen sind für den Prognose-Nullfall 2026 in **Abb. 4.4** und für den Planfall 2026 in **Abb. 4.5** 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).

Auf Grund des Ausbaues der Trockentalstraße im Planfall kommt es in einigen Straßenabschnitten zur Veränderung des Bebauungstyps. Durch den Ausbau als 3- bzw. 4-streifige Straße wird die Straße in nordöstliche Richtung verschoben. Dies hat zur Folge, dass Gebäude wegfallen. Durch die Veränderungen der Straßenbreite und Gebäudekonstellation verändern sich das Gebäudehöhen- zu Straßenschluchtbreite-Verhältnis und die Lückigkeit im Planfall, was zur Veränderung des Bebauungstyps in manchen Straßenabschnitten führt.

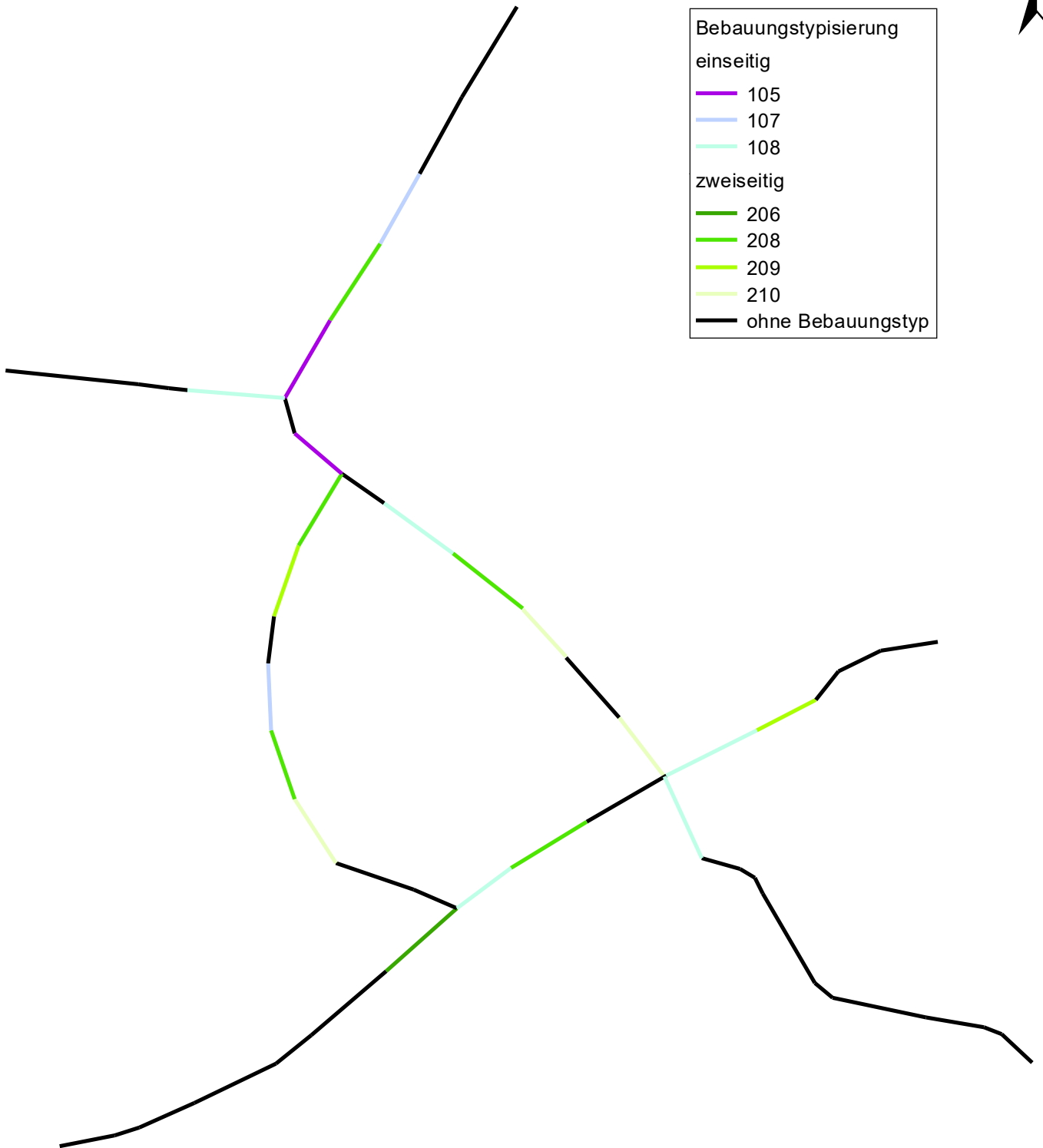
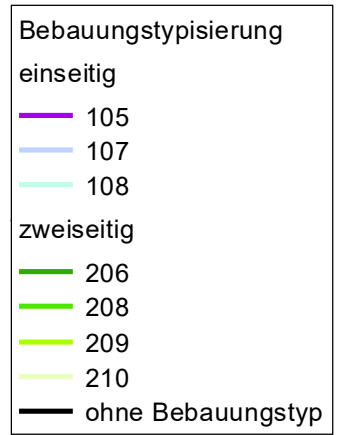
Der geplante Lärmschutz entlang der Trockentalstraße wurde entsprechend der schalltechnischen Untersuchung für den Planfall übernommen. Die nördliche Lärmschutzwand (Stützwand inklusive Lärmschutzwand) erstreckt sich von Bau-km 0+027 bis 0+136 mit einer Länge von 109 m und einer Gesamthöhe von 4.0 bis 5.0 m.

#### 4.4 Meteorologische Daten

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

Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die Daten aus METEOKART<sup>GIS</sup> für das Untersuchungsgebiet (Trockentalstraße, Plauen) direkt ausgelesen (**Abb. 4.6**).

Damit ist es möglich, die topografische Gegebenheit und die aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet mit zu berücksichtigen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt bei einer Anemometerhöhe von 10 m 2.8 m/s. Die häufigsten Windrichtungen liegen im Süden bis Südwesten, ein sekundäres Maximum tritt in nördlicher bis nordöstlicher Richtung auf.



**Abb. 4.4**









10113-20-01

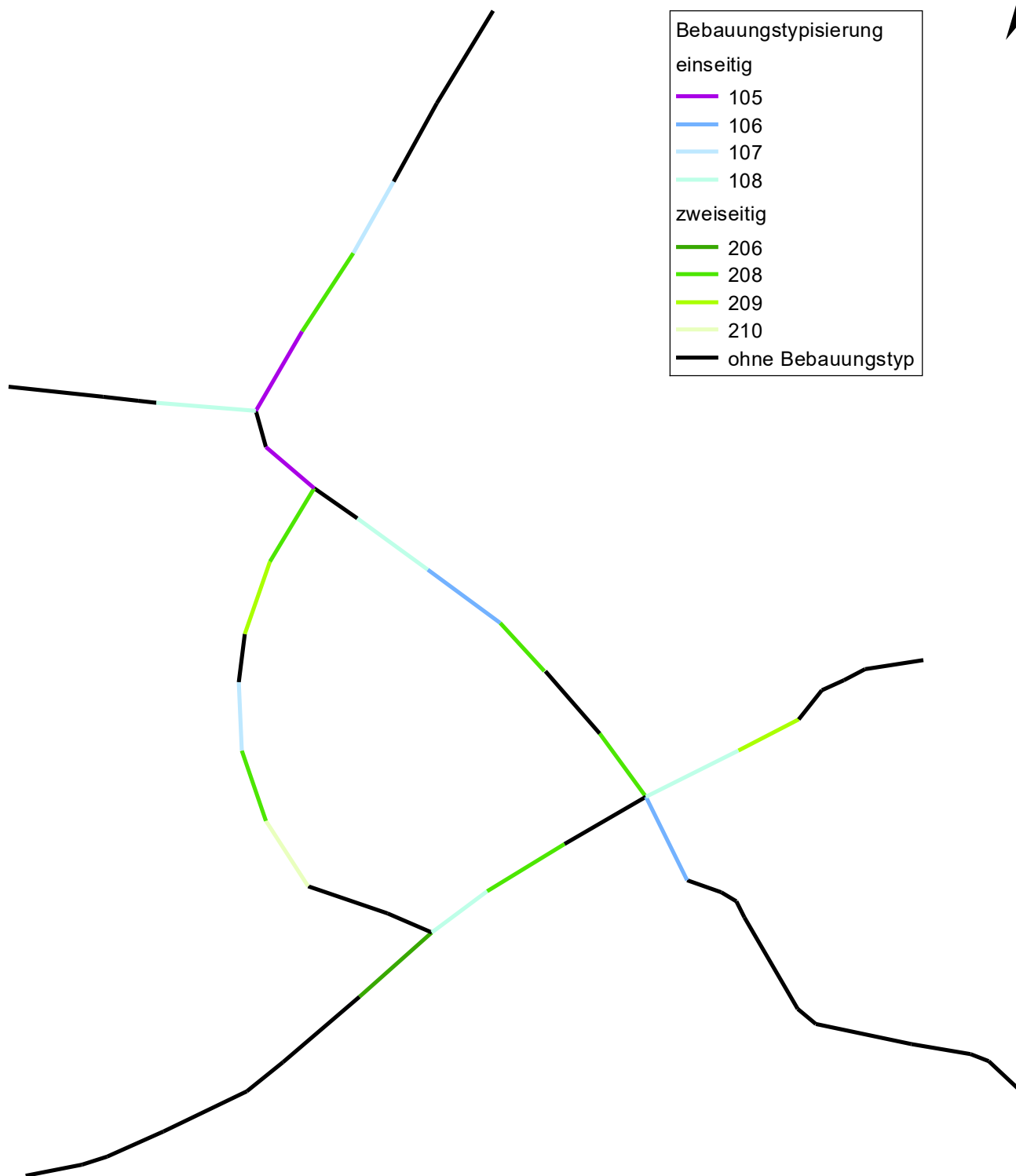
Prognose-Nullfall 2026  
Bebauungssituation



Lohmeyer



Bebauungstypisierung	
einseitig	
	105
	106
	107
	108
zweiseitig	
	206
	208
	209
	210
	ohne Bebauungstyp



0 125 250  
Meter

**Abb. 4.5**

10113-20-01

Planfall 2026  
Bebauungssituation



Lohmeyer

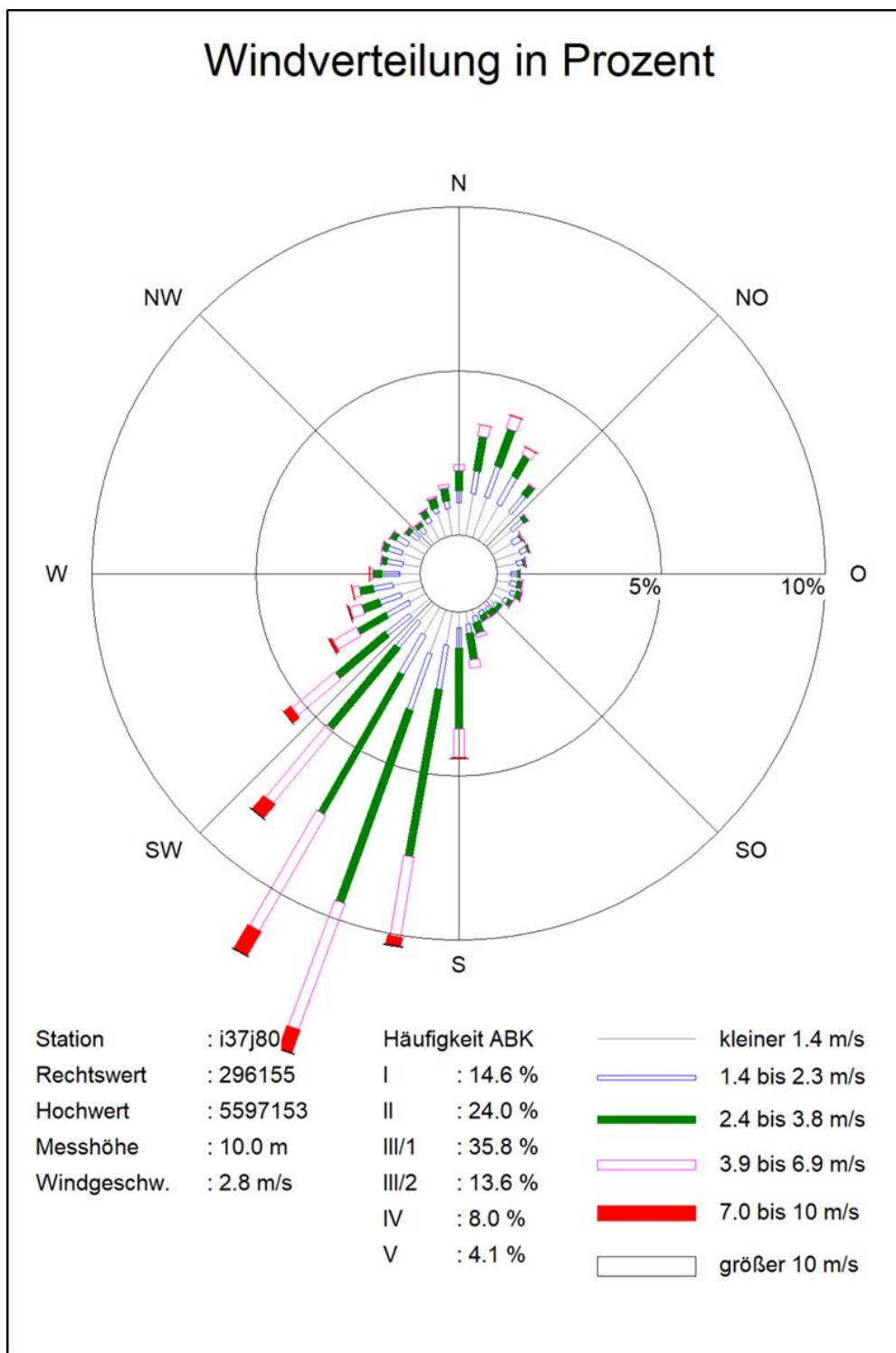


Abb. 4.6: Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik für den Untersuchungsstandort auf Basis prognostischer Windfeldmodellierungen aus dem METEOKART<sup>GIS</sup>-System. Quelle: LfUG (2007)

Zusätzlich zur Wind- und Ausbreitungsstatistik existiert in der näheren Umgebung eine meteorologische Station des DWD, an der u. a. Temperaturen gemessen werden. Die Station Plauen ist ca. 1 km südlich vom Untersuchungsgebiet gelegen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2010–2019) werden dort im Mittel 8.9°C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

#### 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 NO<sub>2</sub>-Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells (siehe Anhang A2), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub> benötigt.

In den vorangegangenen Gutachten (Lohmeyer, 2014, 2016 und 2018) wurden in Absprache mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG, 2014) aus Mittelwerten für die Jahre 2008 bis 2012 für die Trockentalstraße für das Jahr 2015 Hintergrundbelastungen angesetzt. Nach Rücksprache mit dem LfULG (2018 und 2020) ist für NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> eine Reduzierung von 2 % pro Jahr bis 2020 anzusetzen, dann aber konstant zu lassen. Für O<sub>3</sub>, PM10 und PM2.5 werden diese Hintergrundbelastungen für das Jahr 2026 unverändert angesetzt.

Zusammenfassend sind die verwendeten Hintergrundbelastungswerte für das Bezugs- und das Prognosejahr in **Tab. 4.1** aufgezeigt.



Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Bezugsjahr 2015	Bezugsjahr 2020	Prognosejahr 2026
NO <sub>2</sub>	19	17	17
NO <sub>x</sub>	28	25	25
O <sub>3</sub>	55	55	55
PM10	19	19	19
PM2.5	13	13	13

Tab. 4.1: Hintergrundbelastung im Bezugs- (2015 und 2020) und Prognosejahre (2026)

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 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 auszubauenden Trockentalstraße 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 Prognose-Nullfall und Planfall deshalb mit Prognose-Nullfall 2026 bzw. Planfall 2026 beschrieben. Dabei liegen aber dennoch die Verkehrszahlen des Prognosejahres 2030 zu Grunde.

### 5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der aus der Station Plauen ermittelten langjährigen Jahresmitteltemperatur. Die Ermittlung des Mittelwertes wird unter Berücksichtigung des Abschneidekriteriums der Temperaturkurve entsprechend HBEFA und gewichtet nach dem Verkehrstagesgang verwendet.

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 Abgaskgrenzwerten (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<sub>x</sub> 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-HVS50	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, flüssiger Verkehr
IOS-HVS50d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50s	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau

### 5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

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

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

### 5.4 Berechnung der Emissionsfaktoren für größere Streckenlängsneigungen

In HBEFA 4.1 werden Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von der Streckenlängsneigung bis zu einer Neigung von max. 6 % ausgewiesen. Die Trockentalstraße und Siegener Straße weist jedoch Steigungen von bis zu 8 % auf.

Entsprechend der VDI 3782 Blatt 7 können für Längsneigungen zwischen 6 % und 10 % sowie zwischen -6 % und -10 % nach Verkehrsart (Leichtverkehr, Schwerverkehr) Emissionsfaktoren durch Extrapolation berechnet werden. Dies wurde hier entsprechend für 8 % durchgeführt.

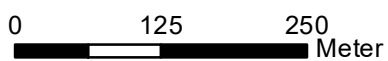
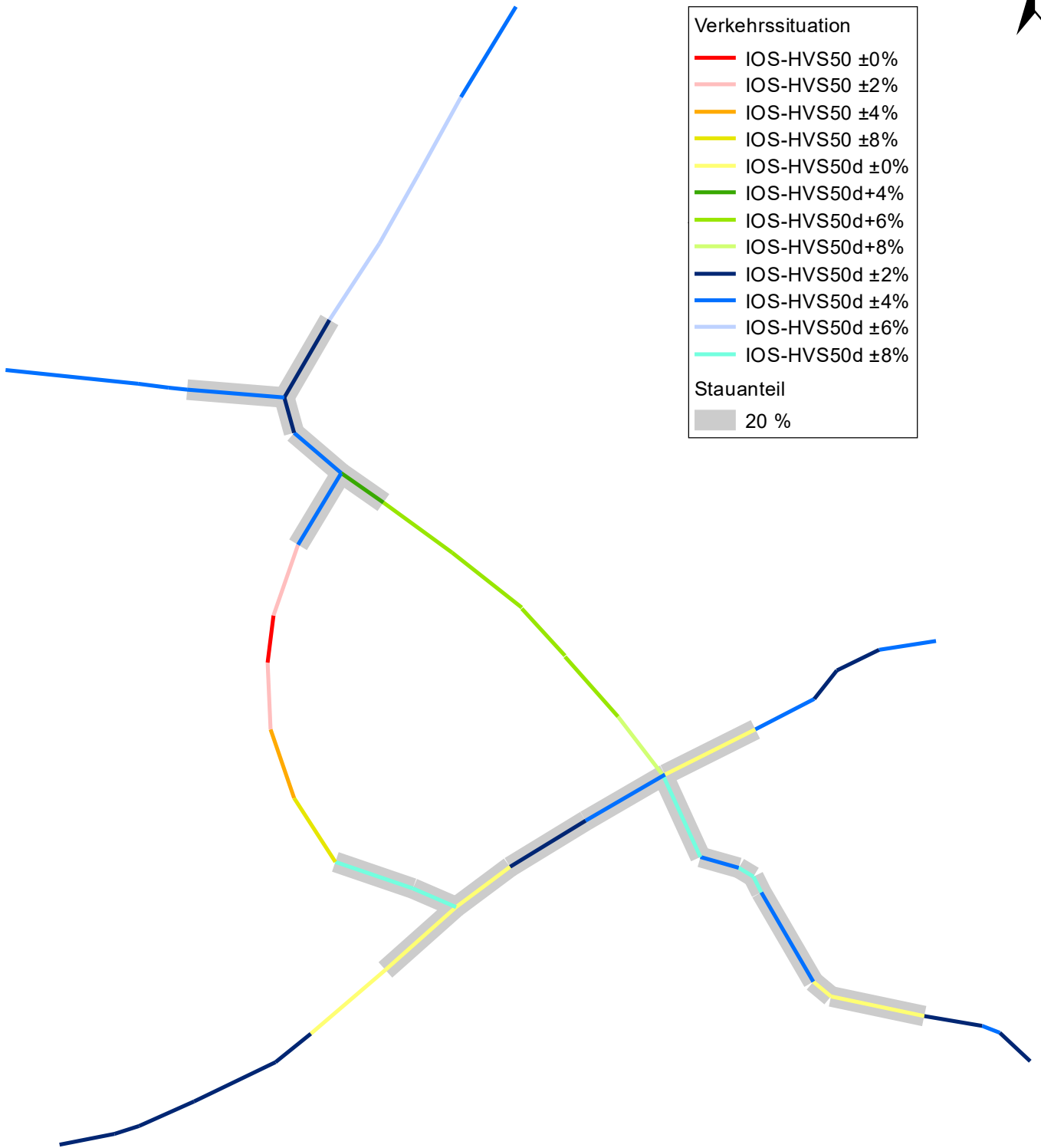
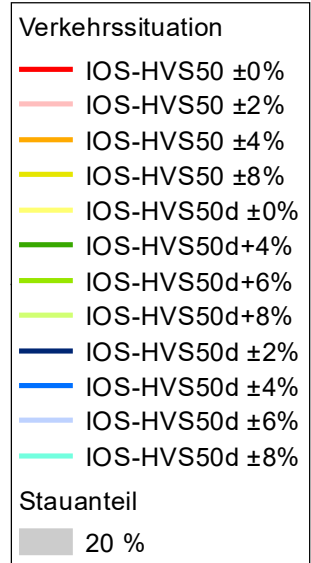
Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in mg/km							
Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2</sub> (direkt)		NO <sub>x</sub>		PM10 (mit Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (mit Abrieb und Aufwirbelung)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	±0 %	58	453	202	1 864	31	130	20	85
IOS-HVS50	±2 %	59	547	206	2 161	31	130	20	85
IOS-HVS50	±4 %	68	325	232	1 360	31	130	21	85
IOS-HVS50	±8 %	103	281	338	1 227	31	131	21	86
IOS-HVS50d	±0 %	73	496	250	2 066	38	378	21	88
IOS-HVS50d	±2 %	76	466	259	1 924	38	378	21	88
IOS-HVS50d	±4 %	83	377	279	1 580	38	378	21	88
IOS-HVS50d	±6 %	96	339	320	1 454	39	380	22	90
IOS-HVS50d	±8 %	113	339	373	1 454	39	381	22	92
IOS-HVS50d	+4 %	120	436	396	1 869	39	388	22	99
IOS-HVS50d	+6 %	153	461	496	2 027	40	393	23	104
IOS-HVS50d	+8 %	188	526	607	2 359	41	397	24	107
IOS-HVS50s	±0 %	96	1 502	325	5 972	51	1 249	22	117
IOS-HVS50s	±2 %	98	1 482	330	5 892	51	1 249	22	117
IOS-HVS50s	±4 %	103	1 434	346	5 696	51	1 249	22	117
IOS-HVS50s	±6 %	124	1 316	412	5 254	51	1 249	23	117
IOS-HVS50s	±8 %	135	1 359	446	5 496	52	1 263	23	131
IOS-HVS50s	+4 %	58	453	202	1 864	31	130	20	85

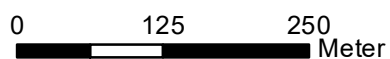
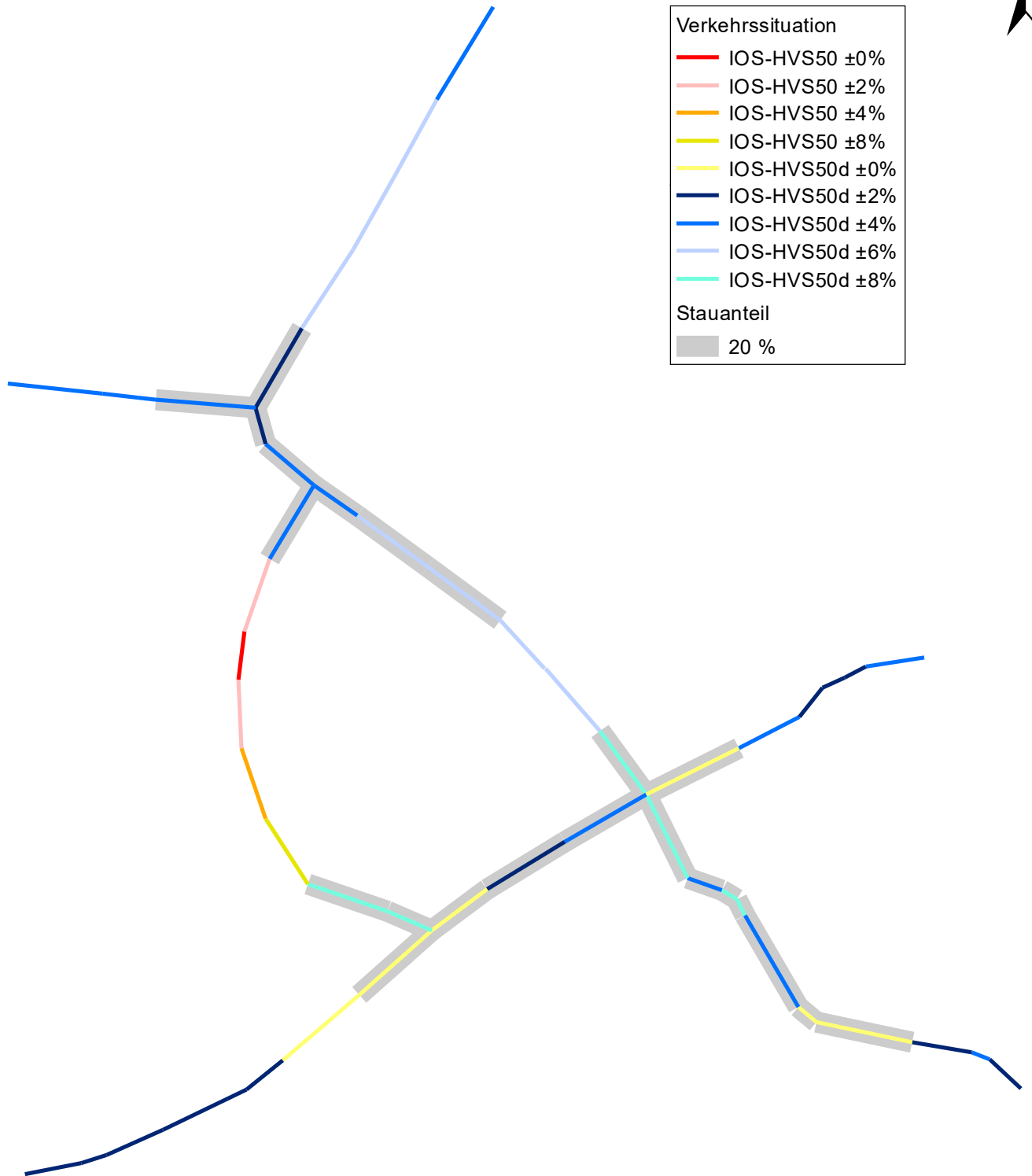
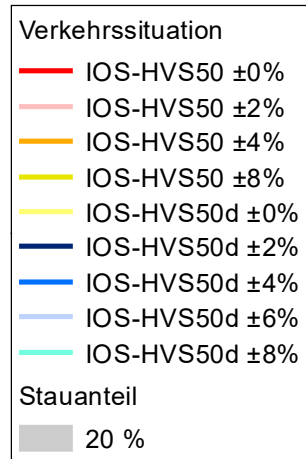
Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2026

## 5.5 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO<sub>x</sub>, 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 Prognose-Nullfall 2026 in **Abb. 5.1** und für den Planfall 2026 in **Abb. 5.2** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzten sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2)





und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

Demzufolge bedeutet eine blau gezeichnete durchgezogene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.1** bis **Abb. 5.2**) eine Verkehrssituation IOS-HVS50 mit dichtem Verkehr und einer Längsneigung >0 %.

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

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

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt der Trockentalstraße die Verkehrskennzahlen und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Des Weiteren sind die Emissionsdichten von NO<sub>x</sub>, PM10, PM2.5 für das Straßennetz der Berechnungsfälle im Anhang A3 dargestellt.

DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %	Verkehrssituation	NO <sub>2</sub> , direkt in mg/(m s)	NO <sub>x</sub> in mg/(m s)	PM10 in mg/(m s)	PM2.5 in mg/(m s)
<b>Prognose-Nullfall 2026</b>						
8 250	4	IOS-HVS50d+6	0.01576	0.05322	0.00518	0.00251
<b>Planfall 2026</b>						
16 000	4.5	IOS-HVS50d_6	0.01978	0.06863	0.00998	0.00456

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Trockentalstraße zwischen Seminarstraße und Seestraße



## 6 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen - 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- 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): PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2020): [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/Datenquellen\\_TopPlus\\_Open.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf), bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzel, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. Atmospheric Environment 37 (2003).
- 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 Reichenbacher, 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.
- LfUG (2007): Nutzungsvertrag METEOKART GIS zwischen Sächsischem Landesamt für Umwelt und Geologie und Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Aktenzeichen 23-8822.00/13.
- LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden (2014): Persönliche Mitteilung zur Hintergrundbelastung, E-Mail vom 28.04.2014 von Hr. Wolf an Fr. Nitzsche.
- LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden (2018): Persönliche Mitteilung zur Hintergrundbelastung. E-Mail vom 05.09.2018 von Hr. Wolf an Fr. Nitzsche.
- LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden (2020): Persönliche Mitteilung zur Hintergrundbelastung, E-Mail vom 16.12.2020 von Hr. Wolf an Fr. Nitzsche.
- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO<sub>2</sub>-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 (2014): Unterlage 17.4.1 Erläuterungsbericht zur lufthygienischen Untersuchung B 92 Ausbau in Plauen Trockentalstraße. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71038-14-01, Mai 2014. Auftraggeber: LaSuV, Plauen.
- Lohmeyer (2016): Unterlage 17.4.1 Erläuterungsbericht zur lufthygienischen Untersuchung B 92 Ausbau in Plauen Trockentalstraße, Aktualisierung. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71038-14-01, Juni 2016. Auftraggeber: LaSuV, Plauen.
- Lohmeyer (2018): Unterlage 17.4.1 Erläuterungsbericht zur lufthygienischen Untersuchung B 92 Ausbau in Plauen Trockentalstraße, Aktualisierung. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71545-18-01, Oktober 2018. Auftraggeber: LaSuV, Plauen.
- 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](http://www.lanuv.nrw.de).
- PTV Group (2018): B 92, Ausbau in Plauen, Trockentalstraße – Prognose 2030 „Datenbereitstellung erfolgt auf Grundlage der verkehrsplanerischen Untersuchung „B92 Ausbau in Plauen, Trockentalstraße-Prognose 2030 vom 16.03.2018“. 24.08.2018.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-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).
- Stadt Plauen (2014): Angaben zu den Gebäuden und deren Geschosshöhen, Stadt Plauen, persönliche E-Mail von Hr. Ullmann an Fr. Nitzsche vom 22.04.2014.
- TREMOT (2010): TREMOT – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1. (HBEFA 4.1) (aktualisierte Version vom 03.11.2019). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- 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.

**A N H A N G A1:**  
**BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN**  
**AN KFZ-STRASSEN**

## A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

### A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide ( $\text{NO}_x$  als Summe von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), 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  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  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 PM10-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 <sub>2</sub>	Stundenmittelwert	200 µg/m <sup>3</sup> maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO <sub>2</sub>	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m <sup>3</sup> maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m <sup>3</sup>	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m <sup>3</sup>	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 PM<sub>2.5</sub>-Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup> 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<sub>2.5</sub>-Exposition von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-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<sub>2.5</sub>-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20 %, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m<sup>3</sup> 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<sub>2.5</sub>-Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden.

**A N H A N G A2:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR**  
**IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**



## **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 NO<sub>2</sub> erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2008). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO<sub>2</sub>-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  $\geq 5 \times$  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 Immissionskenngößen 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  $\text{NO}_x$ -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.

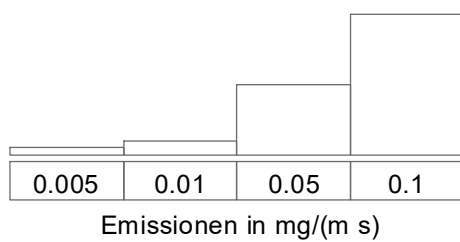
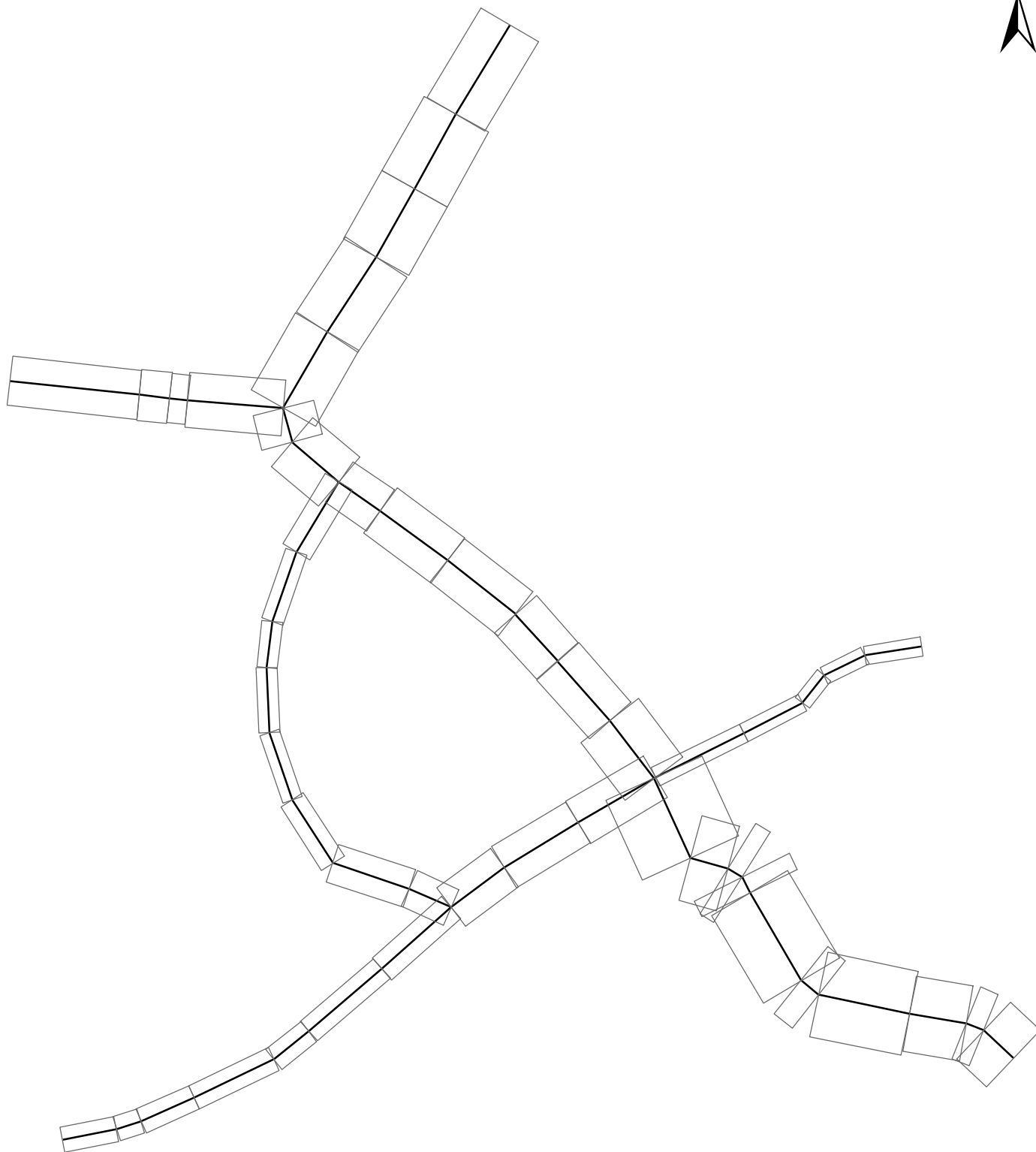
Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese 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 ent-

sprechender 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 Konzentrationskenngößen 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.

**A N H A N G A3:**  
**EMISSIONSABBILDUNGEN**



0 125 250  
Meter

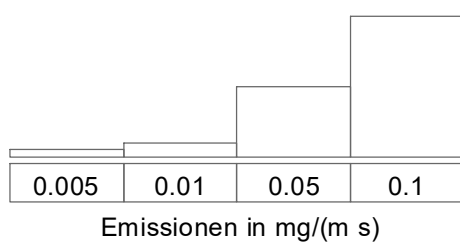
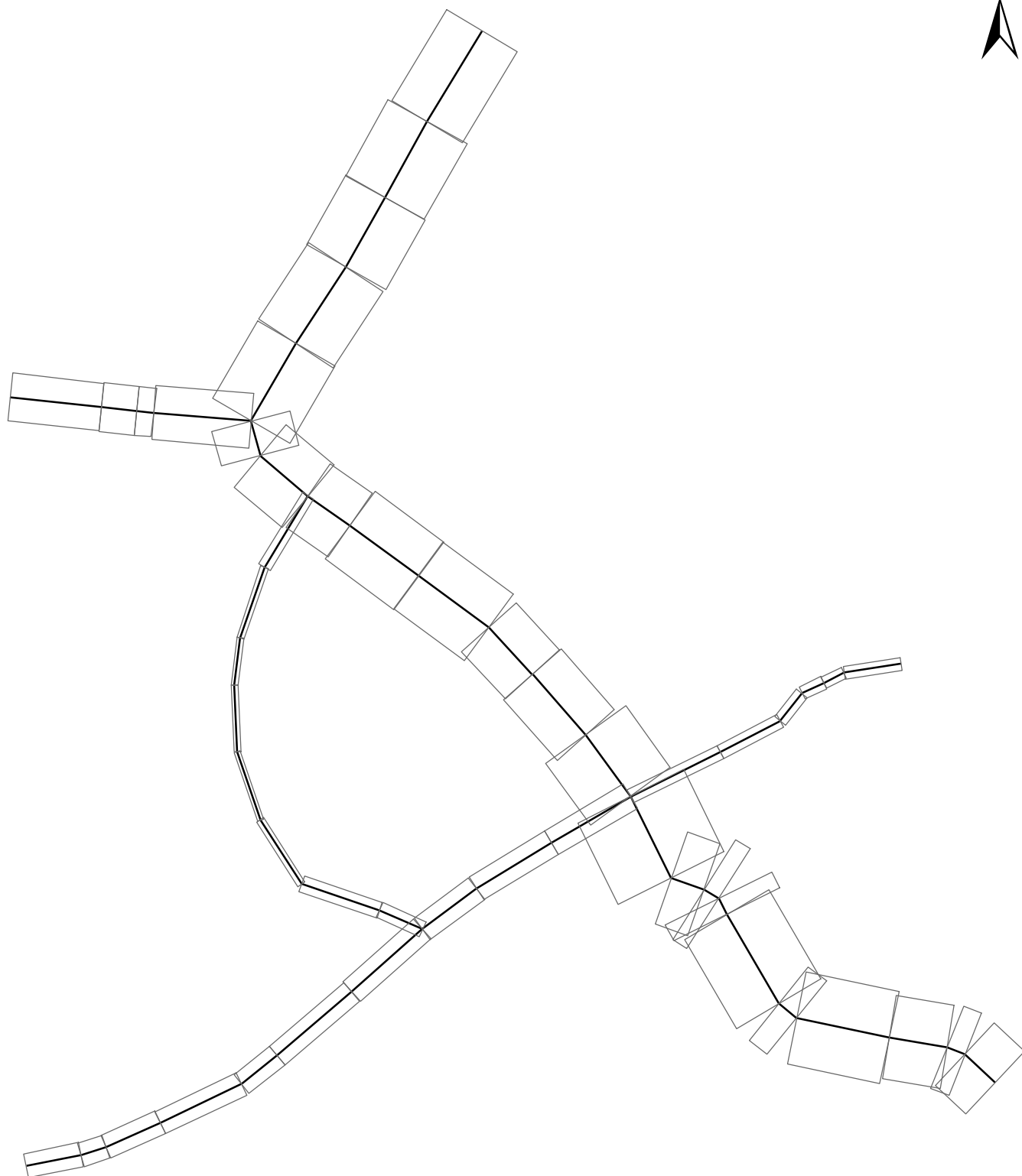
**Abb. A3.1**

10113-20-01

Prognose-Nullfall 2026  
NO<sub>x</sub>-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250  
Meter

**Abb. A3.2**

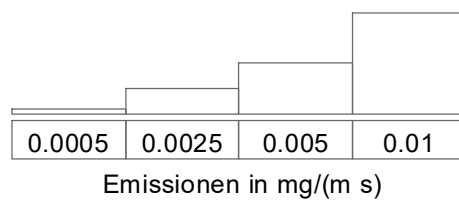
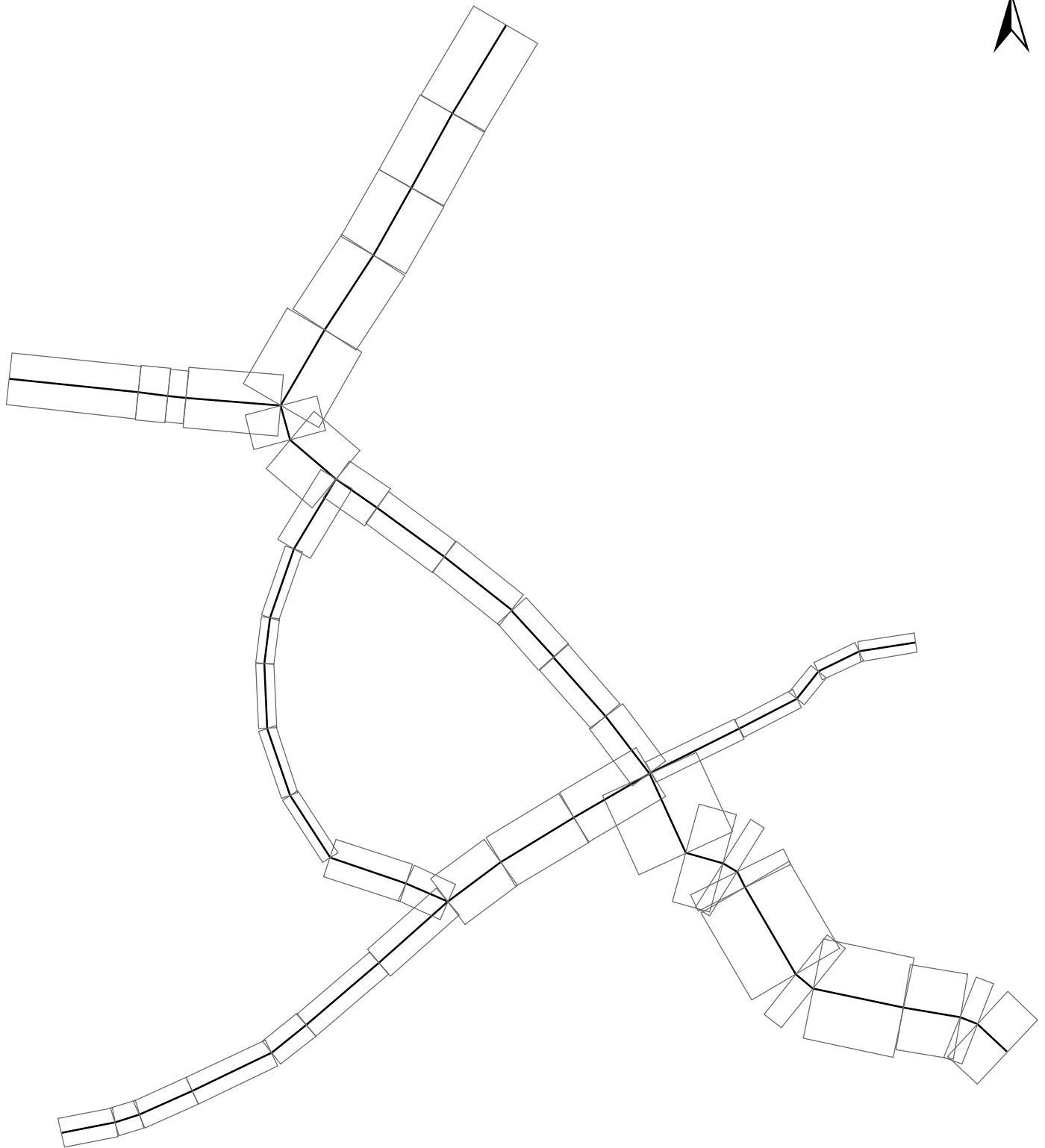
10113-20-01

Planfall 2026  
NO<sub>x</sub>-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer





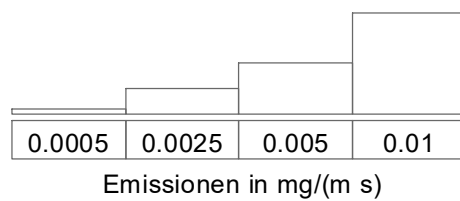
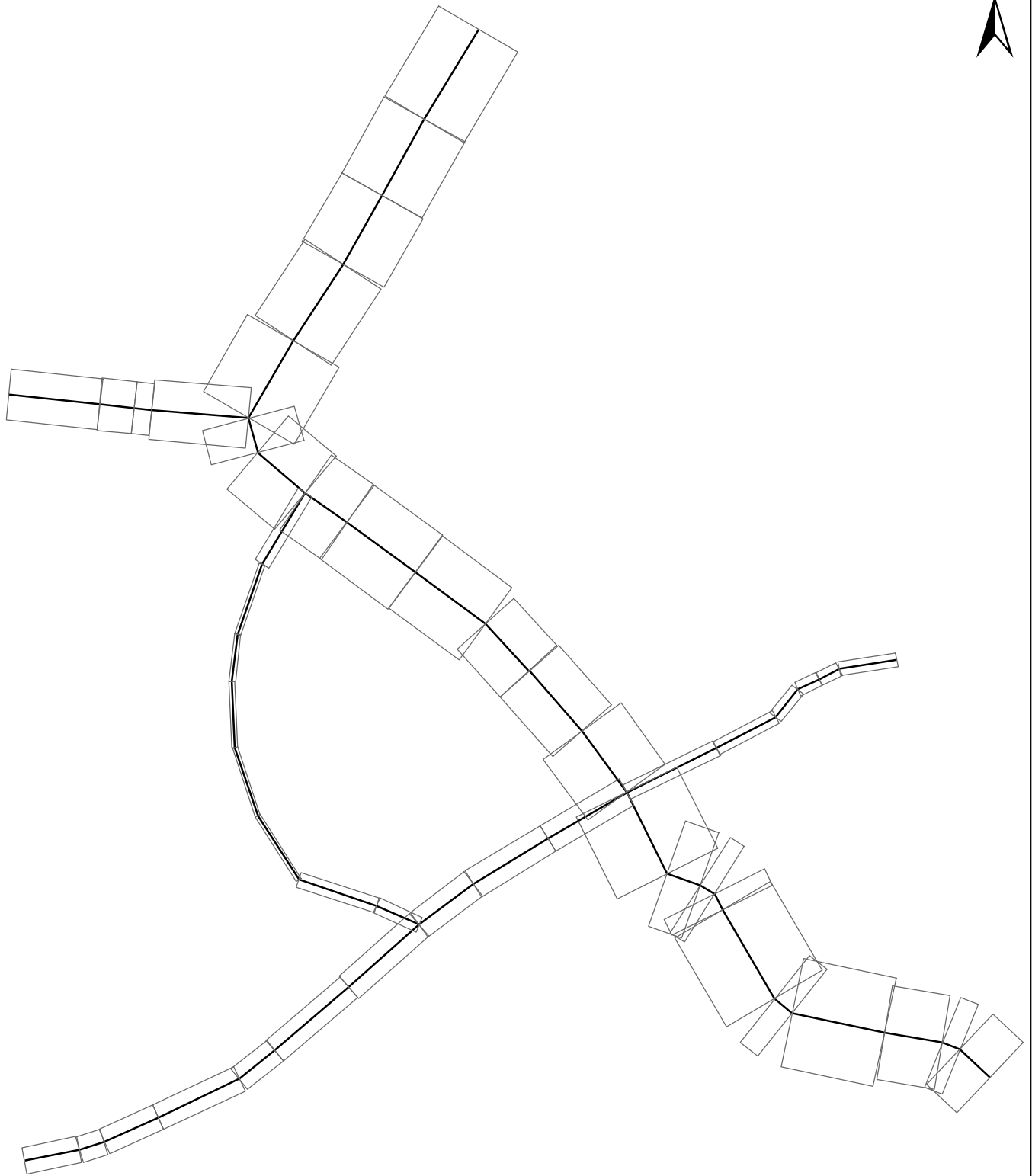
**Abb. A3.3**

10113-20-01

Prognose-Nullfall 2026  
PM10-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



**Lohmeyer**



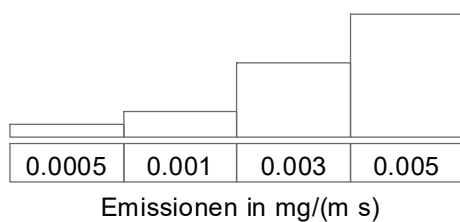
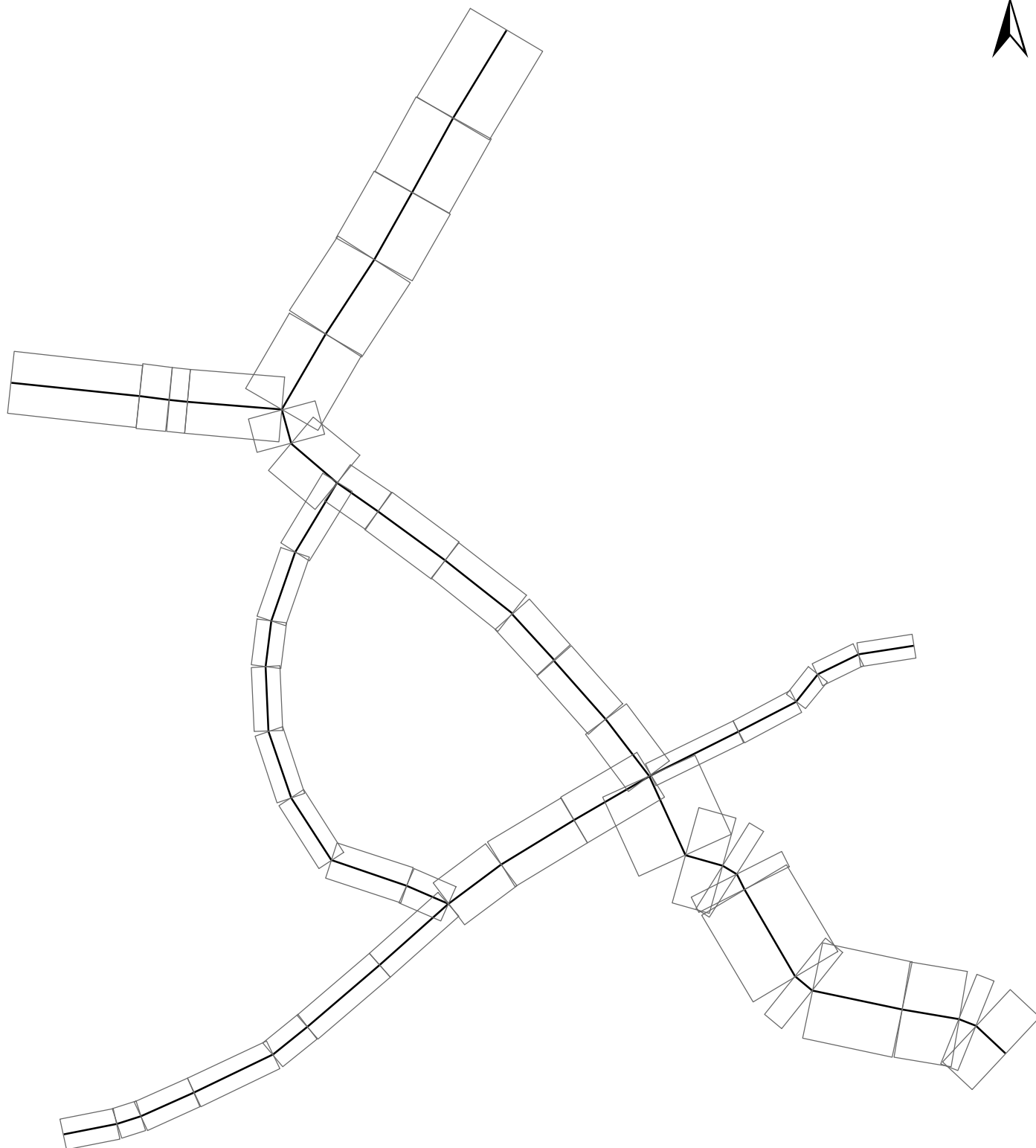
**Abb. A3.4**

10113-20-01

Planfall 2026  
PM10-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



**Lohmeyer**



0 125 250  
Meter

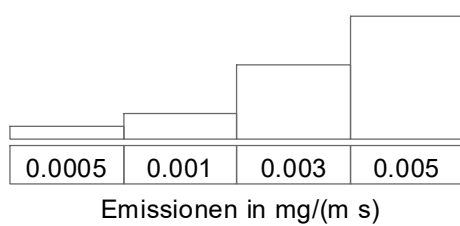
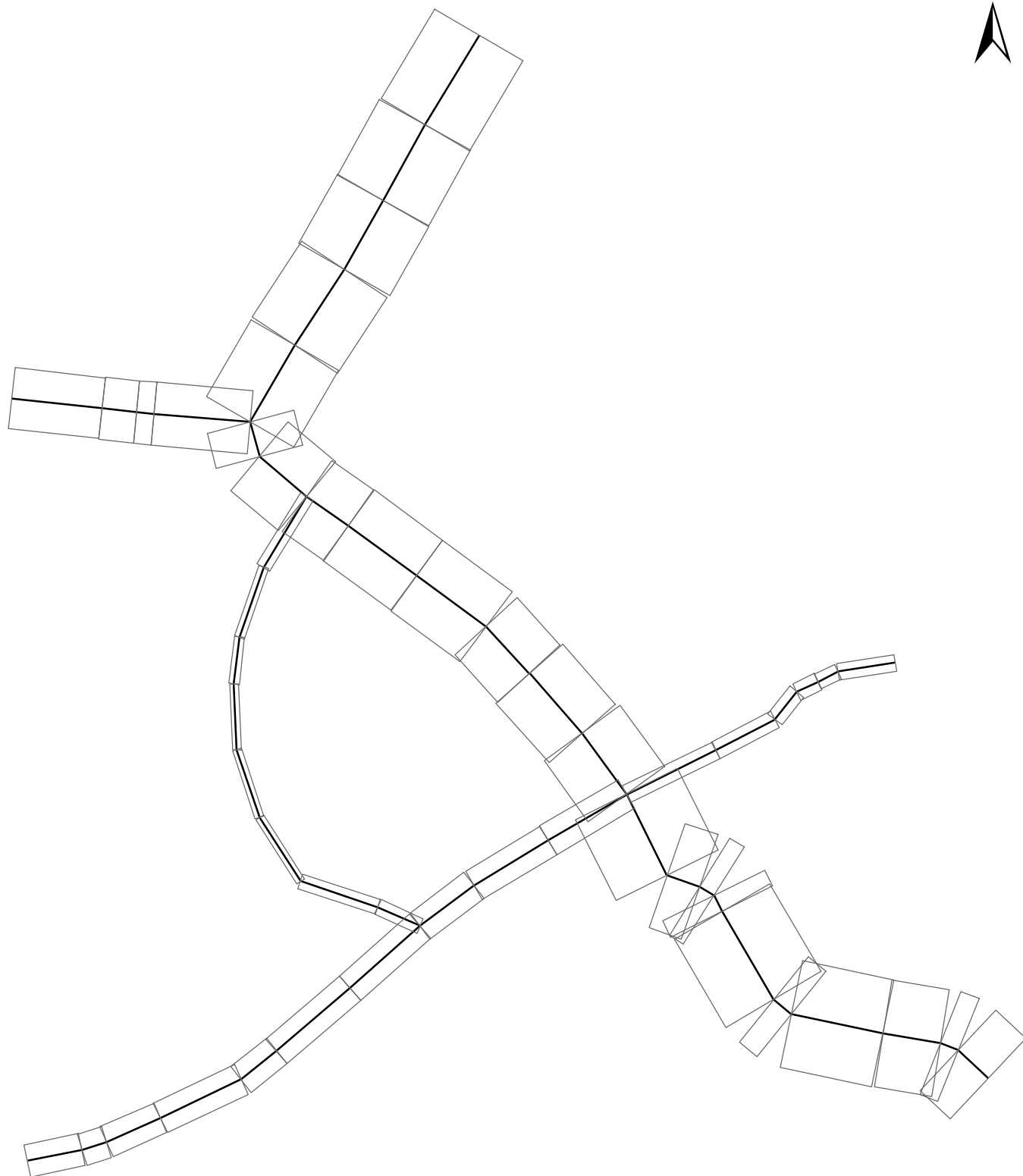
**Abb. A3.5**

10113-20-01

Prognose-Nullfall 2026  
PM2.5-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250  
Meter

**Abb. A3.6**

10113-20-01

Planfall 2026  
PM2.5-Emissionen  
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer