



Lohmeyer

## **ERWEITERUNG FACTORY OUTLET CENTER ZWEIBRÜCKEN, LUFTSCHADSTOFFE**

Auftraggeber:

VIA Outlets Zweibrücken B.V.  
Coolsingel 61, 7th Floor (Right)  
NL-3012 AB Rotterdam  
Niederlande

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH  
Niederlassung Karlsruhe

Dipl.-Geogr. T. Nagel  
M. Sc. met. K. Sokur

Dr.-Ing. Th. Flassak

November 2022  
Projekt 20582-21-01  
Berichtsumfang 73 Seiten

## 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 Berechnungsverfahren .....	7
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	9
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen .....	11
3.4 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation .....	12
<b>4 EINGANGSDATEN</b> .....	<b>13</b>
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	13
4.2 Verkehrsdaten .....	15
4.3 Meteorologische Daten .....	15
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft .....	19
<b>5 EMISSIONEN</b> .....	<b>22</b>
5.1 Betrachtete Schadstoffe .....	22
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	22
5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	22
5.4 Emissionen auf den Stellplatzanlagen .....	29
5.5 CO <sub>2</sub> -Bilanz .....	30
<b>6 ERGEBNISSE</b> .....	<b>32</b>
6.1 Stickstoffdioxid.....	32
6.2 Feinstaub PM <sub>10</sub> .....	36
6.3 Feinstaub PM <sub>2.5</sub> .....	39
<b>7 ERGEBNISSE HINSICHTLICH DES SCHUTZES DER VEGETATION</b> .....	<b>42</b>
7.1 Stickoxidimmissionen .....	42
7.2 Stickstoffdeposition.....	46

---

<b>8 QUELLEN .....</b>	<b>52</b>
8.1 Literatur .....	52
8.2 Materialien und Unterlagen.....	56
<b>A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>58</b>
<b>A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>62</b>
<b>A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE .....</b>	<b>68</b>

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (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 Immissionskenngößen 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 PM10-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 / PM10 / PM2.5**

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

### **NO<sub>x</sub> zum Schutz der Vegetation**

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Bei Zweibrücken ist die Erweiterung des Factory Outlet Centers in Planung. Dafür waren u. a. Aussagen zu den Auswirkungen auf die durch den Kfz-Verkehr freigesetzten Luftschadstoffe im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und eine Beurteilung nach 39. BImSchV erforderlich. Zu betrachten war der Planfall mit geplanter Erweiterung und, um Be- und Entlastungseffekte aufzeigen zu können, der Prognosenullfall ohne bauliche Änderungen. In der weiteren Umgebung des Factory Outlet Centers sind ausgewiesene Vegetationsflächen (FFH-Gebiete) gelegen, die als empfindlich gegenüber luftseitigem Stickstoffeintrag eingestuft sind. Für diese Vegetationsflächen waren die verkehrsbedingten Stickstoffeinträge zu prognostizieren. Ergänzend waren Aussagen zur verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Freisetzung für den Planfall auszuarbeiten.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den bestehenden Straßen mit dem Straßennetzmodell PROKAS betrachtet. Aus den übergebenen Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.2, Stand 2022) für das Bezugsjahr 2023 und der entsprechenden Kfz-Flottenzusammensetzung die Emissionen auf allen Straßenabschnitten für den Prognosenullfall, d. h. dem Straßennetz ohne bauliche Änderungen, und den Planfall mit geplanter Erweiterung des Factory Outlet Centers berechnet. Die Ausbreitungsrechnungen wurden unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung durchgeführt.

Für den Prognosenullfall sind die höchsten NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen entlang der bestehenden Autobahn A 8 mit NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 28 µg/m<sup>3</sup> am Fahrbahnrand prognostiziert. Entlang der L 480 von der Anschlussstelle bis zum Factory Outlet Center sind aufgrund von Überlagerungswirkungen der verkehrsbedingten Freisetzung der A 8, der L 480 sowie der Kreisverkehre flächig NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 24 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der Europa Allee (L 700) westlich des Factory Outlet Centers und im Bereich der bestehenden Stellplatzanlagen des Factory Outlet Centers sind NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 17 µg/m<sup>3</sup>, nahe des nördlichen Kreisverkehrs bis 20 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. An der zum Factory Outlet Center und den zuführenden Straßen nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung sind im Prognosenullfall NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen unter 17 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV

für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2023 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten.

Auch im Planfall werden die deutlichsten NO<sub>2</sub>-Immissionen entlang der Autobahn A 8 mit Konzentrationen bis 28 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der L 480 von der Anschlussstelle bis zum Factory Outlet Center sind flächig NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 24 µg/m<sup>3</sup> mit geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall berechnet. Entlang der Europa Allee (L 700) westlich des Factory Outlet Centers und im Bereich der Stellplatzanlagen sind NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 17 µg/m<sup>3</sup>, nahe des nördlichen Kreisverkehrs bis 20 µg/m<sup>3</sup> mit geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall ermittelt; das trifft auch auf Abschnitte der L 700 südlich des Factory Outlet Centers zu. An der zum Factory Outlet Center und den zuführenden Straßen nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung sind auch im Planfall mit Erweiterung des Factory Outlet Centers NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen unter 17 µg/m<sup>3</sup> bei geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Planfall im Bezugsjahr 2023 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten.

Die höchsten PM<sub>10</sub>-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall entlang der bestehenden Autobahn A 8 mit PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerten bis 16 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Entlang der L 480 und der L 700 sind am Fahrbahnrand überwiegend mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM<sub>10</sub>-Konzentrationen ermittelt.

Auch im Planfall werden die deutlichsten PM<sub>10</sub>-Immissionen entlang der Autobahn A 8 mit Konzentrationen bis 16 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der L 480 und der L 700 sind auch im Planfall am Fahrbahnrand überwiegend mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM<sub>10</sub>-Konzentrationen ermittelt; die Änderungen der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte gegenüber dem Prognosenullfall sind als gering zu bezeichnen.

Damit sind im Planfall und im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung und innerhalb des Betrachtungsgebietes PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte prognostiziert, die den geltenden Grenzwert der 39. BImSchV für PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> und den Schwellenwert von 29 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel zur Ableitung der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitbelastung (mehr als 35 Tage pro Jahr mit PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerten über 50 µg/m<sup>3</sup>) im Betrachtungsgebiet deutlich unterschreiten.

Für PM2.5-Jahresmittelwerte werden der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV und der Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2023 im Untersuchungsgebiet deutlich unterschritten.

Die Berechnungen für die FFH-Flächen und das Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide ergeben, dass für NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte der kritische Wert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel im Prognosenullfall und im Planfall 2030 unterschritten wird.

Im Planfall 2030 sind in den FFH-Flächen und in dem Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide nahe der A 8 nur geringe Zunahmen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge unter 0.3 kg/(ha\*a) berechnet.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für das lokale Straßennetz beim Factory Outlet Center ergibt für den Planfall 2030 eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung von ca. 21 728 Tonnen pro Jahr. Das entspricht gegenüber dem Prognosenullfall einer verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Zunahme um 1.2% auf dem lokalen Straßennetz und kann für das lokale Straßennetz als Verzögerung des Erreichens des Minderungsziel des Klimaschutzgesetzes (KSG, 2019) um weniger als 4 Monate aufgefasst werden.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Bei Zweibrücken ist die Erweiterung des Factory Outlet Centers in Planung. Dafür sind u. a. Aussagen zu den Auswirkungen auf die durch den Kfz-Verkehr freigesetzten Luftschadstoffe im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und eine Beurteilung nach 39. BIm-SchV erforderlich. Zu betrachten sind der Planfall mit geplanter Erweiterung und, um Be- und Entlastungseffekte aufzeigen zu können, der Prognosenullfall ohne bauliche Änderungen.

In der weiteren Umgebung des Factory Outlet Centers sind ausgewiesene Vegetationsflächen (FFH-Gebiete) gelegen, die als empfindlich gegenüber luftseitigem Stickstoffeintrag eingestuft sind. Für diese Vegetationsflächen sind die verkehrsbedingten Stickstoffeinträge zu prognostizieren.

Ergänzend sind Aussagen zur verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Freisetzung für den Planfall auszuarbeiten.

### 3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie hoch die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung sind. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v. a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO<sub>2</sub> und PM10 die 22. BImSchV (2007) ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel (PM10, PM2.5). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO<sub>2</sub> und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

Für die Ermittlung des Stickstoffeintrags (N-Deposition) in den Boden von ausgewiesenen Bereichen des FFH-Gebiets werden zusätzlich verkehrsbedingte Emissionen von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) betrachtet.

#### 3.1 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren PROKAS ermöglicht für die Immissionsprognosen die Berücksichtigung des Straßennetzes sowie Stellplatzanlagen und in typisierter Form die Einflüsse von Randbebauung, Lärmschutzbauten und Brückenlagen sowie für das Untersuchungsgebiet repräsentativer Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken.

Auf der Grundlage der durch den 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 unter Berücksichtigung der Informationen des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) bestimmt. 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 werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) 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 Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO<sub>2</sub>-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

Für den Stickstoffeintrag werden die Emissions-, Ausbreitungs- und Depositionsrechnungen unter Berücksichtigung des Stickstoffleitfadens „Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen – H PSE“ (FGSV, 2019) an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Der Stickstoffleitfaden H PSE enthält u. a. die Ergebnisse des Forschungsberichtes der BASt (2013) „Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“. Mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen werden die Luftschadstoffkonzentrationen der Schadstoffe und deren Depositionen in den Boden flächenhaft im Untersuchungsgebiet ermittelt; dabei erfolgt die Bestimmung der Stickstoffdepositionen auf Grundlage der sogenannten Multiplikationsmethode. Damit werden die durch den Straßenverkehr verursachten NO<sub>x</sub>- und NH<sub>3</sub>-Depositionen ermittelt. Für die Aussagen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge in das FFH-Gebiet werden die Ergebnisse entsprechend der Molekularmassen in Stickstoffdepositionen (N-Depositionen) umgerechnet.

Stickstoffverbindungen werden aus der Atmosphäre über nasse Deposition (Regen, Schnee usw.) und trockene Deposition in Ökosysteme eingetragen. Trockene Deposition ist landnutzungsabhängig und meist größer als die nasse Deposition (LAI, 2012). Im Nahbereich einer

Emissionsquelle spielt die nasse Deposition von gasförmigen Luftbeimengungen nur eine untergeordnete Rolle (Bachhiesl et al., 2002). Der Beitrag des Straßenverkehrs an der N-Deposition wird demnach im Nahbereich durch die trockene Deposition bestimmt. Die nasse Deposition wird aus diesem Grund im Folgenden vernachlässigt.

Die trockene Deposition wird mithilfe von Depositionsgeschwindigkeiten berechnet, die abhängig von der lokalen Oberflächenbeschaffenheit sind. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass die Depositionsgeschwindigkeiten für Wiesen und Ackerböden kleiner sind als für Laubwälder. Noch höhere Werte werden für Nadelwälder erwartet (Bachhiesl et al., 2002).

In der Richtlinie VDI 3782 Blatt 5 (2006) werden Depositionsgeschwindigkeiten für NO von 0.05 cm/s und für NO<sub>2</sub> von 0.3 cm/s als großräumiges Mittel (Mesoskala) angegeben. Für NH<sub>3</sub> werden Depositionsgeschwindigkeiten für Wald von 2 cm/s und für Wiesen von 1.5 cm/s angegeben.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die in **Tab. 3.1** angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Landbedeckungsklassen Wald und Wiesen angesetzt. Für NO<sub>x</sub> ergibt sich aus der prognostizierten Konzentration eine Depositionsgeschwindigkeit von 0.24 cm/s.

	<b>NO</b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>
<b>Depositionsgeschwindigkeit Wald in cm/s</b>	0.05	0.3	2.0
<b>Depositionsgeschwindigkeit Wiesen in cm/s</b>	0.05	0.3	1.5

Tab. 3.1: Für die Ausbreitungsrechnungen angesetzte Depositionsgeschwindigkeiten

Diese werden hier für vegetationsbestandene Landnutzungsarten angewendet, wobei im Bereich des FFH-Gebietes vorwiegend Wald- und in Teilbereichen Wiesenbestände vorherrschen. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

### 3.2 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  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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.

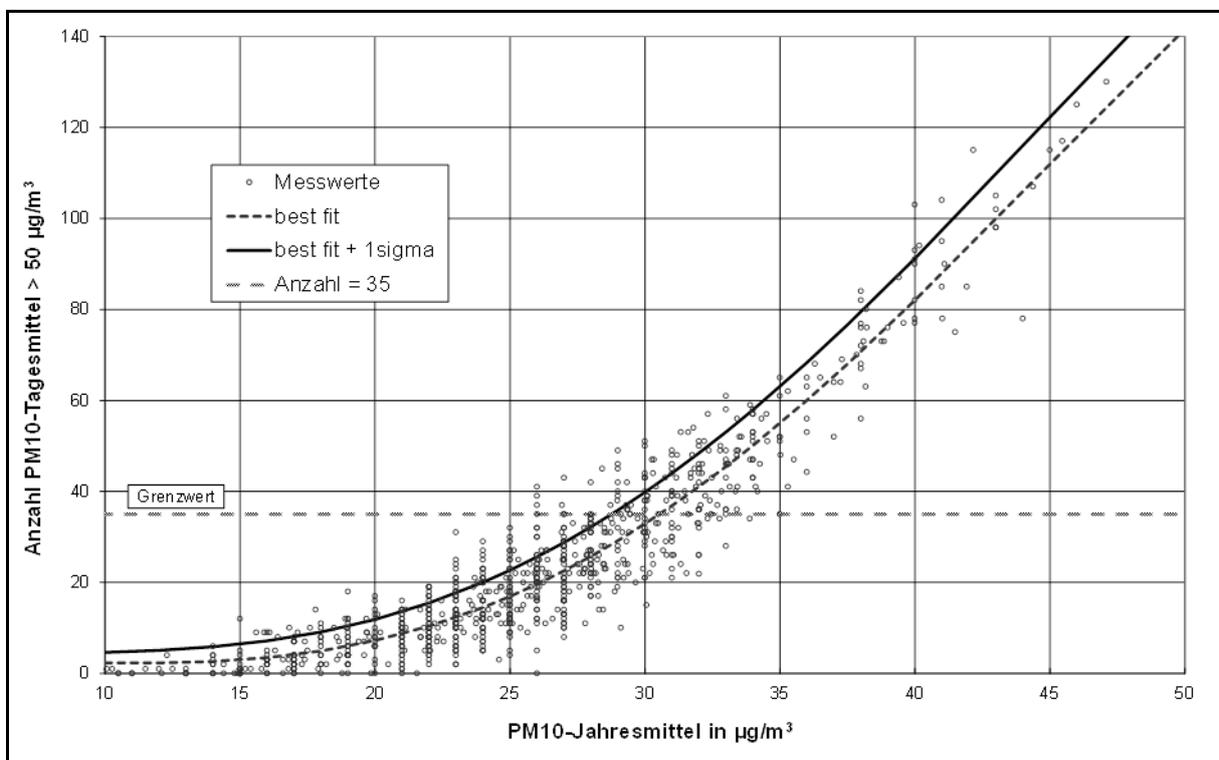


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als  $50 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$  im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem

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

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

### 3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.2** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Kfz-Abgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

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	
PM2.5	Richtgrenzwert ab 2020	20	

Tab. 3.2: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010) sowie Richtgrenzwert PM2.5 entsprechend EU-Luftqualitätsrichtlinie

### **3.4 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation**

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO<sub>x</sub> ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel angeführt. Die Anwendung dieses kritischen Wertes zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptverkehrsstraßen mit einem DTV über 50 000 Kfz/24h entfernt sind. Daneben gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte für Stickstoffeinträge zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen.

## 4 EINGANGSDATEN

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

Für das Untersuchungsgebiet wurden die im Abschnitt 8.2 aufgeführten, durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen herangezogen. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, meteorologischen Daten und Schadstoffhintergrundbelastung werden in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 erläutert.

### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Factory Outlet Center befindet sich südöstlich von Zweibrücken und südlich der Autobahn A 8. Die verkehrliche Anbindung erfolgt über die Landesstraße L 480 und die Anschlussstelle Contwig an die Autobahn A 8. Eine weitere Erschließung erfolgt über die von Süden nach Norden verlaufende Landesstraße L 700 bzw. Europa Allee westlich des Factory Outlet Centers.

Das Factory Outlet Center weist eine Stellplatzanlage mit insgesamt ca. 2 590 Stellplätzen auf. Davon sind ca. 430 Stellplätze westlich des Centers an der Europa Allee und ca. 360 Stellplätze östlich des Centers an der Barriestraße angeordnet. Der überwiegende Anteil der Stellplätze befindet sich nördlich des Centers und südlich der L 430 mit einer zentralen Zufahrt über den nördlich gelegenen Kreisverkehr sowie Zufahrten über die Europa Allee sowie die Barriestraße. Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in **Abb. 4.1** dargestellt.

Die Planungen sehen eine bauliche Erweiterung des Factory Outlet Centers in südlicher Richtung vor, ergänzt um eine zusätzliche Stellplatzanlage mit ca. 880 Stellplätzen südlich des Factory Outlet Centers.

Die zusätzlich zu berücksichtigenden FFH-Flächen befinden sich ca. 2 km östlich des Factory Outlet Centers im Nahbereich der A 8, d. h. nördlich und südlich der A 8.

Die Lage der FFH-Flächen wird in Kapitel 7 behandelt und ist dort in **Abb. 7.1** grün dargestellt.



## 4.2 Verkehrsdaten

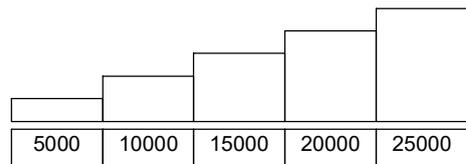
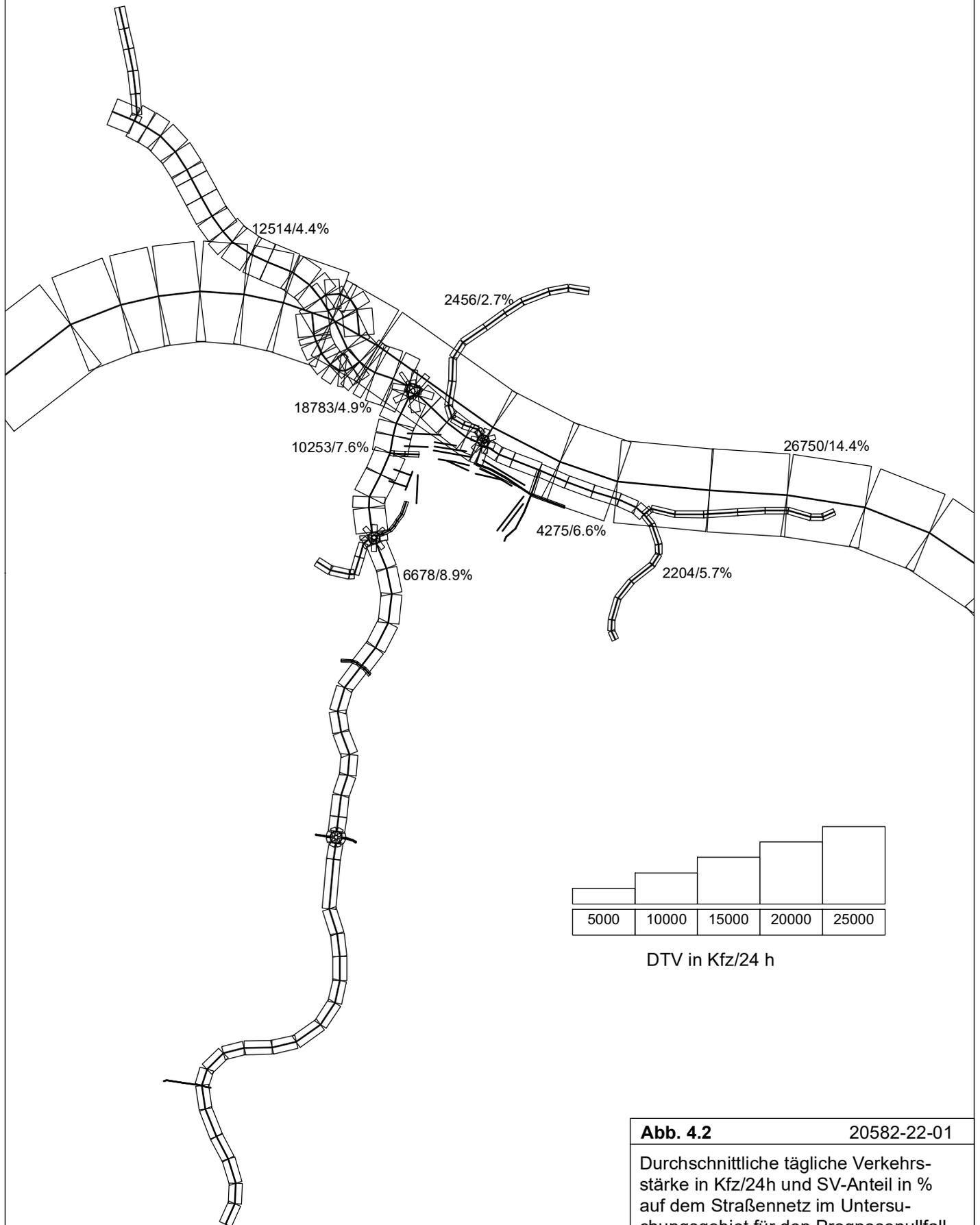
Die Verkehrsbelegungsdaten wurden durch den Auftraggeber mit der Ausarbeitung „Verkehrsuntersuchung Erweiterung Fashion Outlet Center Zweibrücken“ (VERTEC, 2021) zur Verfügung gestellt. Für das Luftschadstoffgutachten wird für die Zufahrtsstraßen zum Factory Outlet Center auf die Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV und der LKW-(SV)-Fahrten für die Analyse 2021 sowie den Prognosenullfall und den Planfall mit Erweiterung im Prognosejahr 2030 zurückgegriffen, die in Tabellen als Eingangswerte für Lärmrechnungen aufgelistet sind. Weiter liegen verkehrliche Angaben für Normalwerktag mit Knotenstrombelastungen sowie Angaben für Samstag und Ferien mit hohem Besucheraufkommen und Ausarbeitungen über die Leistungsfähigkeit der Kreuzungen vor.

Die im vorliegenden Gutachten im Untersuchungsgebiet verwendeten Verkehrsbelegungsdaten sind für den Prognosenullfall in **Abb. 4.2** und für den Planfall in **Abb. 4.3** aufgezeigt. Sie werden für das Jahr 2023 angesetzt, dem Jahr der möglichen Inbetriebnahme wesentlicher Teile der geplanten Erweiterung.

## 4.3 Meteorologische Daten

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

In der Umgebung des Untersuchungsgebietes liegen keine Windmessdaten vor. Für Deutschland und somit für die Umgebung des Untersuchungsgebietes liegen regional repräsentative Winddaten auf Basis von Reanalysedaten des DWD für ein ca. 6 x 6 km Raster und für den Zeitraum 2008-2017 vor. Daraus wird die dem Betrachtungsgebiet nächstgelegene Windrose (Länge 7.4022, Breite 49.2387) ausgelesen und in **Abb. 4.4** dargestellt. Im Bereich des Untersuchungsgebietes weisen diese synthetischen Winddaten eine Windrichtungsverteilung auf, bei der südwestliche bis westliche Windrichtungen dominieren, für welche auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind und eine weitere Häufung bei nordöstlichen Windrichtungen auftritt. Die mittlere Windgeschwindigkeit im entsprechenden Rasterquadrat beträgt für den Zehnjahreszeitraum ca. 3.1 m/s. Die synthetischen Winddaten können als repräsentativ für die großräumigen Windrichtungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet betrachtet werden.



DTV in Kfz/24 h

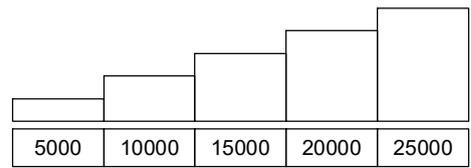
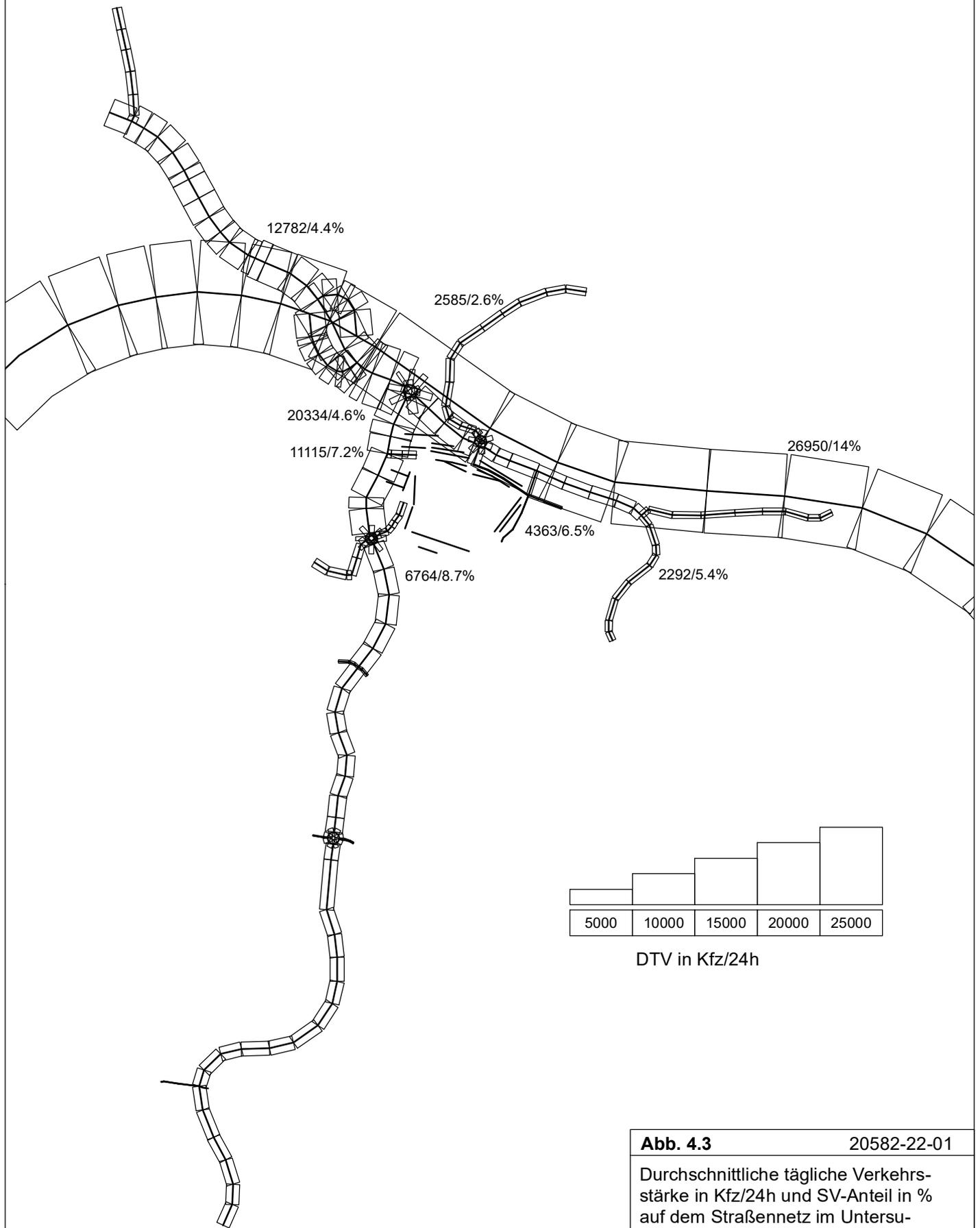
0 250 500  
Meter

**Abb. 4.2**

20582-22-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und SV-Anteil in % auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosefall





DTV in Kfz/24h

0 250 500  
Meter

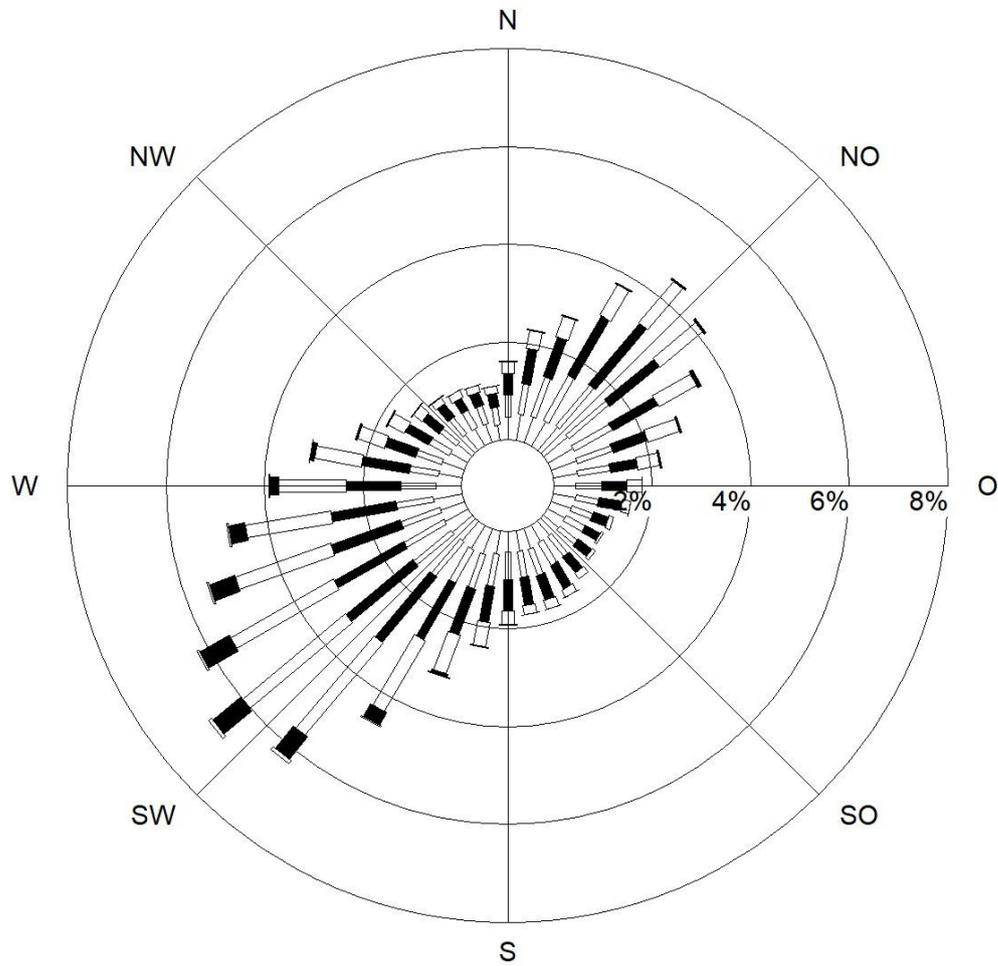
**Abb. 4.3**

20582-22-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und SV-Anteil in % auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall



## Windverteilung in Prozent



Station	: Rea6_24041	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Messhöhe	: 10.0 m	I	▨	1.4 bis 2.3 m/s
Windgeschw.	: 3.1 m/s	II	■	2.4 bis 3.8 m/s
		III/1	▨	3.9 bis 6.9 m/s
		III/2	▨	7.0 bis 10 m/s
		IV	■	größer 10 m/s
		V	▨	

Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung bei Zweibrücken basierend auf Reanalysedaten für den Zeitraum 2008-2017 (Quelle: DWD)

Die beschriebenen regional repräsentativen Winddaten auf Basis von Reanalysedaten werden für die Ausbreitungsrechnungen für das Untersuchungsgebiet herangezogen.

#### 4.4 Schadstoffhintergrundbelastung 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.

Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz betreibt das Zentrale Immissionsmessnetz (ZIMEN) für Rheinland-Pfalz. Im Saarland wird das Immissionsmessnetz Saar – IMMESA betrieben. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (IMMESA, 2012-2022; LfU RLP, 2012-2022). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

Die Station Bexbach stellt die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Station dar und ist ca. 15 km nordnordwestlich gelegen. Die Station Pirmasens befindet sich ca. 19 km ost-süd-östlich des Untersuchungsgebietes. Die ländliche Station Westpfalz-Dunzweiler befindet sich ca. 20 km nordnordwestlich. Die Stationen von Saarbrücken befinden sich ca. 24 km westlich.

Auf Grundlage der in **Tab. 4.1** aufgeführten Messwerte der siedlungsnah gelegenen Station in Pirmasens wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der letzten Jahre für das Untersuchungsgebiet mit angrenzenden Siedlungsbereichen eine NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung von 14 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet (**Tab. 4.2**).

Entsprechend aktuellen Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) gibt es eine Korrelation zwischen PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>. De Leeuw et al. (2009) erhielten bei der Datenauswertung ein Verhältnis von PM<sub>2.5</sub> zu PM<sub>10</sub> zwischen 0.5 und 0.8. Bruckmann et al. (2009) beziffern das Verhältnis zwischen 0.63 und 0.71. Dabei wird hier an Hintergrundstationen im Vergleich zu Stationen in Quellnähe (Verkehr und Industrie) ein höheres Verhältnis von PM<sub>2.5</sub> zu PM<sub>10</sub> bestimmt. Auf Grundlage dieser Verhältnisse von PM<sub>2.5</sub> zu PM<sub>10</sub> und der oben genannten Zusammenhänge wird für das Untersuchungsgebiet eine PM<sub>2.5</sub>-Hintergrundbelastung von 10 µg/m<sup>3</sup> angesetzt.

Schadstoffkomponente		Bexbach	Pirmasens Stadt	Westpfalz-Dunzweiler	Saarbrücken-Eschberg	Saarbrücken Verkehr
NO <sub>2</sub> Jahresmittelwert in µg/m <sup>3</sup>	2011	18	-	13	18	42
	2012	18	-	12	19	42
	2013	18	-	10	19	44
	2014	15	-	9	17	40
	2015	15	18	8	16	40
	2016	16	17	8	16	39
	2017	15	16	7	16	36
	2018	14	16	7	15	39
	2019	13	14	6	14	34
	2020	11	12	5	11	27
	2021	11	12	6	11	27
PM10 Jahresmittelwert in µg/m <sup>3</sup>	2011	-	-	15	-	28
	2012	-	-	13	-	22
	2013	-	-	15	-	23
	2014	-	-	14	-	22
	2015	-	16	13	-	22
	2016	-	15	11	-	20
	2017	-	16	11	-	20
	2018	-	15	12	-	20
	2019	-	14	11	-	19
	2020	-	13	9	-	15
	2021	-	13	10	-	15
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2011	-	-	4	-	34
	2012	-	-	1	-	11
	2013	-	-	5	-	9
	2014	-	-	7	-	10
	2015	-	3	3	-	7
	2016	-	0	-	-	7
	2017	-	5	2	-	9
	2018	-	3	2	-	5
	2019	-	0	0	-	7
	2020	-	1	1	-	7
	2021	-	3	2	-	3

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m<sup>3</sup> an Messstationen der LfU RLP und IMMESA in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LfU RLP, 2012-2022; IMMESA, 2012-2022).

In Orientierung an Angaben von Romberg et al. (1996) wird für das Untersuchungsgebiet aus der angesetzten NO<sub>2</sub>-Hintergrundbelastung eine NO<sub>x</sub>-Hintergrundbelastung von 20 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet. Für Ozon wird eine Hintergrundbelastung von 53 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel ausgelesen.

<b>Schadstoff</b>		<b>Jahresmittelwert in <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>
NO <sub>2</sub>		14
PM10		14
PM2.5		10
NO <sub>x</sub>		20

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet

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. Interpretationen der NO<sub>2</sub>-Messdaten hinsichtlich möglicher Entwicklungen sind mit Vorsicht zu versehen, da im Jahr 2019 überdurchschnittlich günstige Ausbreitungsbedingungen vorlagen und seit dem Jahr 2020 außergewöhnliche Entwicklungen aufgrund intensiver Einschränkungen des öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens vorliegen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung einer Reduktion der Hintergrundbelastung verzichtet.

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO<sub>2</sub> erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird, ergänzt um Feinstaub (PM10, PM2.5).

### 5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2020) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschleppern, Bussen usw.

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

### 5.3 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; in der aktuellen Version des HBEFA 4.2 sind die nichtmotorbedingten Beiträge für Feinstaub PM10 und PM2.5 integriert.

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

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),

- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2022) entnommen.

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

Für diese Ausarbeitung werden innerhalb des Rechengebietes folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei aus der Fahrspuranzahl und der Verkehrsbelegung eine Einschätzung des Auslastungsgrades der Streckenabschnitte erfolgte, der im HBEFA mit „level of service“ LOS bezeichnet wird:

AB>130:	Autobahn ohne Tempolimit
AO-HVS80:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 80 km/h
AO-HVS70:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
AO-HVS70d:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
AO-HVS70g:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, gesättigter Verkehr
IO-HVS50:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IO-HVS50d:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IO-HVS50g:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IO-NS50:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h
IO-NS50d:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IO-NS30:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h
IO-NS30d:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
IO-NS30s:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stop&Go

Der gesättigte Verkehr wird für die Kreisverkehre angesetzt. Innerhalb der Stellplatzanlagen des Factory Outlet Centers wird ein Stop&Go-Verkehr für Nebenstraßen herangezogen, um auch Beiträge der Rangiertätigkeiten zu berücksichtigen.

Das „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) berücksichtigt eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Euro-6-Diesel-PKW sowie den Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW und leichte Nutzfahrzeuge. Diese relativen Anpassungen werden hier angewendet und berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet bei Zweibrücken die im HBEFA verwendete mittlere deutschlandweite Lufttemperatur von 9°C, die gegenüber der mittleren Lufttemperatur an der Station Pirmasens von ca. 10.4°C im Zeitraum 2012 bis 2021 (Quelle DWD) etwas niedriger liegt.

**Tab. 5.1** gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2%-Stufen für Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „\_“-Unterstrichzeichen), und die zugehörigen Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2023 unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten mit entsprechenden Minderungen für  $\text{NO}_{2\text{direkt}}$  nach Düring et al. (2021); für zukünftige Jahre sind aufgrund der Fortentwicklung der Kfz-Flottenzusammensetzung und dem vermehrten Einbinden von emissionsgeminderten Technologien geringere Emissionsfaktoren aus der Datenbank ablesbar.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_{2\text{direkt}}$  sowie  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

**Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für die L 480 östlich der Anschlussstelle an die A 8 und westlich der Europa Allee die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten für den Prognosefall sowie den Planfall im Bezugsjahr 2023. In Anhang A3 sind die berechneten Emissionen im Straßennetz und deren räumliche Verteilung grafisch aufgezeigt.

**Abb. 5.1** zeigt exemplarisch die angesetzten Verkehrssituationen für den Planfall.

Straßenparameter	Geschwindigkeit in km/h	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2023									
		NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		Partikel PM2.5 (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
AB>130	142.7	0.556	0.678	0.080	0.0982	0.0079	0.0114	0.030	0.13	0.017	0.055
AB>130_2	142.7	0.574	0.973	0.082	0.1493	0.0102	0.0091	0.030	0.13	0.019	0.053
AB>130_4	142.7	0.620	0.829	0.090	0.1069	0.0108	0.0109	0.030	0.13	0.020	0.055
AO-HVS80	76.1	0.190	0.878	0.037	0.1250	0.0029	0.0132	0.030	0.13	0.014	0.065
AO-HVS80_2	76.1	0.207	1.046	0.041	0.1461	0.0030	0.0122	0.030	0.13	0.014	0.064
AO-HVS80_4	76.1	0.261	0.961	0.052	0.1277	0.0034	0.0121	0.030	0.13	0.015	0.064
AO-HVS70	67.0	0.175	0.902	0.034	0.1260	0.0029	0.0134	0.026	0.10	0.015	0.069
AO-HVS70_2	67.0	0.189	1.084	0.037	0.1511	0.0029	0.0128	0.026	0.10	0.015	0.069
AO-HVS70_4	67.0	0.231	0.995	0.046	0.1345	0.0031	0.0129	0.026	0.10	0.015	0.069
AO-HVS70_6	67.0	0.301	1.029	0.060	0.1326	0.0037	0.0144	0.026	0.10	0.016	0.070
AO-HVS70d	53.8	0.228	1.116	0.045	0.1494	0.0032	0.0146	0.033	0.35	0.016	0.079
AO-HVS70d_2	53.8	0.241	1.248	0.047	0.1753	0.0033	0.0145	0.033	0.35	0.017	0.078
AO-HVS70d_4	53.8	0.278	1.233	0.055	0.1810	0.0036	0.0149	0.033	0.35	0.017	0.079
AO-HVS70d_6	53.8	0.345	1.128	0.069	0.1510	0.0042	0.0164	0.033	0.35	0.017	0.080
AO-HVS70g	37.0	0.316	1.642	0.063	0.2273	0.0041	0.0201	0.039	0.70	0.019	0.088
AO-HVS70g_2	37.0	0.326	1.688	0.065	0.2320	0.0043	0.0201	0.039	0.70	0.019	0.088
IO-HVS50	49.0	0.201	1.373	0.026	0.1810	0.0059	0.0158	0.026	0.10	0.020	0.082
IO-HVS50_2	49.0	0.212	1.301	0.028	0.1927	0.0059	0.0164	0.026	0.10	0.020	0.082
IO-HVS50_4	49.0	0.243	1.174	0.033	0.1702	0.0061	0.0169	0.026	0.10	0.020	0.083
IO-HVS50_6	49.0	0.298	1.255	0.041	0.1763	0.0064	0.0185	0.026	0.10	0.021	0.085
IO-HVS50d	39.6	0.256	1.706	0.034	0.2250	0.0063	0.0186	0.032	0.35	0.022	0.087
IO-HVS50d_2	39.6	0.264	1.571	0.035	0.2307	0.0064	0.0192	0.032	0.35	0.022	0.087
IO-HVS50d_4	39.6	0.295	1.397	0.040	0.2077	0.0065	0.0199	0.032	0.35	0.022	0.088
IO-HVS50d_6	39.6	0.354	1.404	0.049	0.2005	0.0069	0.0212	0.032	0.35	0.022	0.089
IO-HVS50g	24.9	0.363	2.477	0.050	0.3196	0.0072	0.0300	0.039	0.70	0.023	0.098
IO-HVS50g_2	24.9	0.374	2.446	0.051	0.3177	0.0073	0.0299	0.039	0.70	0.023	0.098
IO-HVS50g_4	24.9	0.398	2.355	0.055	0.3114	0.0076	0.0299	0.039	0.70	0.023	0.098
IO-HVS50g_6	24.9	0.444	2.276	0.062	0.3068	0.0079	0.0301	0.039	0.70	0.023	0.098
IO-NS50	43.8	0.296	1.578	0.037	0.2155	0.0067	0.0178	0.032	0.35	0.022	0.086
IO-NS50_2	43.8	0.302	1.760	0.037	0.2663	0.0067	0.0182	0.032	0.35	0.022	0.086
IO-NS50d_2	33.0	0.360	1.722	0.046	0.2367	0.0074	0.0215	0.034	0.50	0.023	0.089

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2023									
		NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		Partikel PM2.5 (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit in km/h	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IO-NS30	33.6	0.290	1.919	0.035	0.2661	0.0067	0.0234	0.026	0.28	0.022	0.091
IO-NS30_2	33.6	0.295	1.836	0.036	0.2641	0.0068	0.0234	0.026	0.28	0.022	0.091
IO-NS30_4	33.6	0.319	1.664	0.040	0.2460	0.0069	0.0237	0.026	0.28	0.022	0.092
IO-NS30_6	33.6	0.363	1.604	0.046	0.2386	0.0072	0.0247	0.026	0.28	0.023	0.093
IO-NS30d_2	26.5	0.331	2.201	0.041	0.3034	0.0072	0.0280	0.034	0.50	0.023	0.096
IO-NS30d_6	26.5	0.392	1.870	0.064	0.9266	0.0083	0.0626	0.044	1.20	0.016	0.068
IO-NS30s	9.6	0.461	4.719	0.060	0.6112	0.0092	0.0521	0.044	1.20	0.025	0.120

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2023

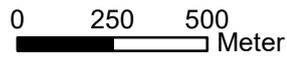
	DTV in Kfz/24h	SV-Anteil in %	Verkehrssituation	Mittlere Emissionsdichte			
				NO <sub>x</sub> in mg/(m*s)	NO <sub>2d</sub> in mg/(m*s)	PM10 in mg/(m*s)	PM2.5 in mg/(m*s)
L 480 Null	18783	4.9	IO-HVS50_2	0.0577	0.0078	0.0077	0.0051
L 480 Plan	20334	4.6	IO-HVS50_2	0.0617	0.0083	0.0083	0.0054

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die L 480 östlich der Anschlussstelle an die A 8 und westlich der Europa Allee

Im Hinblick auf die Ausarbeitungen zum verkehrsbedingten Stickstoffeintrag in FFH-Flächen sind in **Tab. 5.3** die hier verwendeten Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2030 für NO<sub>x</sub> und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) aufgelistet.



- Verkehrssituationen**
- AB>130
  - AO-HVS50d
  - AO-HVS70
  - AO-HVS70d
  - AO-HVS70g
  - AO-HVS80
  - IO-HVS50
  - IO-HVS50d
  - IO-HVS50g
  - IO-NS30
  - IO-NS30d
  - IO-NS50
  - IO-NS50d



**Abb. 5.1** 20582-22-01  
Verkehrssituationen für den Planfall,  
Abschnitte mit Längsneigung sind  
dicker eingetragen



Straßenparameter	Geschwindigkeit in km/h	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2030					
		NO <sub>x</sub>		NH <sub>3</sub>		CO <sub>2</sub>	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV
AB>130	142.7	0.223	0.351	0.016	0.013	184.692	495.656
AB>130_2	142.7	0.234	0.643	0.016	0.013	185.948	598.012
AB>130_4	142.7	0.259	0.364	0.016	0.013	189.280	874.764
AO-HVS80	76.1	0.074	0.429	0.009	0.012	110.939	480.747
AO-HVS80_2	76.1	0.080	0.513	0.009	0.012	111.881	561.663
AO-HVS80_4	76.1	0.101	0.439	0.009	0.012	117.109	787.594
AO-HVS70	67.0	0.068	0.414	0.009	0.012	104.930	485.401
AO-HVS70_2	67.0	0.074	0.524	0.009	0.012	106.462	563.889
AO-HVS70_4	67.0	0.090	0.477	0.009	0.012	111.760	786.195
AO-HVS70_6	67.0	0.117	0.431	0.009	0.012	125.239	1045.167
AO-HVS70d	53.8	0.088	0.463	0.009	0.012	121.735	520.804
AO-HVS70d_2	53.8	0.093	0.587	0.009	0.012	122.292	597.853
AO-HVS70d_4	53.8	0.108	0.755	0.009	0.012	126.663	803.895
AO-HVS70d_6	53.8	0.135	0.513	0.009	0.012	142.599	1054.616
AO-HVS70g	37.0	0.123	0.630	0.009	0.012	150.013	995.722
AO-HVS70g_2	37.0	0.127	0.650	0.009	0.012	150.787	1017.607
IO-HVS50	49.0	0.092	0.562	0.009	0.011	112.135	431.162
IO-HVS50_2	49.0	0.096	0.713	0.009	0.011	113.167	498.689
IO-HVS50_4	49.0	0.108	0.572	0.009	0.011	118.633	691.345
IO-HVS50_6	49.0	0.130	0.560	0.009	0.011	132.874	926.597
IO-HVS50d	39.6	0.113	0.685	0.009	0.011	132.591	466.363
IO-HVS50d_2	39.6	0.116	0.840	0.009	0.011	132.196	533.529
IO-HVS50d_4	39.6	0.129	0.759	0.009	0.011	135.521	717.192
IO-HVS50d_6	39.6	0.152	0.647	0.009	0.011	149.928	944.024
IO-HVS50g	24.9	0.156	0.967	0.012	0.015	176.286	966.713
IO-HVS50g_2	24.9	0.160	0.957	0.012	0.015	178.348	993.177
IO-HVS50g_4	24.9	0.170	0.952	0.012	0.015	182.571	1072.646
IO-HVS50g_6	24.9	0.188	0.958	0.012	0.015	192.035	1194.883
IO-NS50	43.8	0.151	0.644	0.009	0.011	129.736	500.085
IO-NS50_2	43.8	0.153	0.841	0.009	0.011	130.892	558.395
IO-NS50d_2	33.0	0.176	0.808	0.012	0.015	158.553	611.890

Straßenparameter	Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit in km/h	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2030					
			NO <sub>x</sub>		NH <sub>3</sub>		CO <sub>2</sub>	
			LV	SV	LV	SV	LV	SV
IO-NS30		33.6	0.147	0.806	0.012	0.015	139.183	600.407
IO-NS30_2		33.6	0.149	0.845	0.012	0.015	139.191	646.529
IO-NS30_4		33.6	0.159	0.776	0.012	0.015	145.425	774.927
IO-NS30_6		33.6	0.176	0.734	0.012	0.015	155.718	970.576
IO-NS30d_2		26.5	0.163	0.996	0.012	0.015	159.578	677.025
IO-NS30d_6		26.5	0.187	0.828	0.012	0.015	174.071	999.555
IO-NS30s		9.6	0.209	1.992	0.012	0.015	249.668	1056.163

Tab. 5.3: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2030

#### 5.4 Emissionen auf den Stellplatzanlagen

Für die Stellplatzanlagen liegen keine detaillierten Angaben über die Fahrzeugbewegungen nach Lage und Anzahl vor. Aus den Lagedaten der Stellplatzanlage und der jeweiligen Anzahl der Stellplätze werden mittlere Fahrlängen für die Fahrbewegungen abgeleitet und mit der Anzahl der Zu- und Ausfahrten entsprechend den Angaben des Verkehrsgutachtens kombiniert. Für die zufahrenden Kfz wird die Verkehrssituation einer innerörtlichen Nebenstraße mit stockendem Verkehrsfluss (IO-NS30s) mit warmem Motor berücksichtigt und für die ausfahrenden Kfz wird die Verkehrssituation inklusive Kaltstart nach mehrstündigem Abstellen berücksichtigt. Daraus werden die in **Tab. 5.4** aufgeführten täglichen Emissionen für den Prognosenullfall ermittelt.

	NO <sub>x</sub> in g/Tag	NO <sub>2d</sub> in g/Tag	PM10 in g/Tag	PM2.5 in g/Tag
Stellplatz Nord	673.8	82.6	69.2	27.6
Stellplatz Ost	8.5	1.0	0.9	0.3
Stellplatz West	87.9	10.8	9.0	3.6

Tab. 5.4: Mittlere tägliche Gesamtemissionen durch die Kfz-Fahrten auf den Stellplatzanlagen in g/24h für den Prognosenullfall 2023

Für den Planfall mit baulicher Erweiterung des Factory Outlet Centers sind die mittleren täglichen Emissionen der Stellplatzanlagen in **Tab. 5.5** aufgeführt unter Berücksichtigung der geplanten zusätzlichen Stellplatzanlage Süd sowie geänderter Anzahl der Zu- und Ausfahrten auf bestehenden Stellplatzanlagen. Die Summe der Emissionen der Stellplatzanlage erhöht sich im Planfall gegenüber dem Prognosenußfall um etwa ein Drittel.

	<b>NO<sub>x</sub></b> in g/Tag	<b>NO<sub>2d</sub></b> in g/Tag	<b>PM10</b> in g/Tag	<b>PM2.5</b> in g/Tag
Stellplatz Nord	752.1	92.2	77.2	30.8
Stellplatz Ost	10.6	1.3	1.1	0.4
Stellplatz West	87.9	10.8	9.0	3.6
Stellplatz Süd	169.7	20.8	17.4	7.0

Tab. 5.5: Mittlere tägliche Gesamtemissionen durch die Kfz-Fahrten auf den Stellplatzanlagen in g/24h für den Planfall 2023

## 5.5 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Ergänzend zu den Betrachtungen hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit (Kap. 6) sowie des Schutzes der Vegetation (Kap. 7) ist eine CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Kfz-Verkehr zu erstellen. In der vorliegenden Untersuchung werden die Auswirkungen der Planungen auf die lokale Freisetzung von verkehrsbedingten Treibhausgasen im direkten Umfeld des Plangebiets betrachtet. Das sind die verkehrsbedingten Emissionen, die von Kraftfahrzeugen (Kfz) durch Fahrten im geplanten Gewerbegebiet und auf den bereits bestehenden Abschnitten des öffentlichen Straßennetzes freigesetzt werden.

Betrachtet werden die Treibhausgasfreisetzungen als CO<sub>2</sub>-Äquivalente, d. h. die klimarelevanten Anteile der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen ohne den regenerativen Kraftstoffanteil und mit den verkehrsbedingten Beiträge an Treibhausgasen wie Methan oder Lachgas. Grundlage ist dabei die aktuelle Datenbank für Kfz-Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes HBEFA4.2 (UBA, 2022).

Mit dieser Vorgehensweise der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung werden die Änderungen im Planfall gegenüber dem Prognosenußfall aufgezeigt und sind als relative Änderungen aufzufassen. Als weitere Bewertungsgrundlage wird hier auf das neue Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG, 2019) zurückgegriffen, das u. a. für den Sektor Verkehr jahresbezogene Minderungsraten nennt. Darin werden Minderungen der Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 benannt und in Listen zusammengestellt. Gegenüber dem Jahr 1990 mit 160.8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr sollen bis 2030 für den Verkehrssektor die CO<sub>2</sub>-Freisetzungen auf 85 Millionen Tonnen pro Jahr

reduziert werden, das entspricht einer verbindlichen Reduktion um ca. 48%. Aus den jahresbezogenen Zielen im KSG für den Verkehrssektor kann abgeleitet werden, dass seit 2020 eine jährliche Minderung um 3%-5% erforderlich wird, um in kontinuierlichen Schritten das vorgegebene Klimaziel für den Verkehrssektor zu erreichen.

Die Bestimmung der verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt für das in **Abb. 4.1** dargestellte Straßennetz. Die Verkehrsdaten umfassen Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) mit LKW-Anteilen für den Bestand im Jahr 2021 sowie für den Prognosenullfall 2030 ohne bauliche Änderungen und für die betrachtete Planvariante 2030 mit baulicher Erweiterung des Factory Outlet Centers. Zur Ermittlung der Auswirkungen der Planungen auf die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wird die Planvariante mit dem Prognosenullfall verglichen.

Für den Prognosenullfall wird auf dem lokalen Straßennetz eine Jahresfahrleistung von ca. 100 Millionen km pro Jahr und eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung von ca. 21 474 Tonnen pro Jahr berechnet. Gegenüber dem Analysefall 2021 entspricht das einer Zunahme der Jahresfahrleistung um ca. 10% und einer Abnahme der CO<sub>2</sub>-Freisetzung um ca. 9% aufgrund modernisierter Kfz-Flotte mit tendenziell verringerter Emission.

Für den Planfall wird auf dem lokalen Straßennetz eine Jahresfahrleistung von ca. 102 Millionen km pro Jahr und eine CO<sub>2</sub>-Freisetzung von ca. 21 728 Tonnen pro Jahr berechnet. Das entspricht für den Planfall gegenüber dem Prognosenullfall einer verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Zunahme um 1.2% auf dem lokalen Straßennetz. Nachdem aus den im Klimaschutzgesetz genannten Minderungszielen für den Verkehrssektor eine jährliche Minderungsrate von 3%-5% angestrebt wird, um in kontinuierlichen Schritten das vorgegebene Klimaziel für den Verkehrssektor zu erreichen, kann die planungsbedingte Zunahme der CO<sub>2</sub>-Freisetzung auf dem zuzuführenden lokalen Straßennetz zum Factory Outlet Center als eine Verzögerung des Erreichens des Minderungsziels des KSG um weniger als 4 Monate aufgefasst werden.

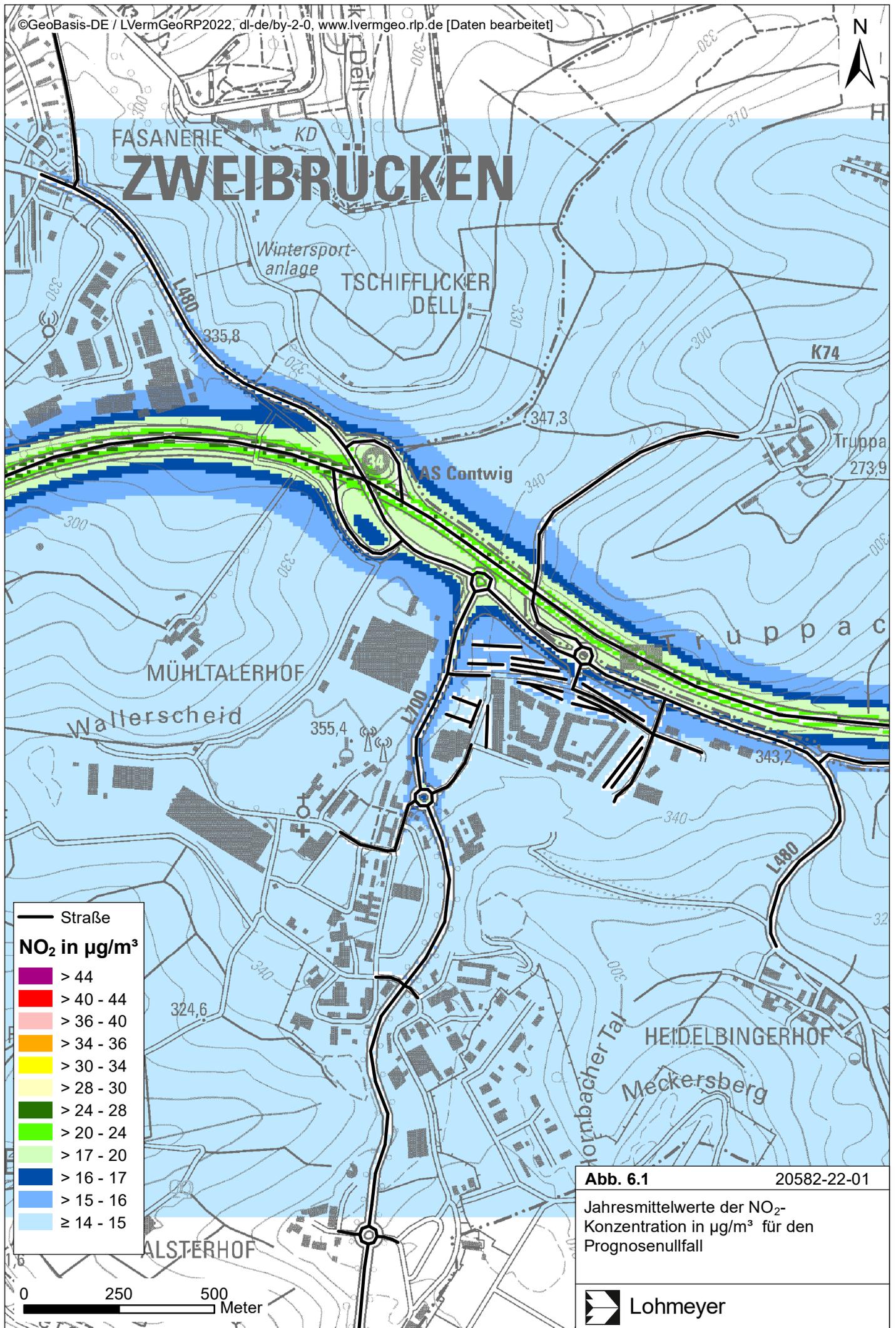
## 6 ERGEBNISSE

Die Schadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet werden für die Untersuchungspunkte in Bodennähe in einem 10 m x 10 m-Raster berechnet. In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den Bereich des Plangebietes repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt. Die Auswertung der berechneten Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von ca. 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangs- und Hofbereich von Wohngebäuden.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden die derzeit geltenden Grenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel mit roter Farbe, der PM10-Schwellenwert von 29 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel zur Ableitung des PM10-Kurzzeitwertes mit gelber Farbe belegt. Der Grenzwert für den PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup> wird mit roter Farbe und der Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> mit gelber Farbe belegt. Weiße Flächen kennzeichnen Bereiche ohne Datenwert.

### 6.1 Stickstoffdioxid

Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognose-nullfall im Bezugsjahr 2023. Die höchsten NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen werden im Prognose-nullfall entlang der bestehenden Autobahn A 8 berechnet. Dort sind am Fahrbahnrand NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 28 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Entlang der L 480 von der Anschlussstelle bis zum Factory Outlet Center sind aufgrund von Überlagerungswirkungen der verkehrsbedingten Freisetzung der A 8, der L 480 sowie der Kreisverkehre flächig NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 24 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der Europa Allee (L 700) westlich des Factory Outlet Centers sind NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 17 µg/m<sup>3</sup>, nahe des nördlichen Kreisverkehrs bis 20 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Im Bereich der bestehenden Stellplatzanlagen des Factory Outlet Centers sind NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte bis



17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der L 480 nördlich der A 8 und Richtung Zweibrücken sind überwiegend  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte unter 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dargestellt.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. An der zum Factory Outlet Center und den zuführenden Straßen nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung sind im Prognosenullfall  $\text{NO}_2$ -Gesamtbelastungen unter 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2023 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten.

In **Abb. 6.2** sind für den Planfall mit Erweiterung des Factory Outlet Centers im Bezugsjahr 2023 die berechneten  $\text{NO}_2$ -Immissionen dargestellt. Auch im Planfall werden die deutlichsten  $\text{NO}_2$ -Immissionen entlang der Autobahn A 8 mit Konzentrationen bis 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Entlang der L 480 von der Anschlussstelle bis zum Factory Outlet Center sind flächig  $\text{NO}_2$ -Immissionen bis 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mit geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall berechnet. Entlang der Europa Allee (L 700) westlich des Factory Outlet Centers sind  $\text{NO}_2$ -Immissionen bis 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nahe des nördlichen Kreisverkehrs bis 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mit geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall ermittelt; das trifft auch auf Abschnitte der L 700 südlich des Factory Outlet Centers zu. Im Bereich der Stellplatzanlagen des Factory Outlet Centers sind  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte bis 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der L 480 nördlich der A 8 und Richtung Zweibrücken sind überwiegend  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte unter 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dargestellt.

An der zum Factory Outlet Center und den zuführenden Straßen nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung sind auch im Planfall mit Erweiterung des Factory Outlet Centers  $\text{NO}_2$ -Gesamtbelastungen unter 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bei geringen Erhöhungen gegenüber dem Prognosenullfall berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Planfall im Bezugsjahr 2023 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten.

Eine Überschreitung des  $\text{NO}_2$ -Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht zu erwarten. Auf grafische Darstellungen wird hier verzichtet.

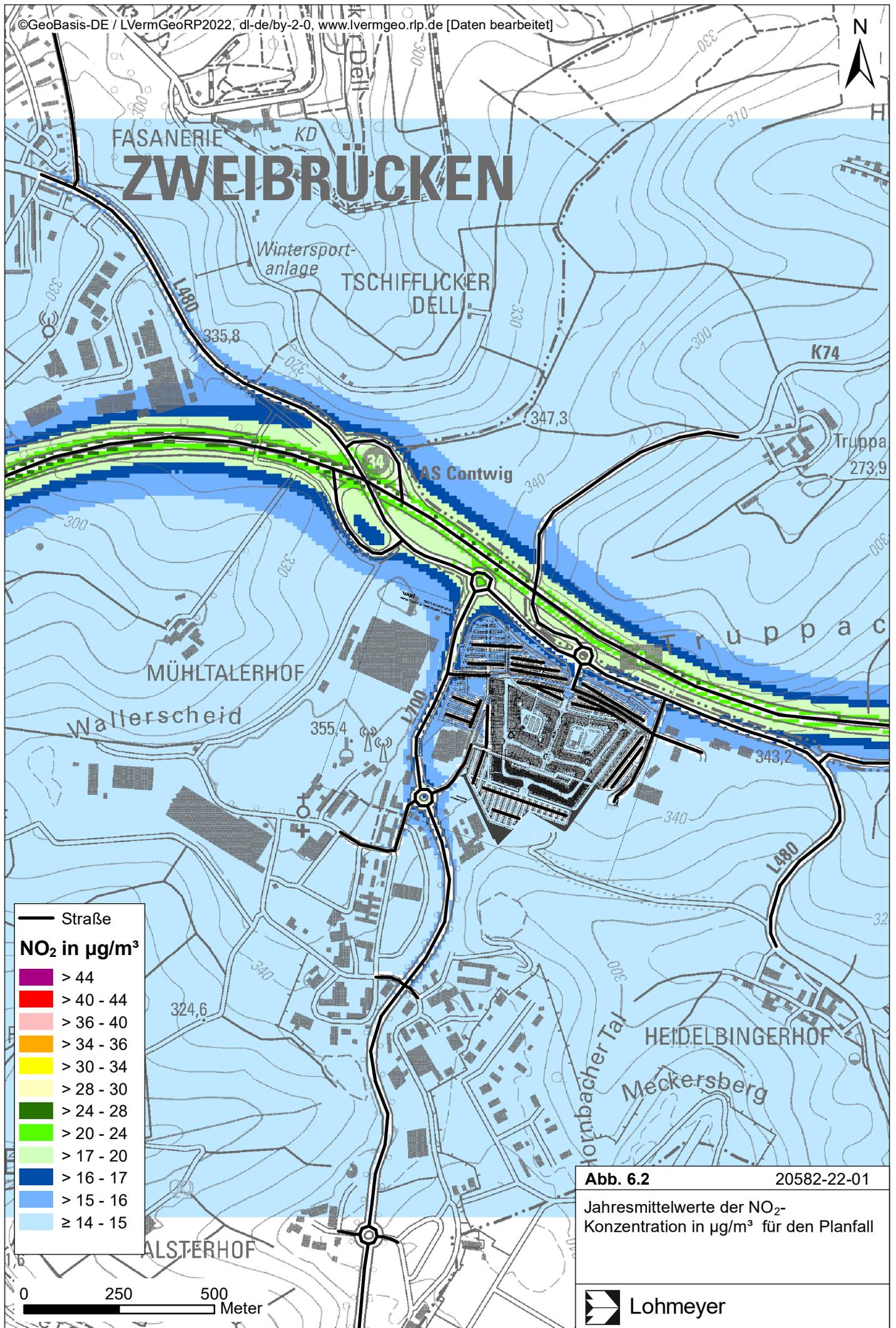


Abb. 6.2

20582-22-01

Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> für den Planfall

## 6.2 Feinstaub PM10

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen PM10 liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$  in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3.2 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM10-Jahresmittelwert von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM10-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diskutiert.

Die **Abb. 6.3** zeigt die im Prognosenullfall für das Bezugsjahr 2023 berechneten PM10-Immissionen. Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall entlang der bestehenden Autobahn A 8 berechnet. Dort sind am Fahrbahnrand PM10-Immissionen bis  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert. Entlang der L 480 und der L 700 sind am Fahrbahnrand überwiegend mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM10-Konzentrationen ermittelt. Das trifft auch auf die Stellplatzanlagen im Bereich des Factory Outlet Centers im Prognosenullfall zu.

In **Abb. 6.4** sind für den Planfall mit Erweiterung des Factory Outlet Centers im Bezugsjahr 2023 die berechneten PM10-Immissionen dargestellt. Auch im Planfall werden die deutlichsten PM10-Immissionen entlang der Autobahn A 8 mit Konzentrationen bis  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Entlang der L 480 und der L 700 sind auch im Planfall am Fahrbahnrand überwiegend mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM10-Konzentrationen ermittelt; die Änderungen der PM10-Jahresmittelwerte gegenüber dem Prognosenullfall sind so gering, dass sie nicht mit Änderungen der Farbdarstellung entsprechend der verwendeten Legende ablesbar sind. Das trifft auch auf die Stellplatzanlagen im Bereich des Factory Outlet Centers im Planfall zu.

Damit sind im Planfall und im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung und innerhalb des Betrachtungsgebietes PM10-Jahresmittelwerte prognostiziert, die den geltenden Grenzwert der 39. BImSchV für PM10-Jahresmittelwerte von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und den Schwellenwert von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung (mehr als 35 Tage pro Jahr mit PM10-Tagesmittelwerten über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) im Betrachtungsgebiet deutlich unterschreiten.

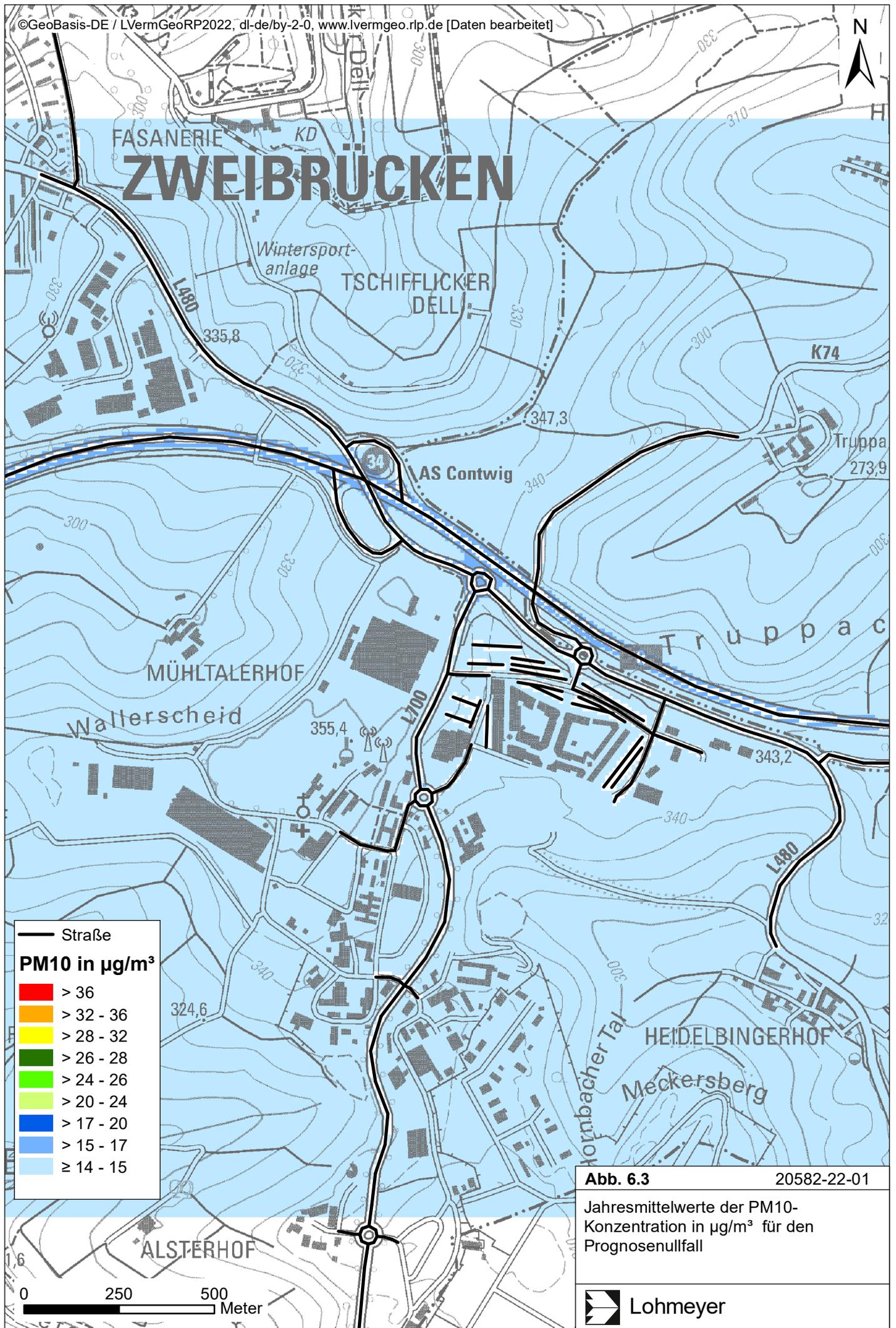
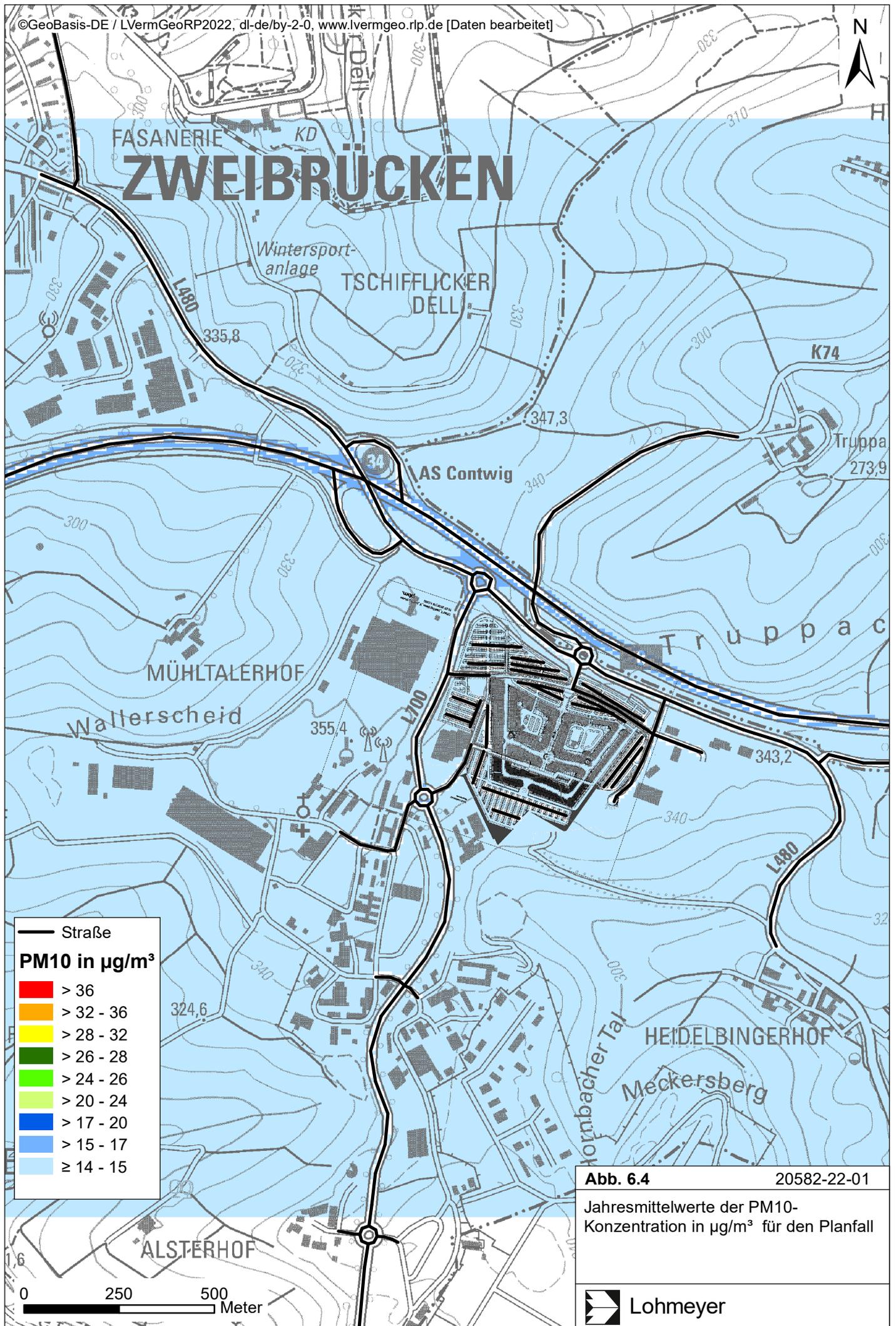


Abb. 6.3

20582-22-01

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

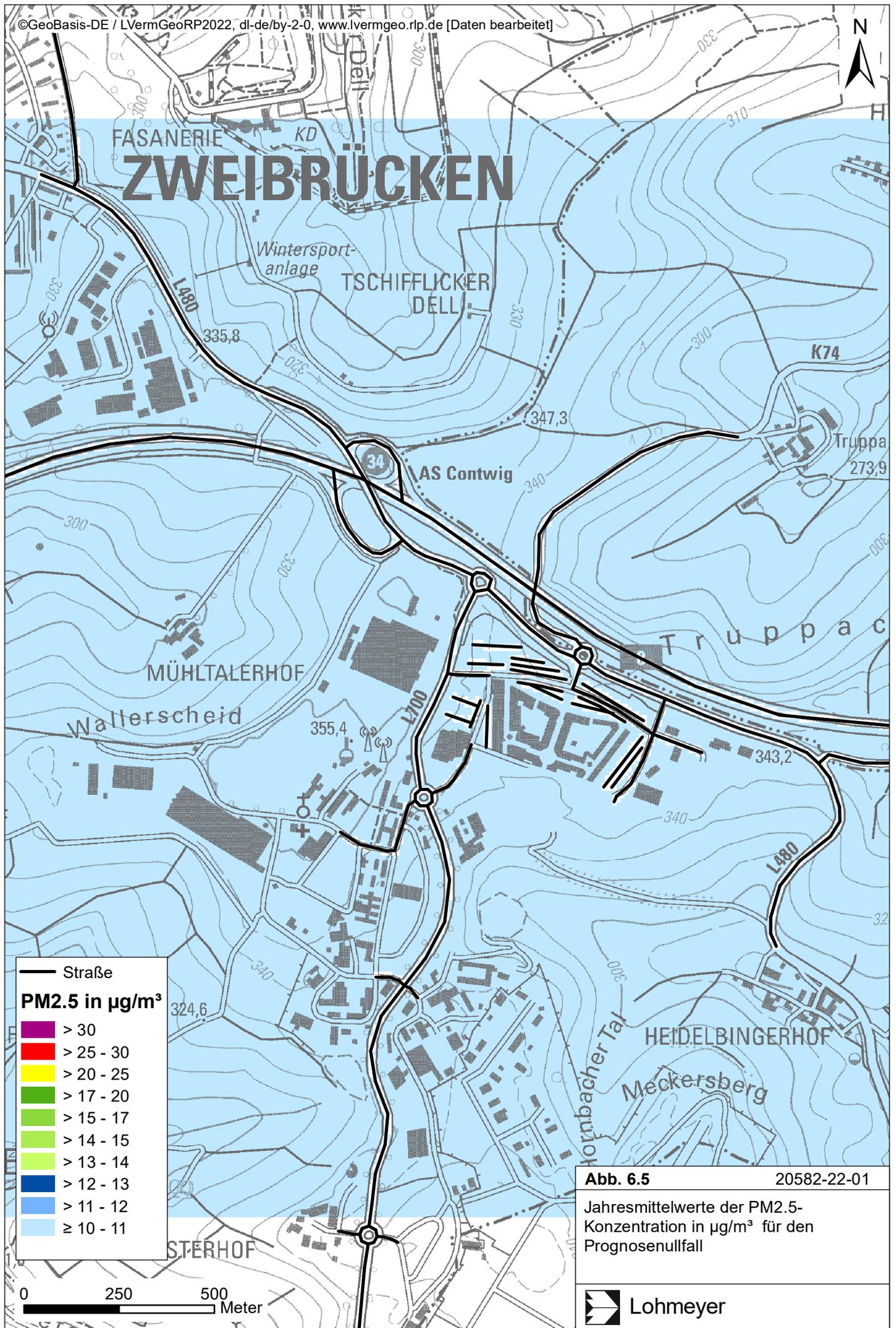


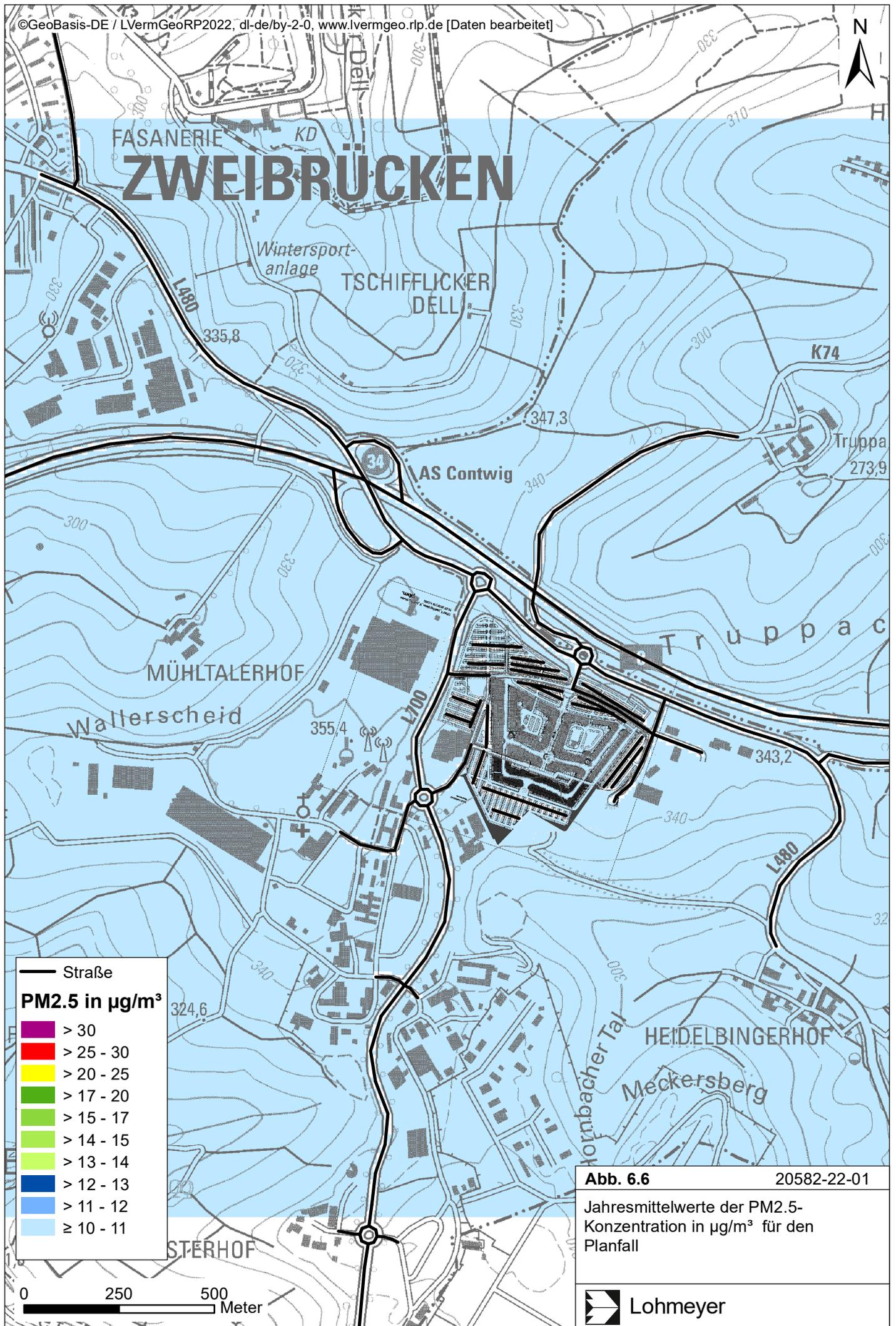
### 6.3 Feinstaub PM2.5

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen PM2.5 werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m<sup>3</sup>, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist, und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m<sup>3</sup>, der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 25 µg/m<sup>3</sup> und 20 µg/m<sup>3</sup> diskutiert.

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Prognosenullfall im Bezugsjahr 2023 in **Abb. 6.5** und für den Planfall im Bezugsjahr 2023 in **Abb. 6.6** dargestellt. Auch am Fahrbahnrand der Autobahn A 8 werden PM2.5-Gesamtbelastungen bis 11 µg/m<sup>3</sup> berechnet, die kaum über den Werten der angesetzten Hintergrundbelastung von 10 µg/m<sup>3</sup> liegen. Entlang den anderen Straßenabschnitten und im Bereich der Stellplatzanlagen sind im Betrachtungsgebiet mit der Hintergrundbelastung vergleichbare Jahreswerte berechnet.

Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV und der Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> werden entsprechend den Immissionsberechnungen sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2023 im Untersuchungsgebiet deutlich unterschritten.





## 7 ERGEBNISSE HINSICHTLICH DES SCHUTZES DER VEGETATION

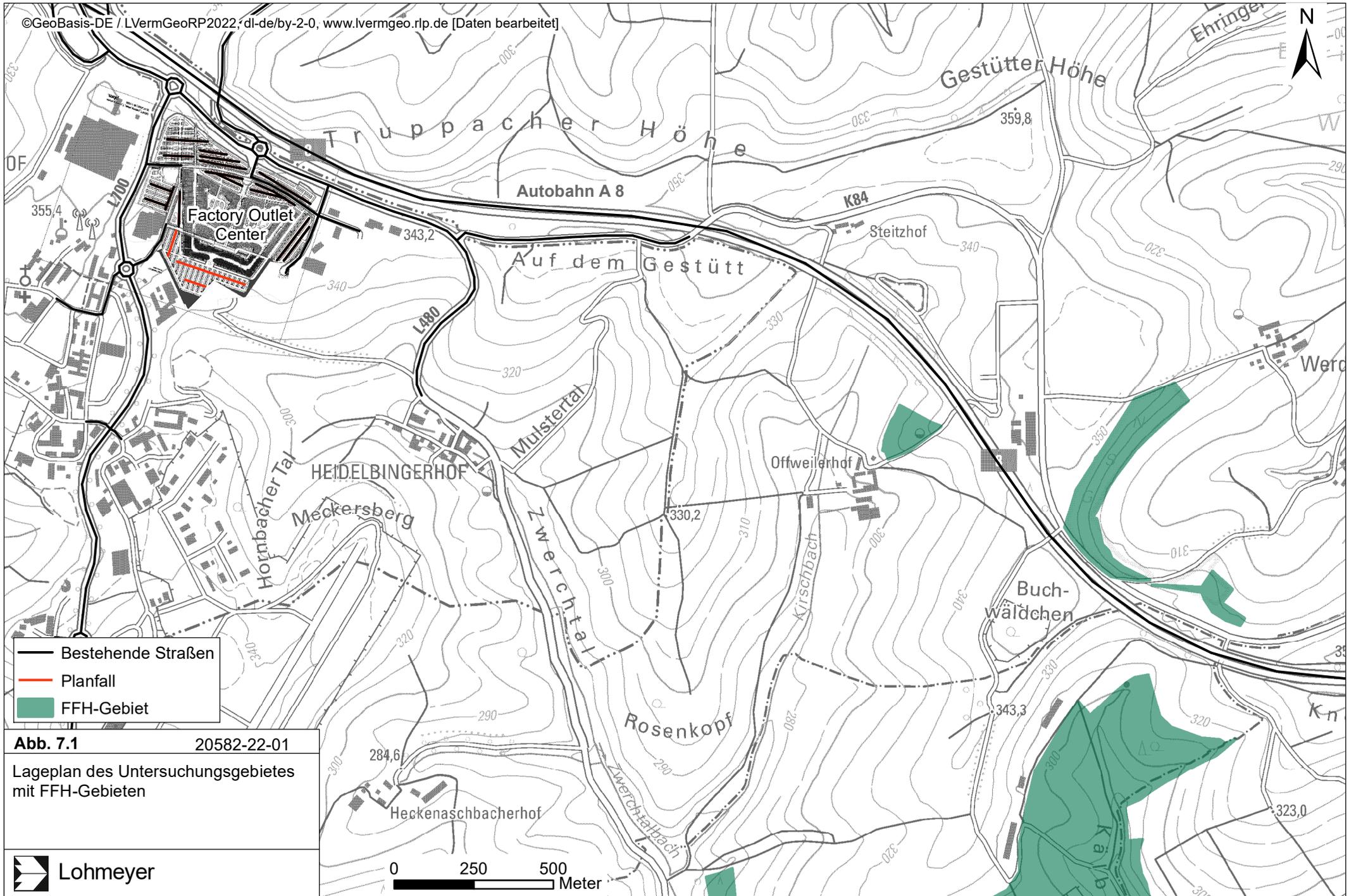
Im Untersuchungsgebiet wurden für die betrachteten Untersuchungsfälle die NO<sub>x</sub>- und die NH<sub>3</sub>-Immissionen in Bodennähe bestimmt und für die Bereiche der FFH-Flächen östlich des Factory Outlet Centers ausgewertet. Die Lage der nächstgelegenen FFH-Flächen ist in **Abb. 7.1** aufgezeigt. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet.

### 7.1 Stickoxidimmissionen

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO<sub>x</sub> ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel angeführt. Der kritische Wert zum Schutz des Ökosystems bezieht sich auf die Gesamtbelastung. Die Anwendung dieses kritischen Wertes zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV 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. Im Folgenden wird für NO<sub>x</sub> die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus der Überlagerung der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung (Kap. 4) und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes zusammensetzt.

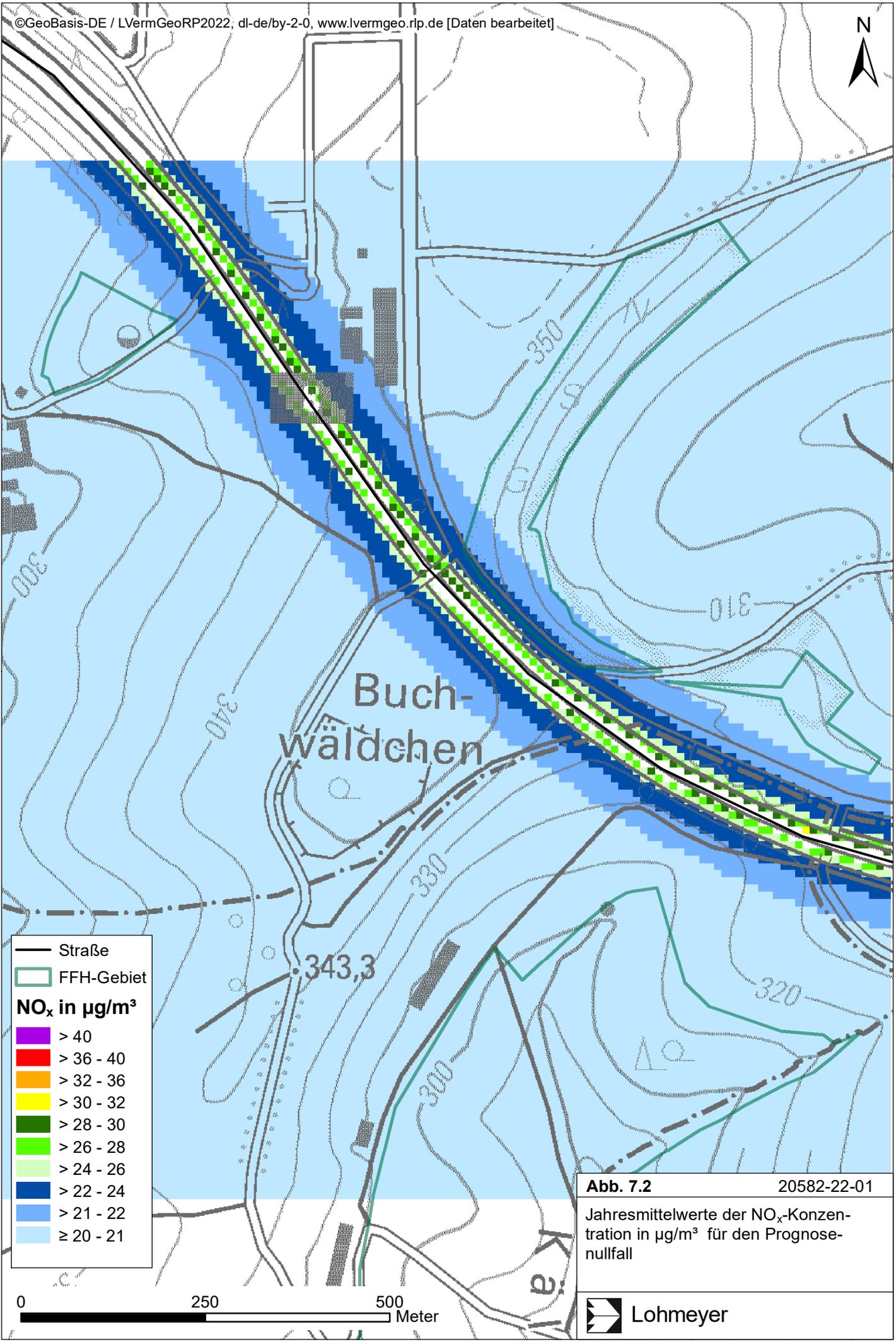
Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen, bestehend aus der Überlagerung der Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes, werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet.

Die **Abb. 7.2** und **Abb. 7.3** zeigen die berechneten NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte der bodennahen Luftkonzentrationen (Gesamtbelastung aus Hintergrundbelastung (**Tab. 4.2**) und verkehrsbedingter Zusatzbelastung). Die FFH-Flächen sind in den Darstellungen grün umrandet.



**Abb. 7.1** 20582-22-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes mit FFH-Gebieten

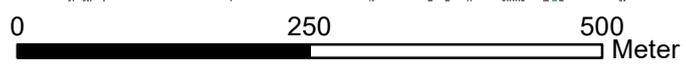


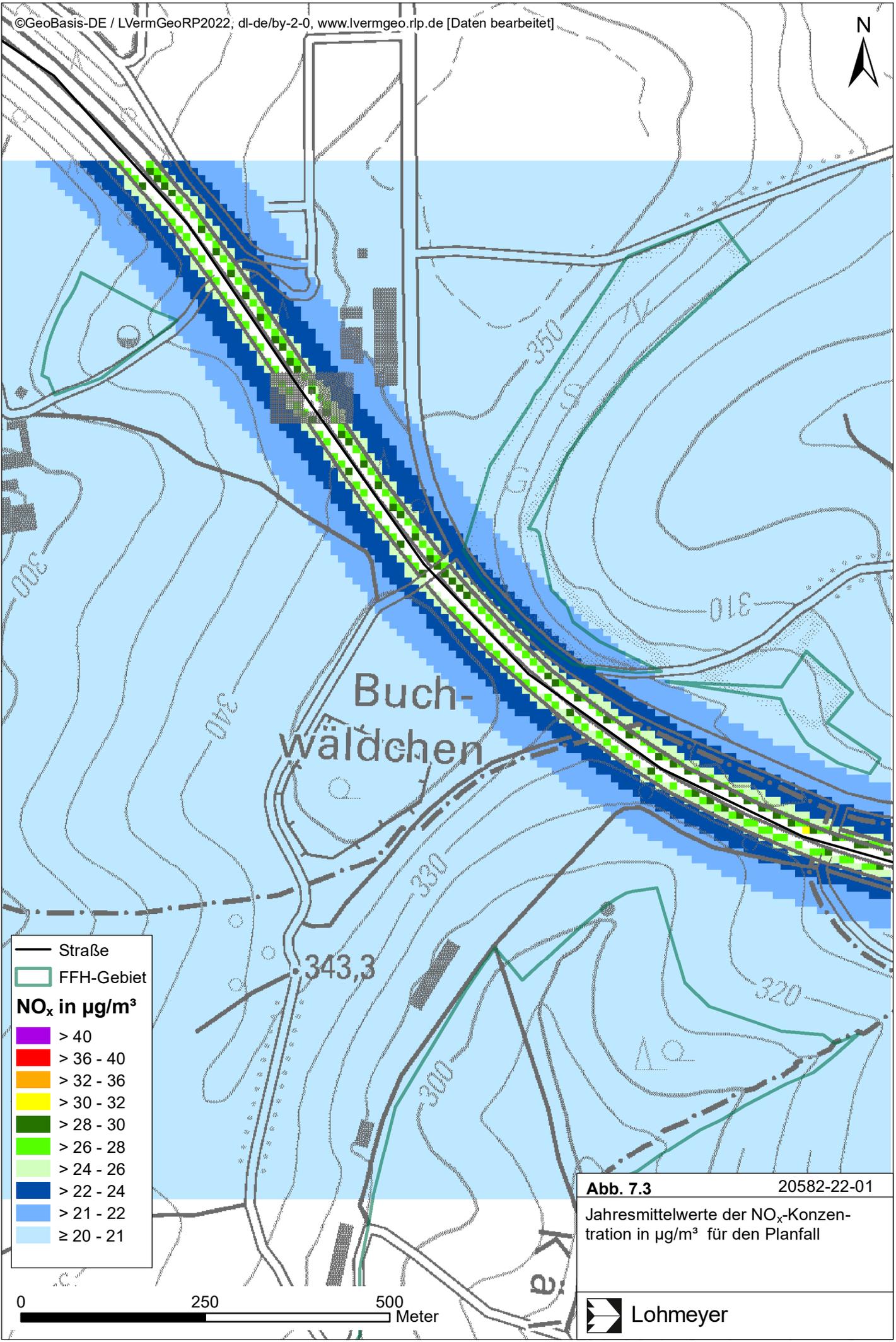
— Straße  
▭ FFH-Gebiet

**NO<sub>x</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

- > 40
- > 36 - 40
- > 32 - 36
- > 30 - 32
- > 28 - 30
- > 26 - 28
- > 24 - 26
- > 22 - 24
- > 21 - 22
- ≥ 20 - 21

**Abb. 7.2** 20582-22-01  
Jahresmittelwerte der NO<sub>x</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> für den Prognose-nullfall





— Straße  
▭ FFH-Gebiet

**NO<sub>x</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

- > 40
- > 36 - 40
- > 32 - 36
- > 30 - 32
- > 28 - 30
- > 26 - 28
- > 24 - 26
- > 22 - 24
- > 21 - 22
- ≥ 20 - 21

**Abb. 7.3** 20582-22-01  
Jahresmittelwerte der NO<sub>x</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> für den Planfall

0 250 500  
Meter



Im Prognosenullfall 2030 (**Abb. 7.2**) werden die höchsten NO<sub>x</sub>-Immissionen im Nahbereich der A 8 berechnet mit Jahresmittelwerten bis 30 µg/m<sup>3</sup>. Mit zunehmendem Abstand zur Autobahn sind geringere NO<sub>x</sub>-Immissionen ermittelt. In der FFH-Fläche nördlich der A 8 (Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide) sind für den Prognosenullfall NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte bis 24 µg/m<sup>3</sup> dargestellt. In den anderen FFH-Flächen sind NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte bis 21 µg/m<sup>3</sup> berechnet.

Im Planfall 2030 (**Abb. 7.3**) sind trotz des gegenüber dem Prognosenullfall gering erhöhten Verkehrsaufkommens vergleichbare verkehrsbedingte NO<sub>x</sub>-Immissionen berechnet, die im Nahbereich der A 8 zu NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerten bis 30 µg/m<sup>3</sup> führen. In der FFH-Fläche nördlich der A 8 (Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide) sind auch für den Planfall NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte bis 24 µg/m<sup>3</sup> dargestellt. In den anderen FFH-Flächen sind NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte bis 21 µg/m<sup>3</sup> berechnet.

Damit wird für NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerte der kritische Wert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel in den FFH-Flächen unterschritten.

## 7.2 Stickstoffdeposition

Die hier zu ermittelnden verkehrsbedingten Stickstoffdepositionen werden von der Autobahn A 8 im Untersuchungsgebiet geprägt.

Als fachlichen Maßstab gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte zum Schutz von Vegetationseinheiten durch erhöhte Stickstoffdepositionen darstellen. Im Untersuchungsgebiet werden, resultierend aus verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>- und NH<sub>3</sub>-Einträgen, die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag (N-Deposition) berechnet und innerhalb der untersuchten FFH-Bereiche unter Berücksichtigung der Landnutzung ausgewertet und grafisch dargestellt. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

In Abhängigkeit von der Landnutzung ergeben sich unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeiten (s. Kap. 3), die in unterschiedlichen Stickstoffdepositionen resultieren. Für bewaldete Bereiche wurden für NH<sub>3</sub> höhere Depositionsgeschwindigkeiten angesetzt als für die Bereiche mit Wiesen und Weiden. In den Ergebnisabbildungen ist dies teilweise durch Farbwechsel innerhalb der FFH-Flächen entsprechend der zugrundeliegenden Nutzung bei gleichem Abstand zur Straße zu erkennen.

Für die jeweiligen Untersuchungsfälle werden die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag (N-Deposition) in Böden sowie die Differenzen des Planfalls

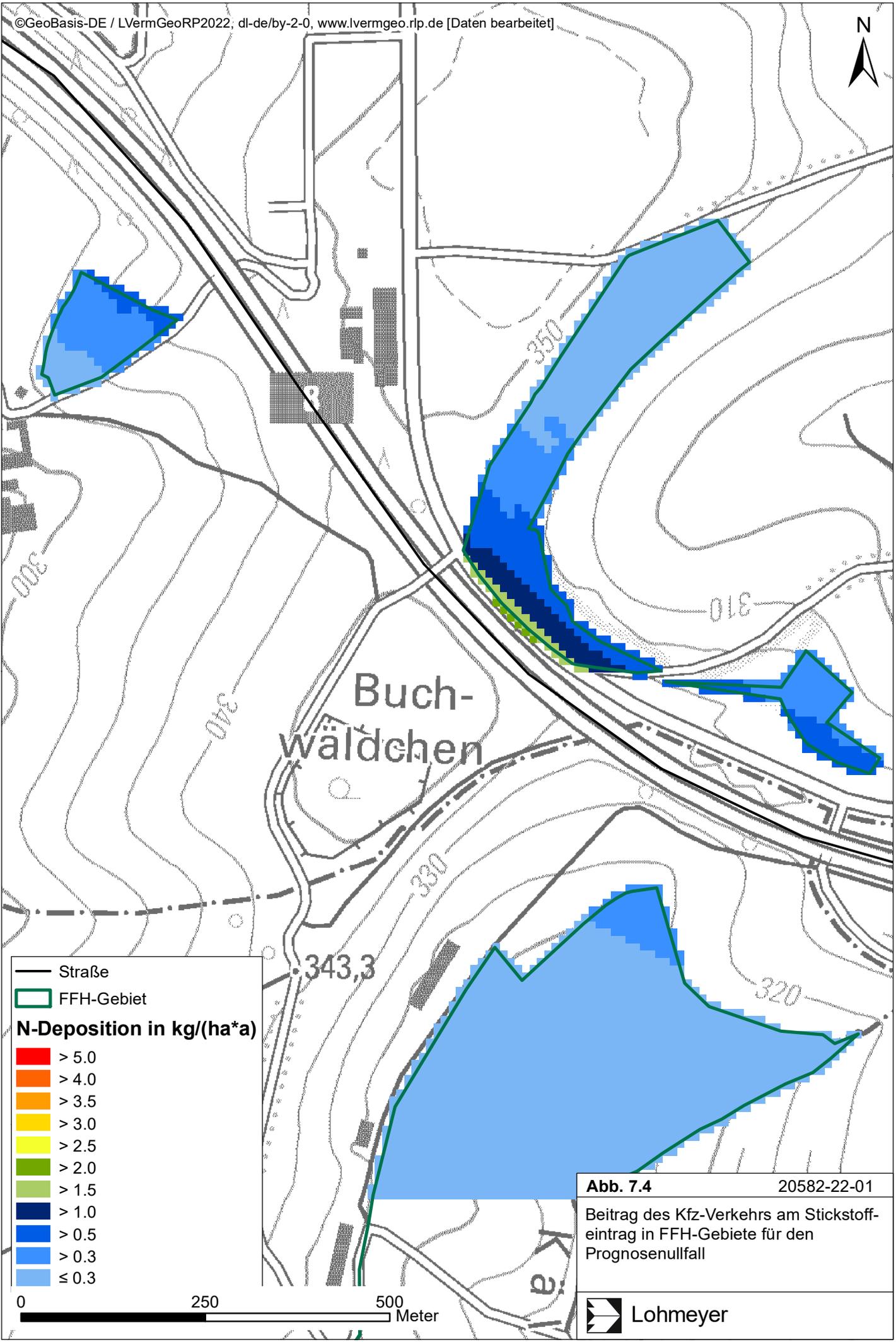
gegenüber dem Prognosenullfall, das sind die planungsbedingten Änderungen, innerhalb der FFH-Flächen grafisch dargestellt.

Die Farblegende zur Darstellung des verkehrsbedingten zusätzlichen Stickstoffeintrags wird mit einer Unterteilung in Schritten von  $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  gewählt und wird um die geringste Stufe von  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  entsprechend der Konvention der H PSE (FGSV, 2019) ergänzt. Die geringen berechneten Stickstoffeinträge entsprechen in den vorliegenden Berechnungen einer verkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ -Zusatzbelastung (Jahresmittel) von weniger als  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Solch geringe Konzentrationen sind im Zusammenhang mit Messdaten kaum von Schwankungen der Hintergrundbelastung zu unterscheiden. Damit ist bei dieser geringen Konzentration ein Vergleich von berechneten Immissionen mit Messdaten mit Unsicherheiten verbunden (vergl. **Tab. 4.1**). Für geringere Konzentrationen bzw. Stickstoffeinträge sind noch weniger belastbare Aussagen gegeben. Die berechneten Stickstoffeinträge werden in  $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  mit einer Nachkommastelle ausgegeben; gerundet entsprechend DIN 1333 (1992).

Die **Abb. 7.4** und **Abb. 7.5** zeigen die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag in Böden (N-Deposition), resultierend aus straßenverkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ - und Ammoniaketrägen für den jeweiligen Betrachtungsfall. Die Berechnung der Stickstoffeinträge erfolgt für das gesamte Betrachtungsgebiet und wird im Folgenden für diejenigen Rechenraster ( $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ ) ausgewertet, die innerhalb der betrachteten FFH-Flächen liegen bzw. diese berühren. Die FFH-Flächen sind in den Abbildungen grün umrandet dargestellt.

Der Stickstoffeintrag in den dargestellten Bereichen der FFH-Flächen und des Naturschutzgebietes Wahlbacher Heide wird geprägt durch die verkehrsbedingten Beiträge der A 8. Im Prognosenullfall 2030 sind in dem Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide nördlich und nahe der A 8 verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  und bis  $2 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  prognostiziert. In den FFH-Flächen südlich der A 8 sind verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  und bis  $1 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  berechnet.

Die **Abb. 7.4** zeigt die im Planfall 2030 berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag in die FFH-Flächen und das Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide (FFH-Gebiet). Auch im Planfall 2030 sind in dem Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide nördlich und nahe der A 8 verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  und bis  $2 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  bei geringen Änderungen gegenüber dem Prognosenullfall prognostiziert. In den FFH-Flächen südlich der A 8 sind auch im Planfall verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  und bis  $1 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  berechnet.



— Straße  
▭ FFH-Gebiet

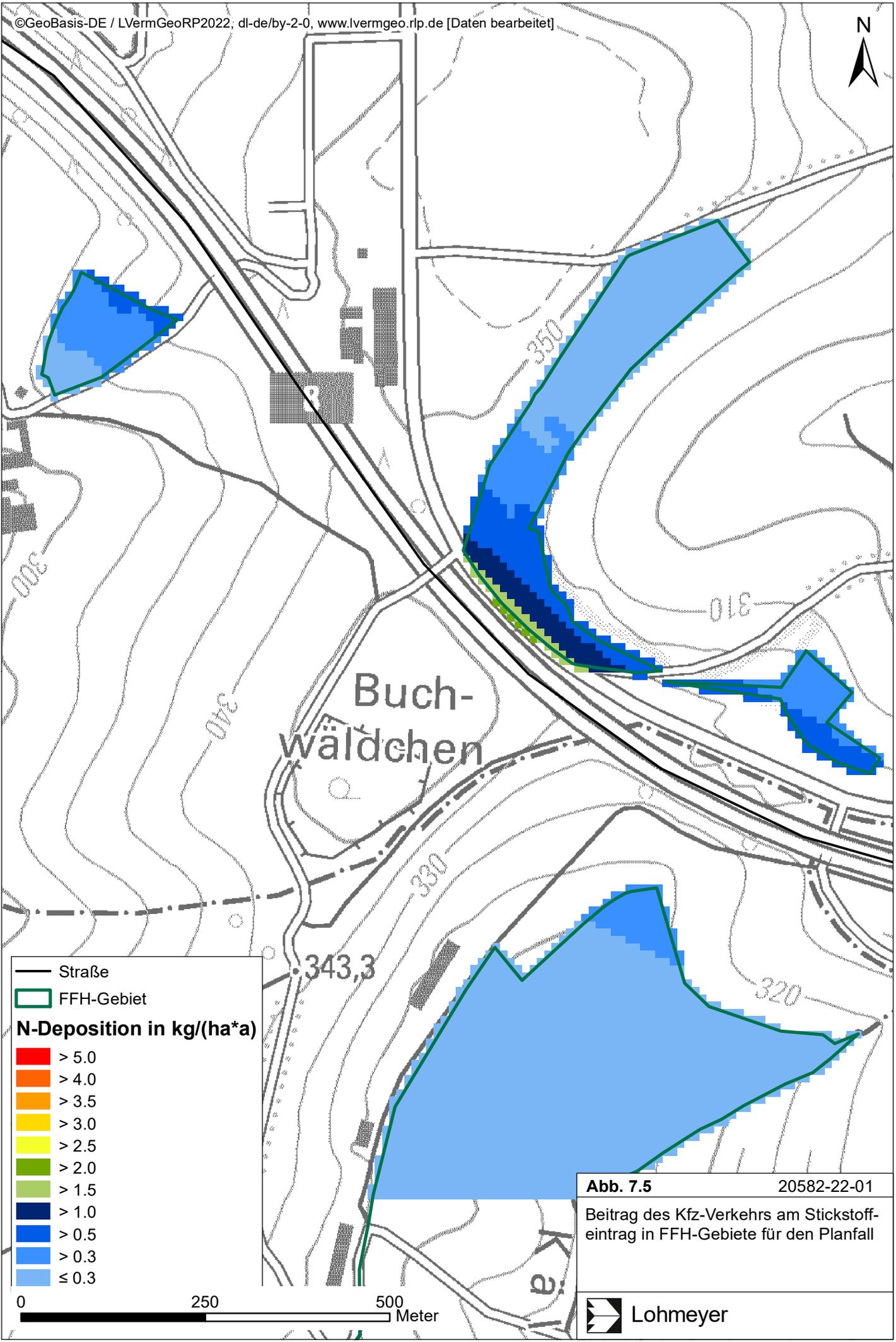
**N-Deposition in kg/(ha\*a)**

Red	> 5.0
Orange	> 4.0
Yellow-Orange	> 3.5
Yellow	> 3.0
Light Yellow	> 2.5
Light Green	> 2.0
Green	> 1.5
Dark Blue	> 1.0
Blue	> 0.5
Light Blue	> 0.3
Very Light Blue	≤ 0.3

**Abb. 7.4** 20582-22-01  
Beitrag des Kfz-Verkehrs am Stickstoff-eintrag in FFH-Gebiete für den Prognoseullfall



Lohmeyer



— Straße  
▭ FFH-Gebiet

**N-Deposition in kg/(ha\*a)**

Red	> 5.0
Orange	> 4.0
Yellow-Orange	> 3.5
Yellow	> 3.0
Light Yellow	> 2.5
Light Green	> 2.0
Green	> 1.5
Dark Green	> 1.0
Dark Blue	> 0.5
Blue	> 0.3
Light Blue	≤ 0.3

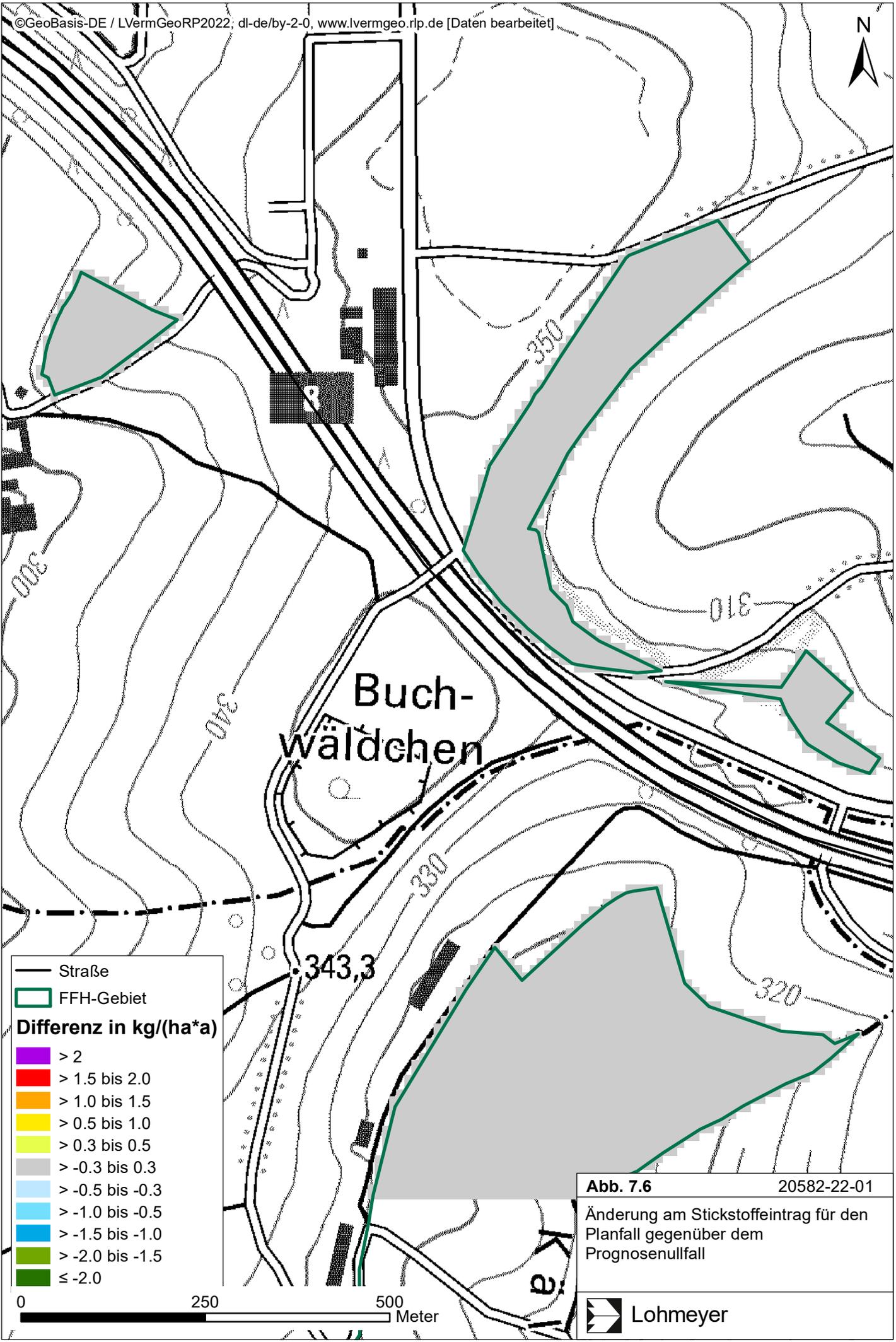
**Abb. 7.5** 20582-22-01  
Beitrag des Kfz-Verkehrs am Stickstoffeintrag in FFH-Gebiete für den Planfall



Lohmeyer

Zur Verdeutlichung der Wirkung der Erweiterung des Factory Outlet Centers und den damit verbundenen verkehrlichen Änderungen ist in **Abb. 7.6** die Differenz der verkehrsbedingten Zusatzbelastung an Stickstoffdeposition des Planfalls gegenüber dem Prognosenullfall 2030 für die FFH-Flächen dargestellt.

Im Planfall 2030 sind für die FFH-Flächen und das Naturschutzgebiet Wahlbacher Heide nahe der A 8 nur geringe Zunahmen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge unter  $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$  berechnet.



— Straße

▭ FFH-Gebiet

**Differenz in kg/(ha\*a)**

- > 2
- > 1.5 bis 2.0
- > 1.0 bis 1.5
- > 0.5 bis 1.0
- > 0.3 bis 0.5
- > -0.3 bis 0.3
- > -0.5 bis -0.3
- > -1.0 bis -0.5
- > -1.5 bis -1.0
- > -2.0 bis -1.5
- ≤ -2.0

**Abb. 7.6** 20582-22-01  
Änderung am Stickstoffeintrag für den  
Planfall gegenüber dem  
Prognosenullfall



## 8 QUELLEN

### 8.1 Literatur

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241) - mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen.
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 - mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen.
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 - mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I Nr. 29, S. 1328), in Kraft getreten am 27. Juni 2020.
- Bachhiesl, M., Narodoslawsky, M., Sturm, P.-J. (2002): Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen. UVP-report 1+2/2002.
- Bächlin, W., Böisinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- BAST (2013): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope. Bericht zum Forschungsprojekt FE 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Band 1099. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn; Carl Schünemann Verlag, Bremen, 2013.
- Bruckmann, P., Otto, R., Wurzler, S., Pfeffer, U., Doppelfeld, A., Beier, R. (2009): Welche Anforderungen stellen die neuen europäischen Regelungen zu der Feinstaubfraktion PM<sub>2,5</sub> an den Immissionsschutz? Immissionsschutz 3/09.
- De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of health impacts of exposure to PM<sub>2.5</sub> at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air and Climate Change, June 2009.
- DIN 1333 (1992): Zahlenangaben. Hrsg.: Normenausschuss Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuss Qualitätssicherung und angewandte Statistik (AQS) im DIN. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, 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).
- Düring, I., Schmidt, W., Moldenhauer, A., Nitzsche, E. (2021): Verbesserung der NO<sub>2</sub>-Immissionsmodellierung mit HBEFA 4.1. Auftraggeber: Umweltbundesamt UBA-FB II4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung. Abschlussbericht der Lohmeyer GmbH vom Februar 2021. Forschungskennzahl 146606.
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.

- FGSV (2019): Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen – H PSE – Stickstoffleitfaden Straße. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2019.
- FGSV (2021): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLUS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Ausgabe 2012, Fassung 2020, veröffentlicht 2021.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- IMMESA (2012-2022): Jahreskurzbericht: Immissionsmessnetz Saar. Hrsg.: Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland, 2012-2021.
- KSG (2019): Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3905) geändert worden ist, in Kraft getreten am 18. Dezember 2019.
- 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., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.
- LAI (2012): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen, LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 1. März 2012.
- LfU RLP (2012-2022): Zentrale Immissionsmessnetz für Rheinland-Pfalz (ZIMEN). Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Stationen im Untersuchungsgebiet des Luftmessnetzes Rheinland-Pfalz unter <http://www.luft-rlp.de/>. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz.

- 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.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-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.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- TREMODO (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMODO“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.
- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI 3782 Blatt 5 (2006): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionparameter. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2006.
- VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2020.

## 8.2 Materialien und Unterlagen

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

- VERTEC (2021): Verkehrsuntersuchung Erweiterung Fashion Outlet Center Zweibrücken“. VERTEC Ingenieurbüro für Verkehrsplanung und -technik, Koblenz, Dezember 2021.
- Lageplan der Erweiterung des Factory Outlet Centers. zfo\_draft\_parking\_places\_V-935 total.pdf, Stand 07.2020.

**A N H A N G A 1**  
**BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-  
STRASSEN**

## A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

### A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide ( $\text{NO}_x$  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  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion über ein Kalenderjahr

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

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO <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 ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

## A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte bzw. Zielwerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM<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 umsetzt.

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. Im Jahr 2013 sollte dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft werden.

### **A1.4 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation**

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO<sub>x</sub> ein Grenzwert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel genannt. Die Anwendung dieses Grenzwertes zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV 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. Daneben gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte für Stickstoffdepositionen zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen.

**A N H A N G A 2**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR**  
**IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das Berechnungsverfahren PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS\_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS\_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

### **A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS\_V**

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO<sub>2</sub> erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2007). 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. A2.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen  $c$  zu

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

wobei:	$c$	=	Abgaskonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	$c^*$	=	dimensionslose Abgaskonzentration
	$Q$	=	emittierter Schadstoffmassenstrom in $\mu\text{g}/(\text{m s})$
	$B$	=	Straßenschluchtbreite in m beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	$u'$	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz in m/s

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS\_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS\_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil in %
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

### A2.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

\* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite  $\geq 5 \times$  Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil  $\geq 61\%$ ) erfüllt ist.

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

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

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

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

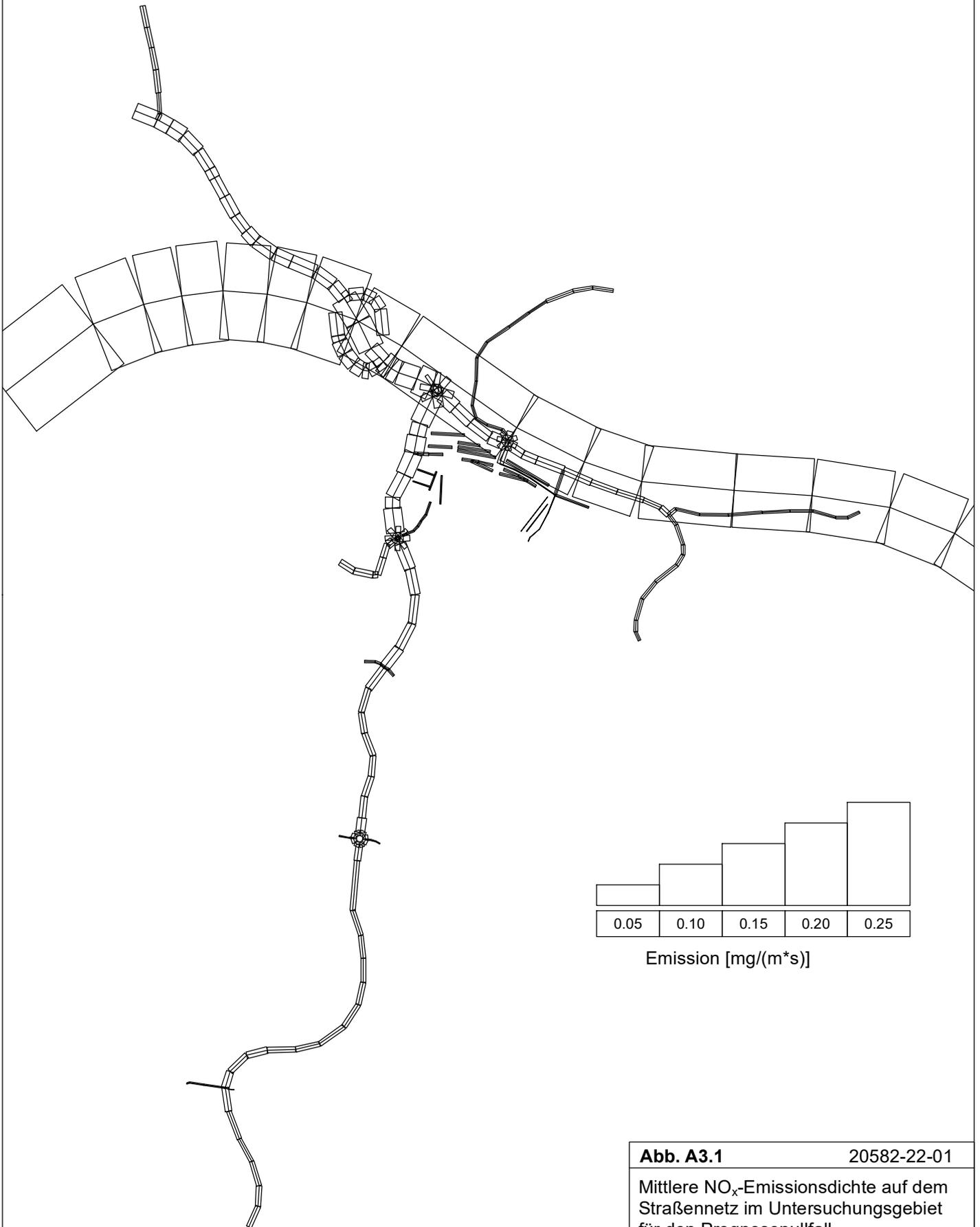
Für die statistische Fehlerbandbreite der NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des 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.

**A N H A N G A 3**  
**EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE**



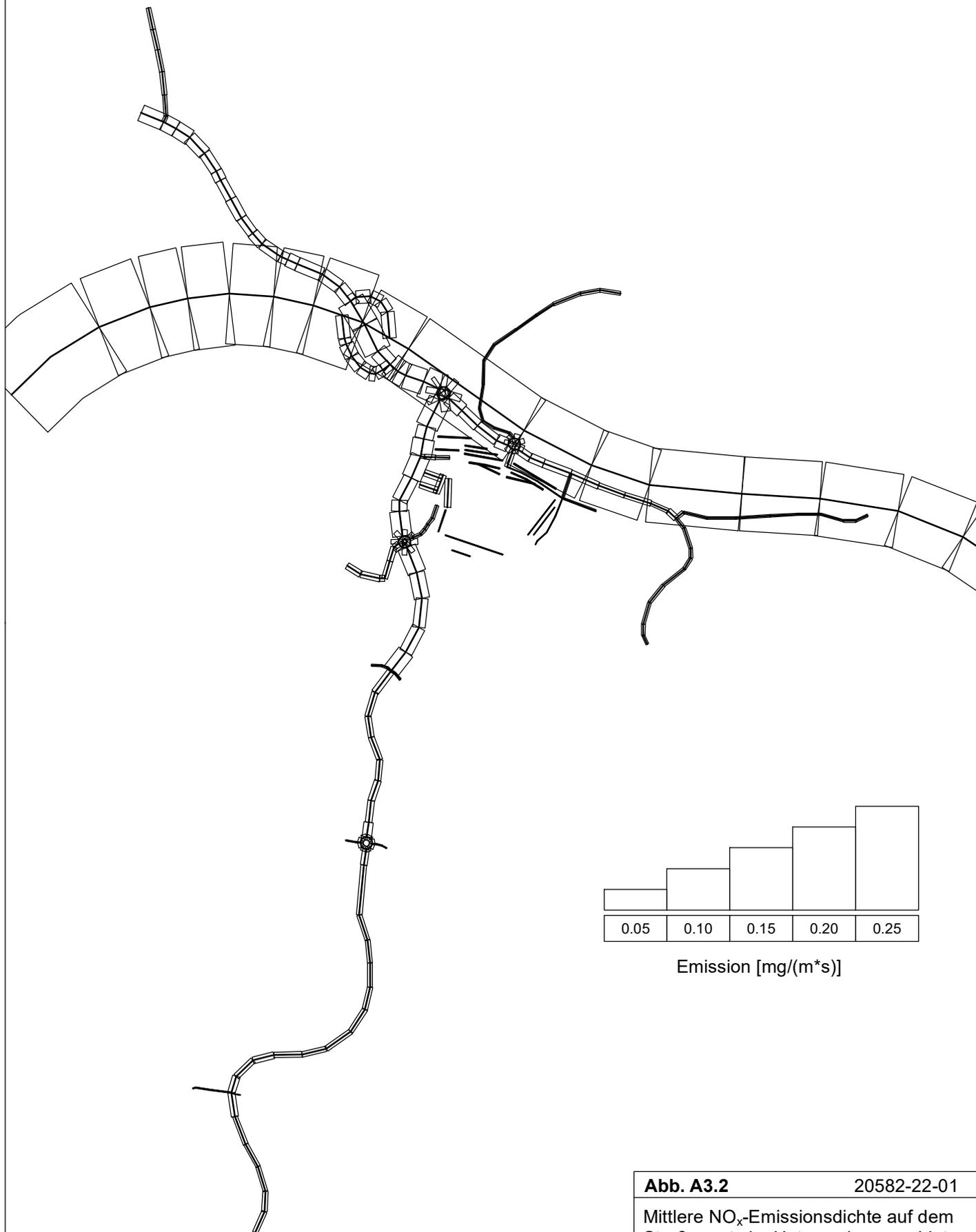
0 250 500  
Meter

**Abb. A3.1**

20582-22-01

Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem  
Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
für den Prognosenullfall





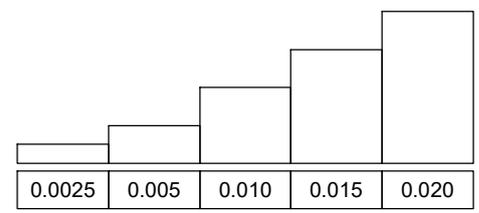
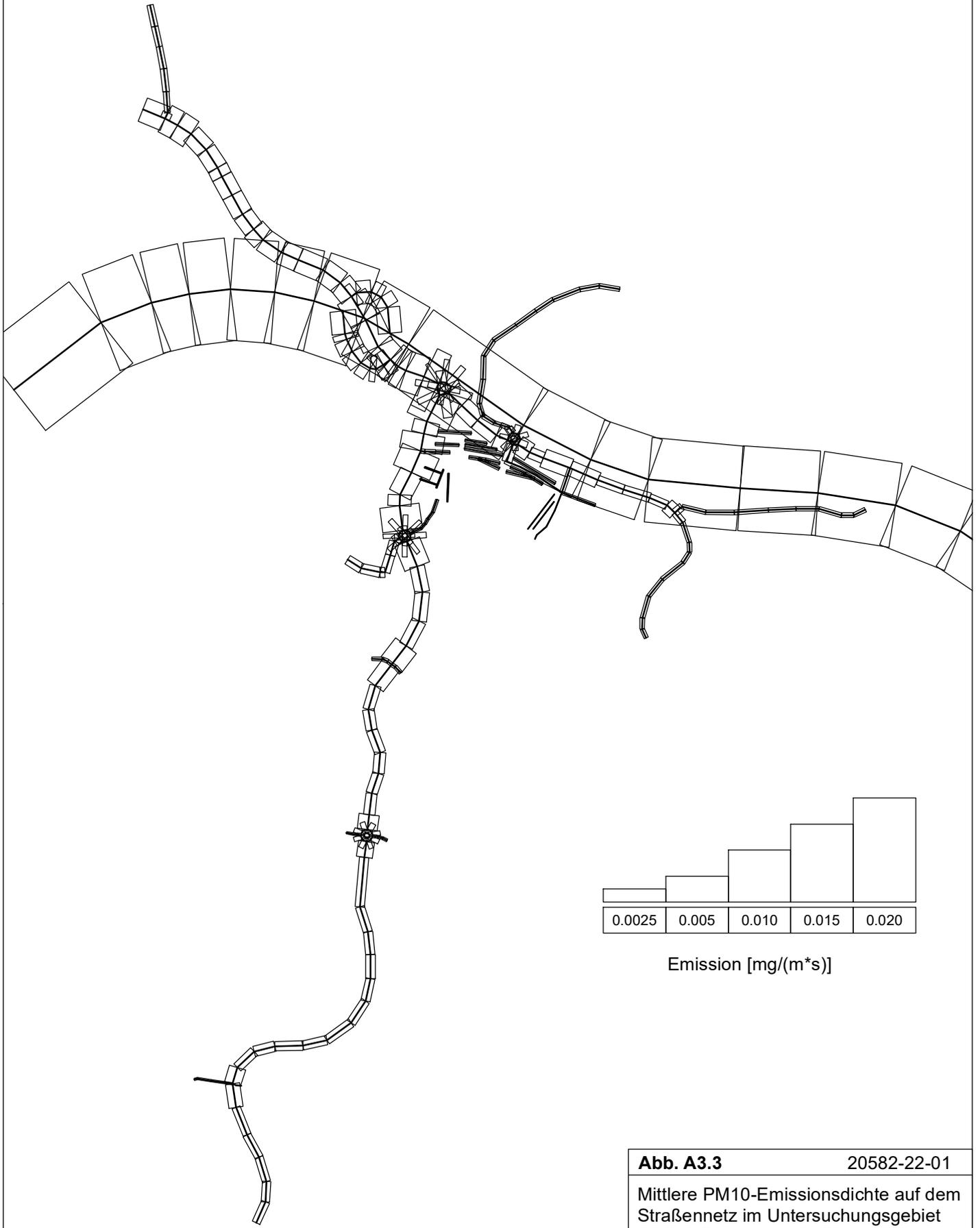
0 250 500  
Meter

**Abb. A3.2**

20582-22-01

Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem  
Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
für den Planfall





Emission [mg/(m\*s)]

0 250 500  
Meter

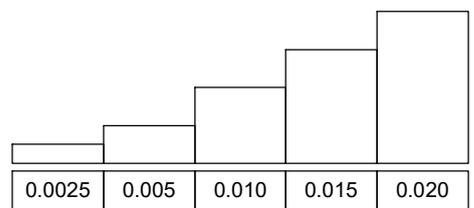
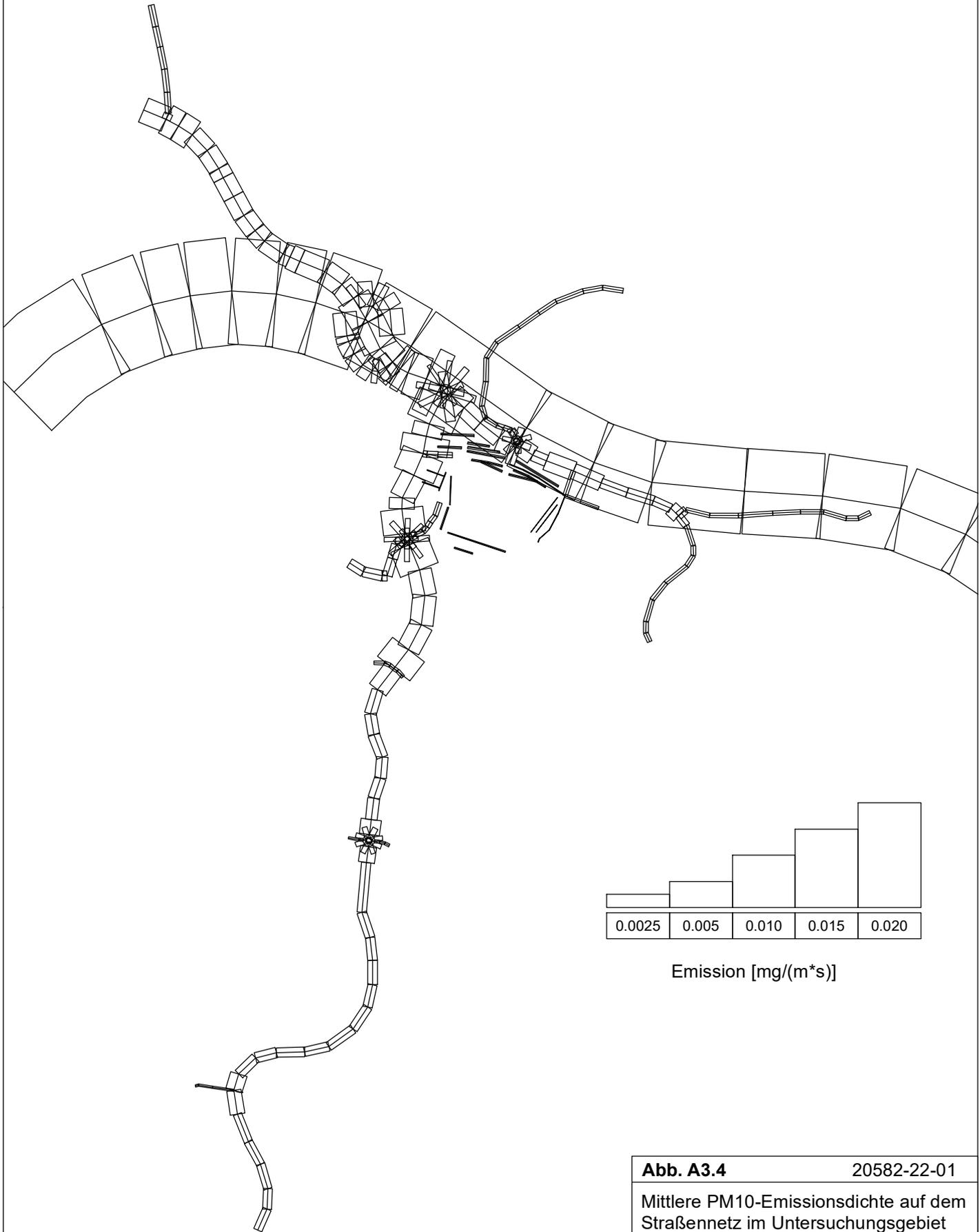
**Abb. A3.3**

20582-22-01

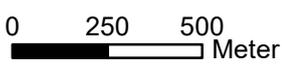
Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall



Lohmeyer



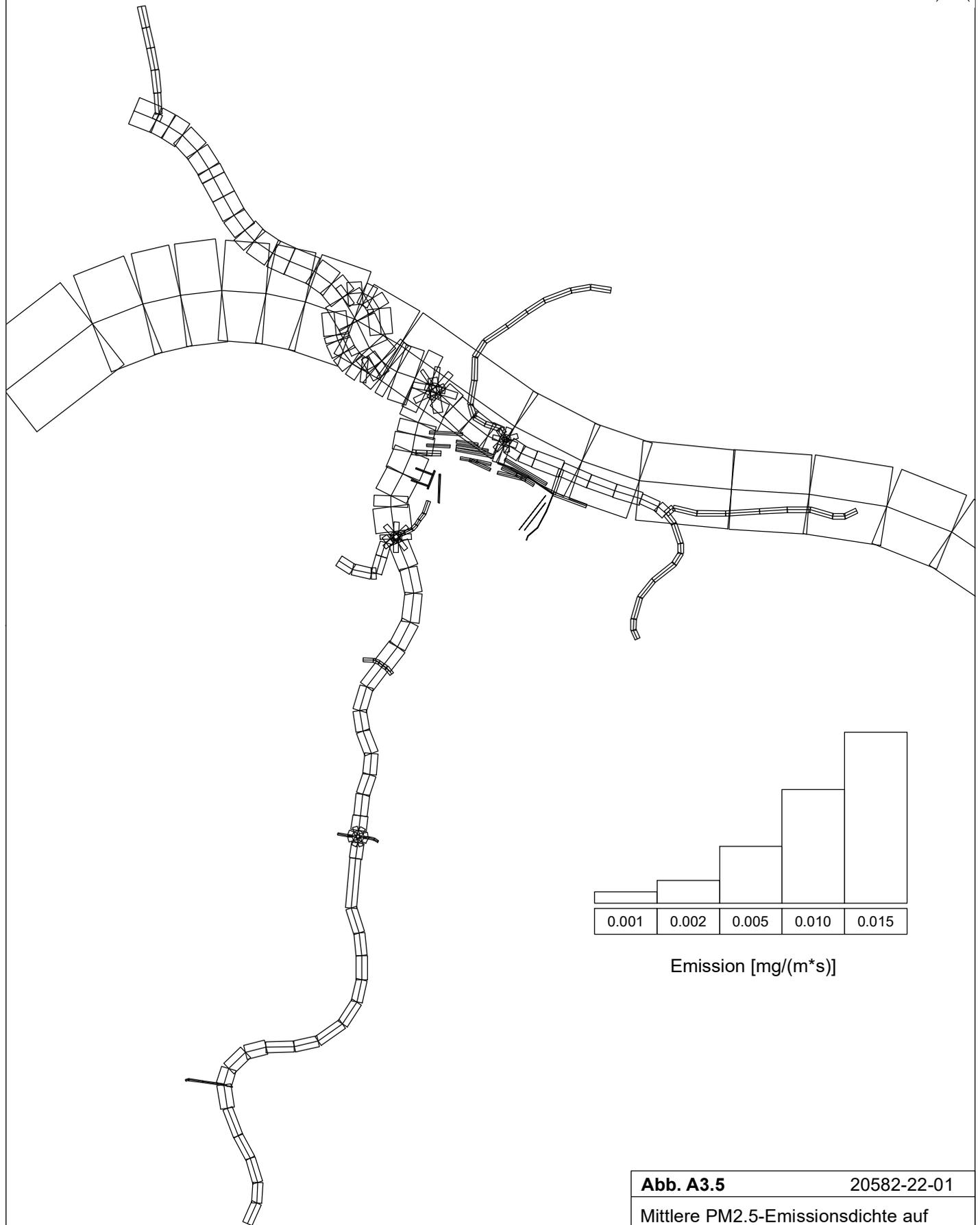
Emission [mg/(m\*s)]



**Abb. A3.4** 20582-22-01

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

 Lohmeyer



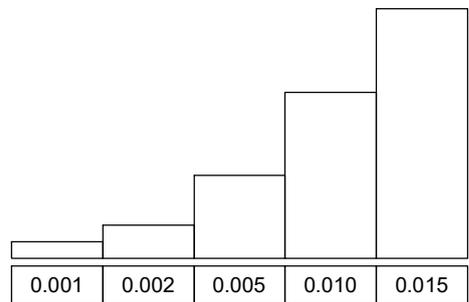
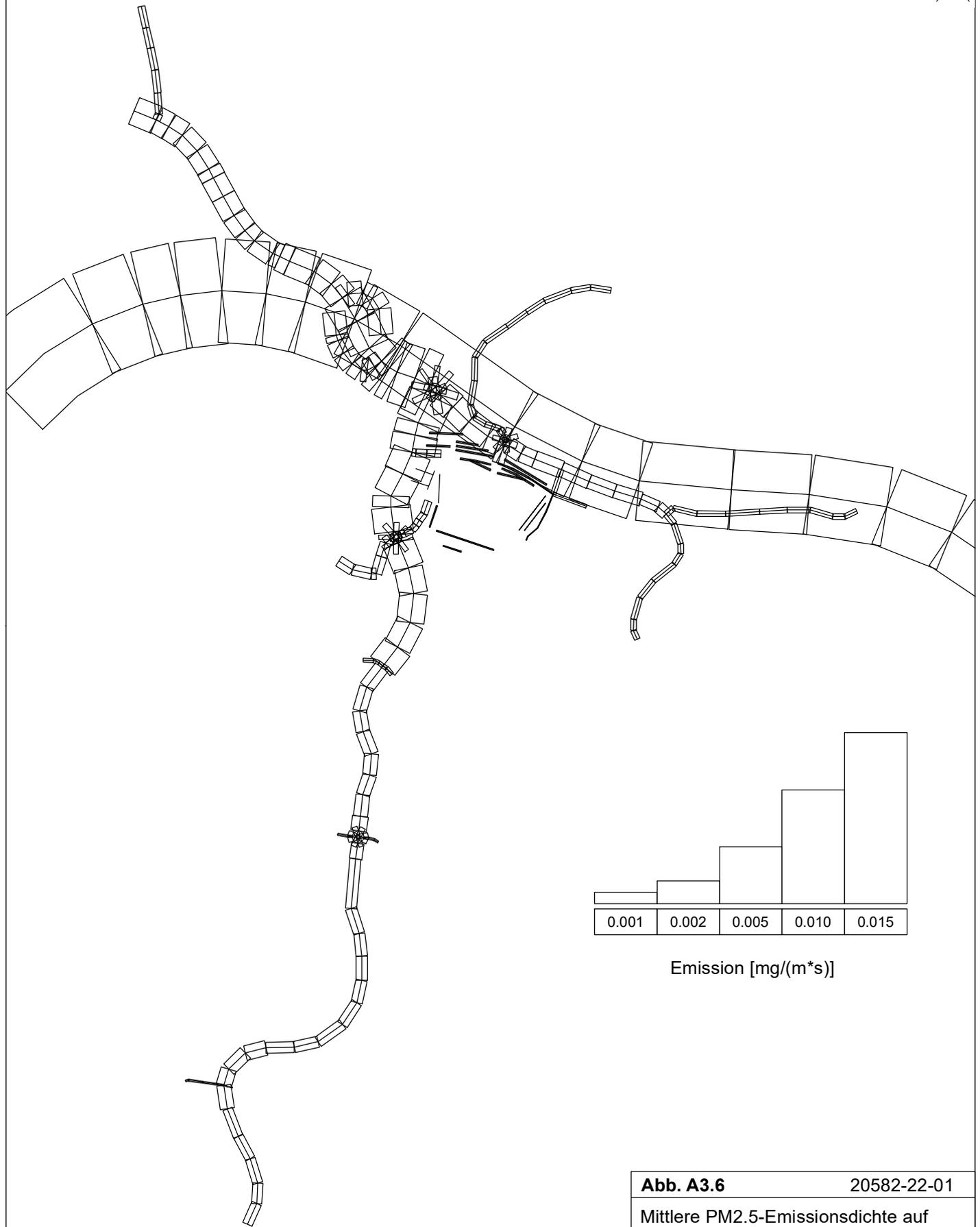
0 250 500  
Meter

**Abb. A3.5**

20582-22-01

Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall





Emission [mg/(m\*s)]

**Abb. A3.6**

20582-22-01

Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall

0 250 500  
Meter

 Lohmeyer