Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg	Regierungspräsidium Tübingen
Bundesstraße B 28 von NK 7421 134 n NK 7522 063 Stat. 5.179 bis NK 7522 063 n NK 7522 066 Stat. 0.140	
B 28 Bad Urach Ausbau Knotenpunkte „Wasserfall“ und „Hochhaus“	
PSP-Element: **V.2410.B0028.A05**	

FESTSTELLUNGSENTWURF

UNTERLAGE 17.2.1

- Luftschadstoffgutachten KP1 „Bäderstraße“ -

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abteilung 4 Straßenwesen und Verkehr Referat 42 Steuerung und Baufinanzen Tübingen, den 11.09.2023	

Lohmeyer

AUSBAU DER B 28 IN BAD URACH, ERTÜCHTIGUNG DES VERKEHRSKNOTENS „BÄDERSTRASSE“, LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Bad Urach
Marktplatz 8-9
72574 Bad Urach

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

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

Dezember 2022
Projekt 20456-21-01
Berichtsumfang 58 Seiten

Niederlassung Karlsruhe: An der Rossweid 15, 76229 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721 / 62510-0, E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Niederlassung Dresden: Friedrichstraße 24, 01067 Dresden, Tel.: +49 (0) 351 / 83914-0, E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Niederlassung Bochum: Wasserstraße 223, 44799 Bochum, Tel.: +49 (0) 234 / 516685-0, E-Mail: info.bo@lohmeyer.de

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 3

2 AUFGABENSTELLUNG 6

3 VORGEHENSWEISE 7

3.1 Berechnungsverfahren 7

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte 8

3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen 10

4 EINGANGSDATEN 12

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes 12

4.2 Verkehrsdaten 13

4.3 Meteorologische Daten 13

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft 19

5 EMISSIONEN 22

5.1 Betrachtete Schadstoffe 22

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren 22

5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren 22

6 ERGEBNISSE 27

6.1 Stickstoffdioxid 27

6.2 Feinstaub PM10 31

6.3 Feinstaub PM2.5 33

7 QUELLEN 38

7.1 Literatur 38

7.2 Materialien und Unterlagen 41

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN 43

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION 47

A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE 53

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m^3 oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z. B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen

Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO_2-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Bad Urach ist an der Bundesstraße B 28 die Ertüchtigung des Verkehrsknotens „Bäderstraße“ geplant, wobei der benachbarte Verkehrsknoten „Hochhaus“ ebenfalls ertüchtigt wird. Im Rahmen der Planfeststellung sind u. a. Aussagen über die Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffbelastung im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit und eine Beurteilung nach 39. BImSchV erforderlich. Zu betrachten war der Planfall mit geplanter Ertüchtigung der Kreuzungsbereiche und, um Be- und Entlastungseffekte aufzeigen zu können, der Prognosenullfall ohne bauliche Änderungen.

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 2026 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 Ertüchtigung der Kreuzung berechnet. Die Ausbreitungsrechnungen wurden unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung durchgeführt.

Für den Prognosenullfall sind die höchsten NO_2-Gesamtbelastungen am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) mit NO_2-Immissionen bis 27 µg/m³ berechnet. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. Zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ sind an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung im Kreuzungsbereich der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) sind für den Prognosenullfall NO_2-Jahresmittelwerte bis 26 µg/m³ und an der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 im östlichen Bereich überwiegend NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³, vereinzelt bis 24 µg/m³ berechnet. Entlang der dicht bebauten Stuttgarter Straße sind für den Prognosenullfall 2026 an der Randbebauung NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ ermittelt. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2026 im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten. Die Richtwerte für NO_2-Jahresmittelwerte für Kurorte werden in den entsprechenden Bereichen nicht überschritten.

Auch im Planfall werden die deutlichsten NO_2-Immissionen am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) bis 27 µg/m³ berechnet. An den beiden Kreuzungen („Bäderstraße“ und „Hochhaus“) ist im Planfall eine Abnahme der NO_2-Immissionen aufgrund der Verkehrsverflüssigung und dem Abrücken der Fahrbahn der B 28 nach Süden prognostiziert. Zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ sind an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten NO_2-Jahresmittelwerte bis 18 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße („Hochhaus“) sind für den Planfall NO_2-Jahresmittelwerte bis 24 µg/m³ berechnet. Im östlichen Bereich der B 28 sind an der nächstgelegenen Bebauung weiter überwiegend NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³, vereinzelt bis 24 µg/m³ ermittelt. Entlang der dicht bebauten Stuttgarter Straße sind für den Prognosenullfall 2026 an der Randbebauung weiter NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Planfall im Bezugsjahr 2026 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten. Die Richtwerte für NO_2-Jahresmittelwerte für Kurorte werden auch im Planfall in den entsprechenden Bereichen nicht überschritten.

Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) mit PM10-Jahresmittelwerten bis 21 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 sowie zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten sind PM10-Jahresmittelwerte bis 15 µg/m³ prognostiziert. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße und entlang der B 28 sind PM10-Jahresmittelwerte für den Prognosenullfall bis 19 µg/m³ berechnet.

Auch im Planfall werden die deutlichsten PM10-Immissionen am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) bis 21 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 sowie zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten sind PM10-Jahresmittelwerte bis 14 µg/m³ prognostiziert. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße und entlang der B 28 sind für den Planfall PM10-Jahresmittelwerte bis 19 µg/m³ berechnet.

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 µg/m³ und den Schwellenwert von 29 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung (mehr als 35 Tage pro Jahr mit PM10-Tagesmittelwerten über 50 µg/m³) im Betrachtungsgebiet deutlich unterschreiten. Für Kurorte soll der gesetzlich festgelegte Langzeitgrenzwert zu weniger als 60% ausgeschöpft werden; das entspricht einem PM10-Jahresmittelwert von 24 µg/m³. Auch dieser Wert wird im Plangebiet unterschritten.

Für PM2.5-Jahresmittelwerte werden der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert von 25 µg/m³ gemäß 39. BImSchV und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2026 im Untersuchungsgebiet deutlich unterschritten. Der Richtwert für Kurorte mit PM2.5-Jahresmittelwerten von 20 µg/m³ für das Verkehrszentrum wird damit deutlich unterschritten. Für Kurorte soll der gesetzlich festgelegte Langzeitgrenzwert zu weniger als 60% ausgeschöpft werden; das entspricht einem PM2.5-Jahresmittelwert von 15 µg/m³. Auch dieser Wert wird im Plangebiet unterschritten.

Aus lufthygienischer Sicht und im Hinblick auf die Beurteilungswerte der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind die Planungen der Ertüchtigung der Kreuzung „Bäderstraße“ nicht abzulehnen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Bad Urach ist an der Bundesstraße B 28 die Ertüchtigung des Verkehrsknotens „Bäderstraße“ geplant, wobei der benachbarte Verkehrsknoten „Hochhaus“ ebenfalls ertüchtigt wird. Im Rahmen der Planfeststellung sind Aussagen über die Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffbelastung erforderlich.

Für diese Planungen ist ein Luftschadstoffgutachten hinsichtlich der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen inklusive Beurteilung im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV. erforderlich.

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_2 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_2 und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren PROKAS ermöglicht für die Immissionsprognosen die Berücksichtigung des Straßennetzes inklusive Kreuzungsbereichen und in typisierter Form die Einflüsse von Randbebauung und Lärmschutzbauten 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_2-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktemissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO_2-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 µg/m³ (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005).

Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

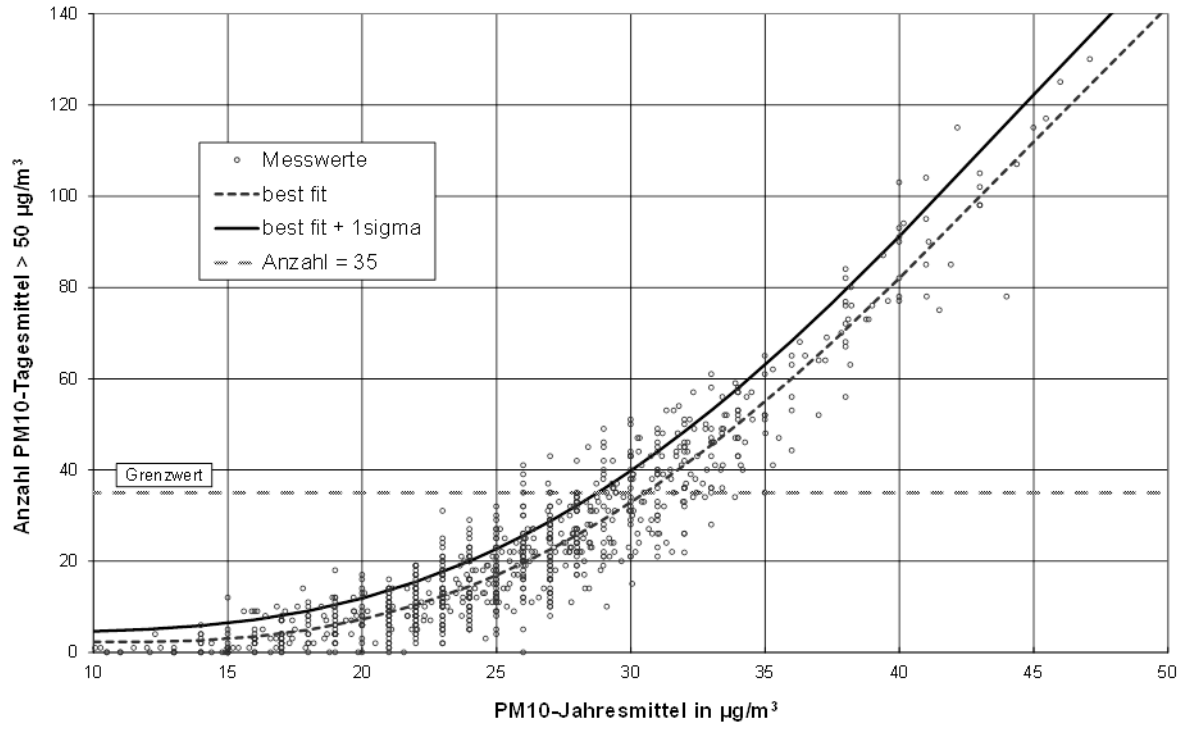


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m³ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m³ abgeleitet.

3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.1** 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 µg/m³**	
		Jahresmittel	**Kurzzeit**
NO_2	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert seit 2015	25	
PM2.5	Richtgrenzwert ab 2020	20	

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010) sowie Richtgrenzwert PM2.5 entsprechend EU-Luftqualitätsrichtlinie

Für Kurorte werden in den Begriffsbestimmungen / Qualitätsstandards für Heilbäder und Kurorte, Luftkurorte, Erholungsorte - einschließlich der Prädikatisierungsvoraussetzungen - sowie für Heilbrunnen und Heilquellen (DHV & DTV, 2018) besondere Anforderungen gestellt. Demnach dürfen die in der 39. BImSchV gesetzlich festgelegten Langzeitgrenzwerte zum Schutz der Allgemeinbevölkerung vor Gesundheitsgefahren in der Regel in allen Bereichen eines Kurortes zu weniger als 60% ausgeschöpft werden (Vorsorgewert; DHV & DTV, 2018). Des Weiteren sind für NO_2 und PM2.5-Feinstaub nutzungsabhängige Richtwerte für die Luftqualität in Kurorten aufgeführt, die z. T. auch in der VDI-Richtlinie „Umweltmeteorologie - Human-biometeorologische Anforderungen im Bereich Erholung, Prävention, Heilung und Rehabilitation“ (VDI 3787 Blatt 10, 2010) genannt werden. Für Heilbäder und Kurorte sowie in Seebädern ohne kurmedizinischen Hintergrund und Luftkurorten werden normale Anforderungen an die Luftbeschaffenheit gestellt (**Tab 3.2**), wobei zwischen dem Kurgebiet (KG), dem Ortszentrum (OZ) sowie dem Verkehrszentrum (VZ) unterschieden wird.

	Kurgebiet (KG)	**Ortszentrum (OZ)**	**Verkehrs-zentrum (VZ)**
NO_2	20	24	32
PM2.5	-	-	20

Tab. 3.2: Richtwerte (Jahresmittelwerte) für Kurorte – Angaben jeweils in µg/m³ (DHV & DTV, 2018)

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 7.2 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

Die Stadt Bad Urach liegt in Baden-Württemberg am Fuße der Schwäbischen Alb, ca. 10 km östlich von Reutlingen und ca. 7 km südöstlich von Metzingen. Die B 28 stellt eine verkehrliche Hauptverbindung dieser Städte mit den Orten der Schwäbischen Alb nach Blaubeuren und nach Münsingen über die in Bad Urach abzweigende B 465 dar.

Die am südwestlichen Siedlungsrand gelegenen beplanten Verkehrsknoten befinden sich am Rand des überwiegend ebenen Talsohlenbereichs des dort verlaufenden Tals der Erms mit einer Orientierung von Ostsüdosten nach Westnordwesten. Die Randhöhen des Tals der Erms erheben sich über 200 m über die Talsohle. Im Bereich der beplanten Kreuzungen, die ca. 280 m voneinander entfernt sind, weist die B 28 eine innerörtliche Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h auf.

Am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt „Bäderstraße“, der in den Planunterlagen teilweise auch als Knotenpunkt „Wasserfall“ bezeichnet wird, kreuzen sich derzeit die B 28 sowie die Bäderstraße und die Zufahrtsstraße zu den Uracher Wasserfällen. Im Zuge der Planung ist ein Umbau zu einem Doppelknotenpunkt vorgesehen, an dem in einem Abstand von ca. 120 m jeweils die Bäderstraße sowie die Zufahrtsstraße zu den Wasserfällen für Linksabbieger lichtsignalgeregelt in die B 28 einmünden und der Fahrrad- und Fußverkehr mit einer Überführung über die B 28 geführt wird.

Am lichtsignalgeregelten Knotenpunkt „Hochhaus“ kreuzen sich derzeit die B 28 sowie die Stuttgarter Straße und die Max-Eyth-Straße; dabei werden die durchgehenden Verkehre

entlang der B 28 über den westlichen und den südlichen abgekröpften Kreuzungsast abgewickelt. Im Zuge des Umbaus des Knotenpunkts ist eine Verschiebung der Achse der B 28 in südliche Richtung vorgesehen. Die Stuttgarter Straße wird verlängert und mündet abgekröpft und für Linksabbieger lichtsignalgeregelt in die B 28, ca. 50 m von der resultierenden Einmündung entfernt wird die Max-Eyth-Straße an die Stuttgarter Straße angebunden.

Die Lage des Untersuchungsgebietes ist in **Abb. 4.1** dargestellt.

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden durch den Auftraggeber mit der Ausarbeitung „Stadt Bad Urach, Ertüchtigung B 28 - Bereich Wasserfall-/Hochhauskreuzung, Datenbasis für Schalltechnische Untersuchung“ (Planungsgruppe SSW) als Tabellen zur Verfügung gestellt.

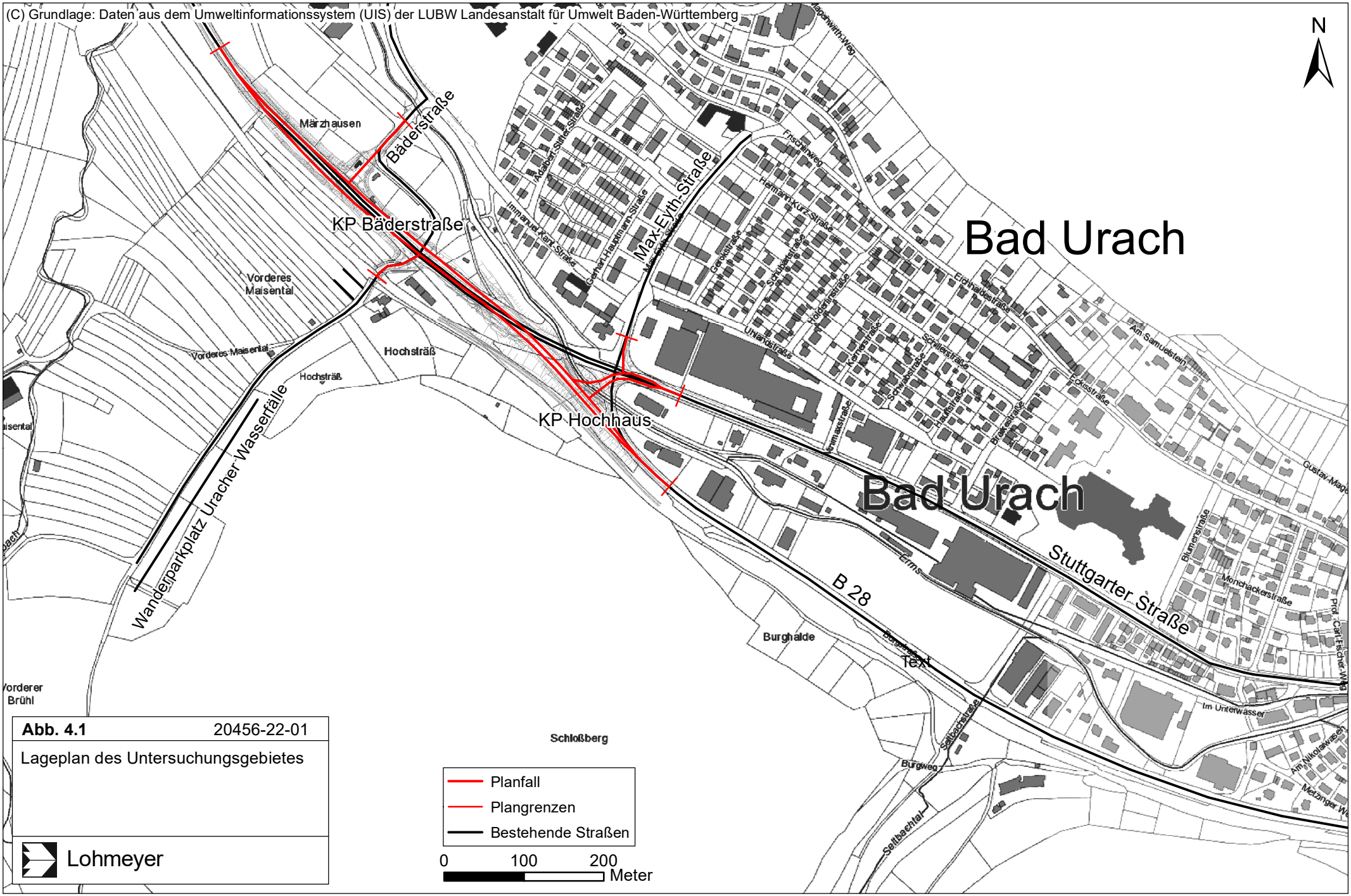
Darin sind Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke DTV und der LKW-(SV) - Fahrten für den Prognosenullfall und den Planfall mit geplanter Ausbau B 28 in Bad Urach im Prognosejahr 2035 enthalten, die in Tabellen aufgelistet sind.

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 Bezugsjahr 2026 angesetzt, dem Jahr der möglichen Inbetriebnahme wesentlicher Teile der geplanten Ertüchtigung des Verkehrsknotens „Bäderstraße“ und des Verkehrsknotens „Hochhaus“.

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 Bad Urach wurde in zurückliegenden Jahren eine Windmessstation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) betrieben, die nordöstlich der Altstadt im von Osten nach Westen orientierten Talbereich der Elsach lag und hinsichtlich der Windrichtungsverteilung nicht für die Verhältnisse im Betrachtungsgebiet nordwestlich der Altstadt im Tal der Erms mit einer Orientierung von Südosten nach Nordwesten zutreffend ist. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde dort mit ca. 2 m/s erfasst.


(C) Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
N
Bad Urach
Bad Urach
KP Bäderstraße
KP Hochhaus
Bäderstraße
Max-Eyth-Straße
Wanderparkplatz Uracher Wasserfälle
Stuttgarter Straße
B 28
Text
Märzhausen
Vorderes Maisental
Hochsträß
Burghalde
Schloßberg
Seltbachtal
Planfall
Plangrenzen
Bestehende Straßen
0
100
200
Meter
Abb. 4.1
20456-22-01
Lageplan des Untersuchungsgebietes
Lohmeyer

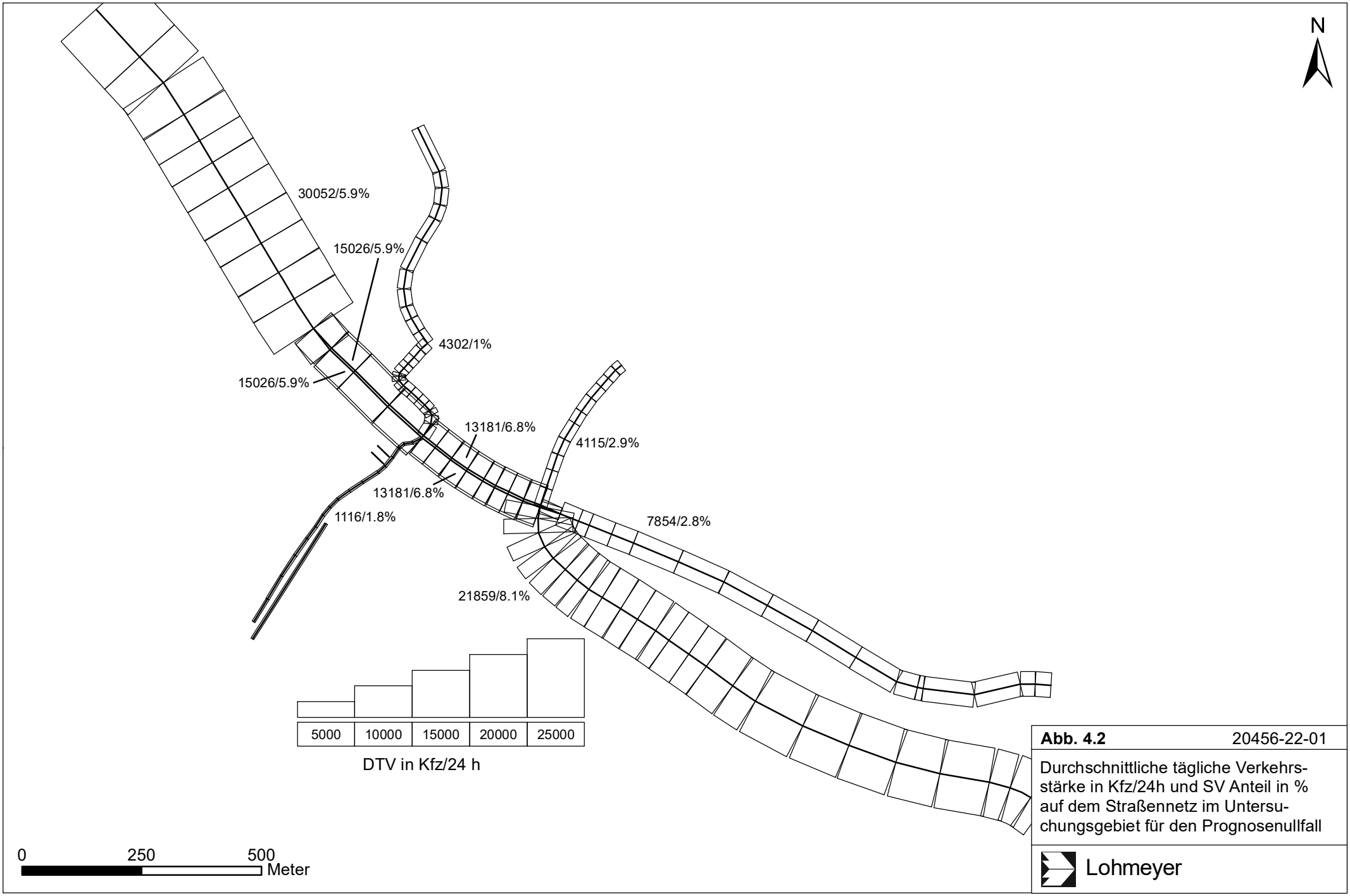


Abb. 4.2 20456-22-01

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

Lohmeyer

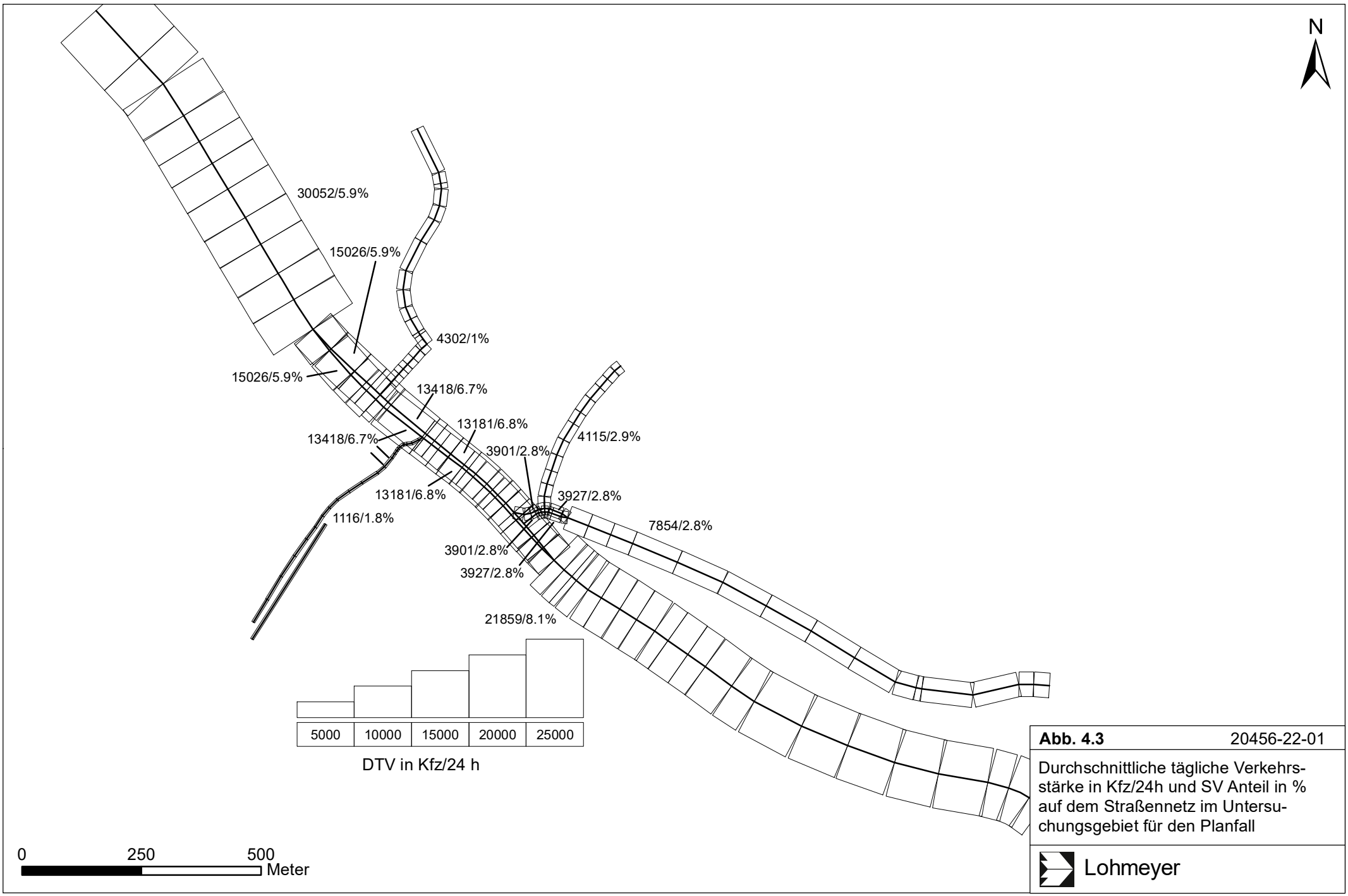


Abb. 4.3 20456-22-01

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

Lohmeyer

Für Deutschland liegen regional repräsentative Winddaten auf Basis von modellierten Reanalyse Daten des Hans-Ertel-Zentrums für Wetterforschung für ein ca. 2 x 2 km Raster und für den Zeitraum 2007-2013 vor. Aus diesem Datensatz wurde die Windverteilung für den nordwestlichen Bereich von Bad Urach übernommen, die in **Abb. 4.4** dargestellt ist und in der Winde aus dem südöstlichen Sektor die Hauptwindrichtung bilden; Winde aus dem westlichen Sektor bilden die sekundäre Hauptwindrichtung. Die mittlere Windgeschwindigkeit im entsprechenden Rasterquadrat beträgt in ca. 10 m über Grund im Freiland ca. 2.7 m/s. Die synthetischen Winddaten können als repräsentativ für die örtlichen Windrichtungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet betrachtet werden.

Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken Baden-Württemberg (Antriebszeitraum 2001 - 2010)

© 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
© 2013 Arge METCON (Pinneberg), IB Rau (Heilbronn), metSoft GbR (Heilbronn)

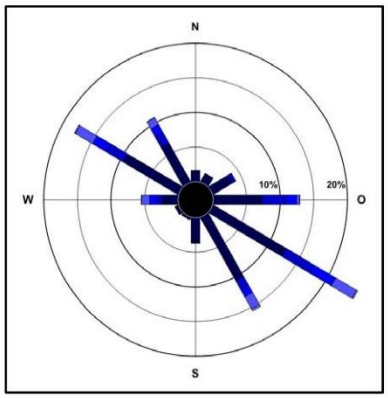
Version 2.05

Lage in UTM ETRS89	
Rechtswert:	32 527 913
Hochwert:	5 371 790

Mittlere Windgeschwindigkeit:
1.5 m/s

Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) und Windrichtungssektoren (°) in % (Klassenaufteilung nach TA Luft)

Geschwindigkeit / Richtung	0-1.3 m/s	1.4-1.8 m/s	1.9-2.3 m/s	2.4-3.8 m/s	3.9-5.4 m/s	5.5-6.9 m/s	7.0-8.4 m/s	8.5-10.0 m/s	> 10.0 m/s	Summe
346°-015°	1.68	0.05	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**1.76**
016°-045°	1.48	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**1.49**
046°-075°	3.42	0.31	0.25	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**4.00**
076°-105°	7.41	3.45	1.68	0.46	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	**13.01**
106°-135°	12.67	4.75	3.78	3.57	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	**24.95**
136°-165°	10.57	1.49	1.24	2.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	**15.61**
166°-195°	3.51	0.04	0.05	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	**3.73**
196°-225°	0.42	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.43**
226°-255°	0.42	0.10	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.64**
256°-285°	2.46	0.70	1.16	1.21	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	**5.57**
286°-315°	9.54	2.96	2.30	2.99	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	**17.97**
316°-345°	6.51	1.92	1.25	1.12	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	**10.85**
Summe	**60.09**	**15.77**	**11.81**	**11.54**	**0.78**	**0.02**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**100.00**



Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

Klasse	I	II	III/1	III/2	IV	V
	34.83	29.26	10.76	12.00	8.46	4.69

Abb. 4.5: Synthetische Windrose für das Betrachtungsgebiet in Bad Urach (Quelle: LUBW.de)

Für Baden-Württemberg stellt die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Steckbriefe synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken basierend auf Modellsimulationen für ein 500 m-Raster zur Verfügung. Die Berechnung der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken berücksichtigen die Einflüsse des Reliefs und der Landnutzung und sind dementsprechend für die jeweiligen Teilbereiche als lokalrepräsentativ anzusehen. Aus dieser Windrosensammlung wurde für das Betrachtungsgebiet in Bad Urach eine Windrose ausgelesen, die in **Abb. 4.5** aufgezeigt ist. Die Hauptwindrichtung wird durch die Lage im Tal der Erms mit südöstlichen Winden sowie nordwestlichen Winden mit geringer mittleren Windgeschwindigkeit von 1.5 m/s in 10 m über dem Siedlungsgebiet angegeben.

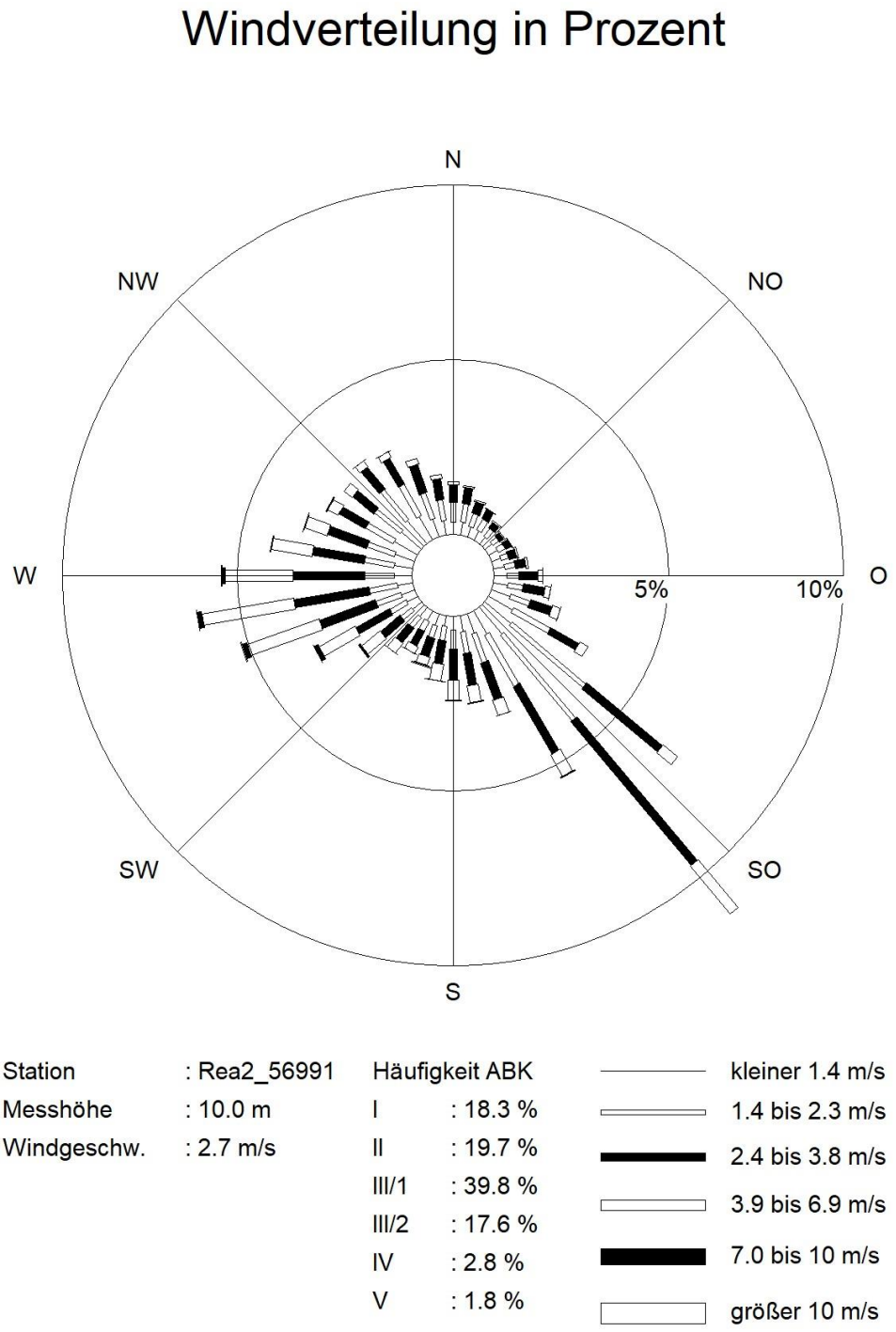


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung bei Bad Urach basierend auf Reanalysedaten für den Zeitraum 2007-2013 (Quelle: Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung)

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die auf modellierten Reanalysedaten basierenden Winddaten in Kombination mit den messtechnisch erfassten Bewölkungsdaten an der Station Metzingen herangezogen und unter Berücksichtigung der Rauigkeiten im Untersuchungsgebiet im Hinblick auf die gemessene Windgeschwindigkeit angewendet.

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.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt zur Überwachung der Luftqualität in Baden-Württemberg ein Immissionsmessnetz. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUBW, 2012-2022). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

Die Station „Reutlingen Lederstraße-Ost“ liegt ca. 14 km westlich von Bad Urach im städtischen Gebiet an einer Hauptverkehrsstraße. Die Station „Reutlingen“ liegt ca. 14 km westlich von Bad Urach im städtischen Gebiet. Die Station „Schwäbische Alb“ ist etwa 20 km südwestlich von Bad Urach entfernt und befindet sich in ländlichem Gebiet, die Station „Bernhausen“ ist etwa 25 km nordwestlich gelegen und die Station „Tübingen“ ist etwa 26 km westlich entfernt. Beide Stationen befinden sich im vorstädtischen Gebiet.

Auf Grundlage der in **Tab. 4.1** aufgeführten Messwerte wird als gutachterliche Einschätzung und in Orientierung an der vorstädtischen Station in Tübingen für das Untersuchungsgebiet mit angrenzenden Siedlungsbereichen eine NO_2- Hintergrundbelastung von 15 µg/m³ und eine PM10-Hintergrundbelastung von 13 µg/m³ abgeleitet (**Tab. 4.2**).

Entsprechend aktuellen Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) gibt es eine Korrelation zwischen PM10 und PM2.5. De Leeuw et al. (2009) erhielten bei der Datenauswertung ein Verhältnis von PM2.5 zu PM10 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 PM2.5 zu PM10 bestimmt.

Schadstoff-komponente		Reutlingen Lederstraße-Ost	Reutlingen	Schwäbische Alb	Bernhausen	Tübingen
NO_2 Jahresmittelwert in µg/m³	2011	84	26	6	32	22
	2012	79	25	7	30	21
	2013	72	25	7	30	23
	2014	71	25	7	30	21
	2015	70	27	8	31	22
	2016	66	26	7	30	22
	2017	60	25	7	28	21
	2018	53	25	7	27	21
	2019	46	23	6	24	19
	2020	36	20	6	20	17
	2021	32	18	5	18	15
PM10 Jahresmittelwert in µg/m³	2011	37	18	13	21	19
	2012	34	18	12	19	17
	2013	38	18	13	20	18
	2014	31	17	11	18	16
	2015	29	17	12	19	18
	2016	28	17	10	18	16
	2017	28	16	10	18	16
	2018	23	16	11	17	16
	2019	21	14	10	16	15
	2020	18	13	9	15	15
	2021	17	13	8	14	13
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m³)	2011	67	8	-	11	7
	2012	61	4	3	7	7
	2013	79	8	-	10	7
	2014	24	6	1	7	5
	2015	33	1	0	4	1
	2016	22	4	0	4	1
	2017	25	11	1	11	10
	2018	11	7	2	7	4
	2019	10	3	0	2	1
	2020	6	2	1	4	2
	2021	4	3	3	3	3

Schadstoff-komponente		Reutlingen Lederstraße-Ost	Reutlingen	Schwäbische Alb	Bernhausen	Tübingen
PM2.5 Jahresmittel-wert in µg/m³	2011	22	-	9	-	12
	2012	19	-	8	-	11
	2013	20	-	9	-	11
	2014	17	-	7	-	11
	2015	16	-	8	-	10
	2016	15	-	8	-	9
	2017	15	-	7	-	8
	2018	13	-	8	-	12
	2019	11	-	7	-	11
	2020	10	-	5	-	11
	2021	8	8	5	-	11

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW 2011-2022;).

Für Ozon wird eine Hintergrundbelastung von 45 µg/m³ im Jahresmittel ausgelesen.

Schadstoff	Jahresmittelwert in µg/m³
NO_2	15
PM10	13
PM2.5	9

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet

Auf Grundlage dieser Verhältnisse von PM2.5 zu PM10 und der oben genannten Zusammenhänge ergibt sich ein PM2.5-Wert von 9 µg/m³, der etwas höher ausfällt gegenüber dem Messwert der Station Tübingen; wird für das Untersuchungsgebiet eine PM2.5-Hintergrundbelastung von 9 µg/m³ angesetzt.

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_2-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_2 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 mittleres 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 (lNfz) 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, lNfz, 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. lNfz 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:

AO-HVS100:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 100 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-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 einige Kreuzungsbereiche angesetzt. Der Stop&Go Verkehr wird innerhalb der Stellplatzanlagen „Wanderparkplatz Uracher Wasserfälle“ angesetzt, um Rangiervorgänge und Parkmanöver 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 Bad Urach eine an der Station Metzingen gemessene mittlere Lufttemperatur von ca. 10.9°C im Zeitraum 2011 bis 2021 (Quelle DWD), die gegenüber der im HBEFA verwendeten mittleren deutschlandweiten Lufttemperatur von 9°C etwas höher liegt.

Straßenparameter		**spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2026**									
Verkehrssituation (Kürzel)	**Geschwindigkeit** in km/h	**NO_x**		**$NO_{2\ direkt}$**		**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**
AO-HVS100_2	94.0	0.176	0.746	0.030	0.1131	0.0029	0.0077	0.029	0.13	0.012	0.056
AO-HVS70d	53.8	0.151	0.732	0.026	0.1014	0.0025	0.0088	0.033	0.35	0.016	0.073
AO-HVS70d_2	53.8	0.159	0.860	0.027	0.1257	0.0026	0.0088	0.033	0.35	0.016	0.073
AO-HVS70g	37.0	0.210	1.052	0.036	0.1465	0.0032	0.0127	0.039	0.70	0.018	0.081
IO-HVS50_2	49.0	0.149	0.973	0.016	0.1492	0.0051	0.0097	0.026	0.10	0.019	0.076
IO-HVS50_4	49.0	0.170	0.834	0.018	0.1245	0.0052	0.0104	0.026	0.10	0.020	0.076
IO-HVS50_6	49.0	0.207	0.858	0.022	0.1244	0.0054	0.0117	0.026	0.10	0.020	0.078
IO-HVS50d	39.6	0.178	1.139	0.019	0.1528	0.0053	0.0110	0.032	0.35	0.021	0.079
IO-HVS50d_2	39.6	0.184	1.169	0.020	0.1775	0.0053	0.0115	0.032	0.35	0.021	0.079
IO-HVS50d_4	39.6	0.205	1.038	0.022	0.1603	0.0054	0.0122	0.032	0.35	0.021	0.080
IO-HVS50g	24.9	0.251	1.632	0.027	0.2015	0.0060	0.0183	0.039	0.70	0.021	0.086
IO-HVS50g_2	24.9	0.258	1.614	0.028	0.2009	0.0060	0.0183	0.039	0.70	0.021	0.086
IO-NS30	33.6	0.213	1.300	0.021	0.1748	0.0056	0.0142	0.026	0.28	0.021	0.082
IO-NS30_2	33.6	0.216	1.284	0.021	0.1792	0.0057	0.0142	0.026	0.28	0.021	0.082
IO-NS30_4	33.6	0.233	1.164	0.023	0.1661	0.0058	0.0146	0.026	0.28	0.021	0.083
IO-NS30_6	33.6	0.262	1.108	0.027	0.1594	0.0060	0.0156	0.026	0.28	0.021	0.084
IO-NS30d	26.5	0.239	1.521	0.024	0.1965	0.0059	0.0166	0.034	0.50	0.021	0.085
IO-NS30d_2	26.5	0.241	1.526	0.024	0.2065	0.0059	0.0169	0.034	0.50	0.021	0.085
IO-NS30d+2	26.5	0.281	1.579	0.029	0.2107	0.063	0.0211	0.034	0.50	0.022	0.089
IO-NS30d-2	26.5	0.201	1.472	0.020	0.2022	0.055	0.0128	0.034	0.50	0.021	0.081
IO-NS30s	9.6	0.324	3.177	0.034	0.4025	0.0073	0.0307	0.044	1.20	0.023	0.099

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

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), Steigungen („+“), Gefälle („-“) und die zugehörigen Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2026 unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten; 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 NO_x und $NO_{2direkt}$ sowie PM10 und PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Tab. 5.2 zeigt exemplarisch für die B 28/Burgstraße sowie für die Stuttgarter Straße die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten für den Prognosenullfall sowie den Planfall im Bezugsjahr 2026. In Anhang A3 sind die berechneten Emissionen im Straßennetz und deren räumliche Verteilung grafisch aufgezeigt.

Sreckenabschnitt	**DTV** in Kfz/24h	**SV-Anteil** in %	**Verkehrssituation**	**Mittlere Emissionsdichte**			
				NO_x in mg/(m*s)	**NO_{2d}** in mg/(m*s)	**PM10** in mg/(m*s)	**PM2.5** in mg/(m*s)
B 28/Burgstraße Prognosenullfall	21 859	8.1	IO-HVS50g_2	0.0931	0.0107	0.0252	0.0068
B 28/Burgstraße Planfall	21 859	8.1	IO-HVS50d_2	0.0667	0.0082	0.0162	0.0064
Stuttgarter Str. Prognosenullfall	7 854	2.8	IO-NS30d	0.0250	0.0026	0.0049	0.0021
Stuttgarter Str. Planfall	7 854	2.8	IO-NS30	0.0221	0.0023	0.0035	0.0021

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die B 28/Burgstraße sowie für die Stuttgarter Straße

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

Für den Planfall wird eine geringere Verzögerung an den geplanten Lichtsignalanlagen und eine geringere mittlere Aufstelllänge gegenüber dem bisherigen Bestand berücksichtigt.

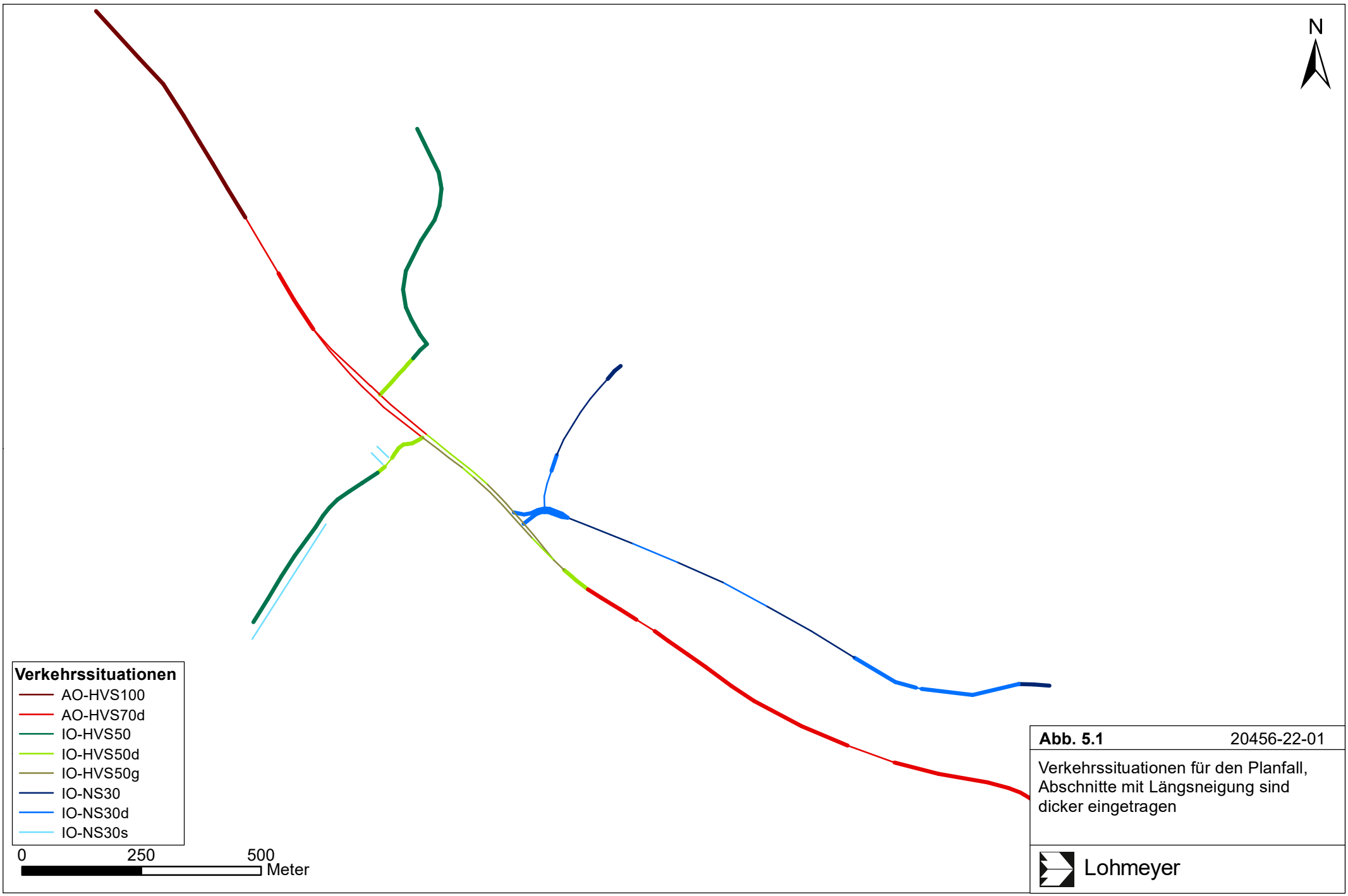


Abb. 5.1 20456-22-01

Verkehrssituationen für den Planfall, Abschnitte mit Längsneigung sind dicker eingetragen

Lohmeyer

6 ERGEBNISSE

Die Schadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet werden für die Untersuchungspunkte in Bodennähe in einem 5 m x 5 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_2 und PM10 von 40 µg/m³ im Jahresmittel mit roter Farbe, der PM10-Schwellenwert von 29 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung des PM10-Kurzzeitwertes mit gelber Farbe belegt. Der Grenzwert für den PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ wird mit roter Farbe und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ mit gelber Farbe belegt. Weiße Flächen kennzeichnen Bereiche ohne Datenwert.

6.1 Stickstoffdioxid

Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO_2-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognosenullfall im Bezugsjahr 2026. Die höchsten NO_2-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) mit NO_2-Immissionen bis 27 µg/m³ berechnet. Entlang der Stuttgarter Straße sind NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Mit zunehmendem Abstand vom Straßenrand nehmen die NO_2-Konzentrationen ab.

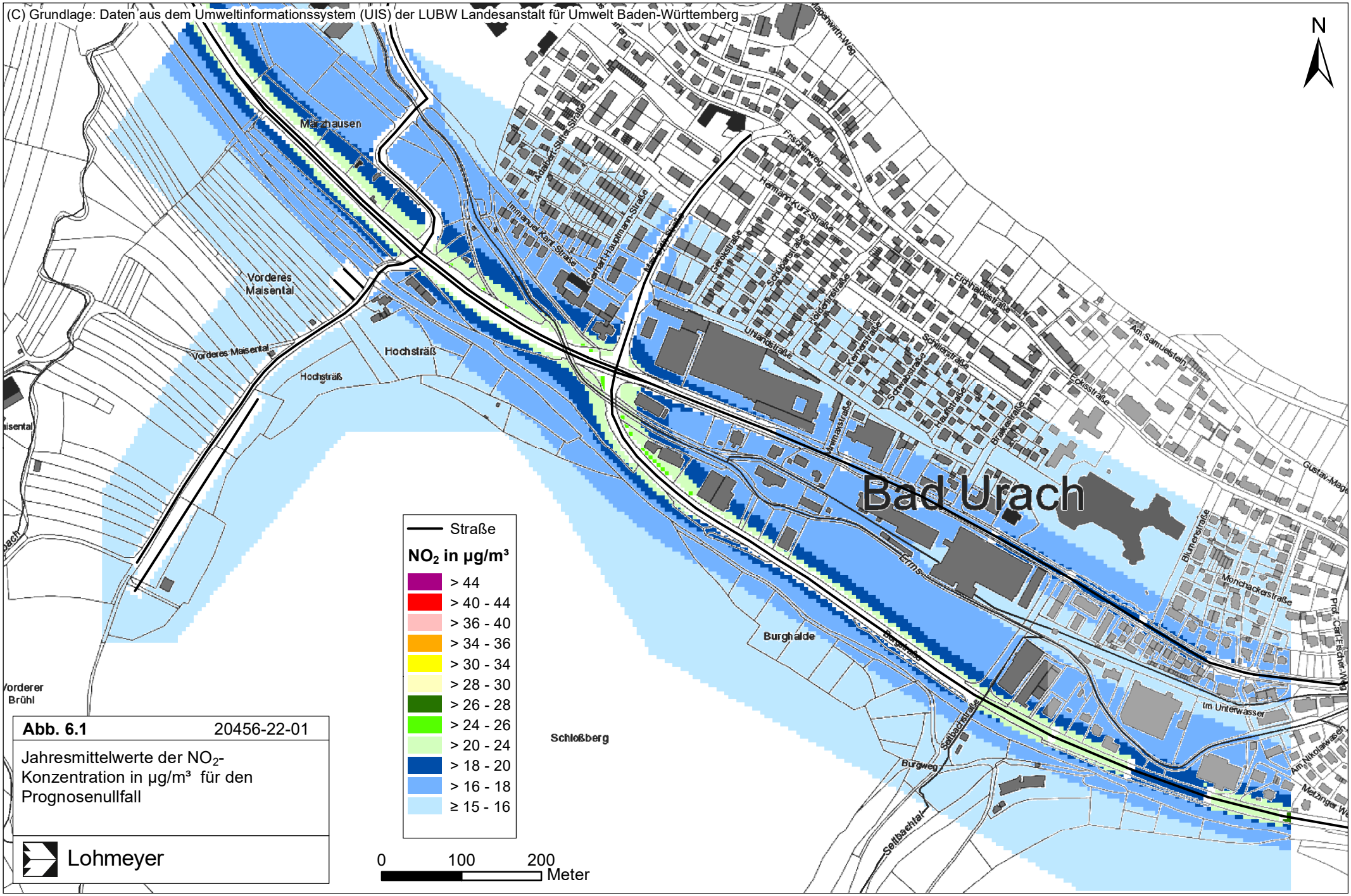


Abb. 6.1 20456-22-01

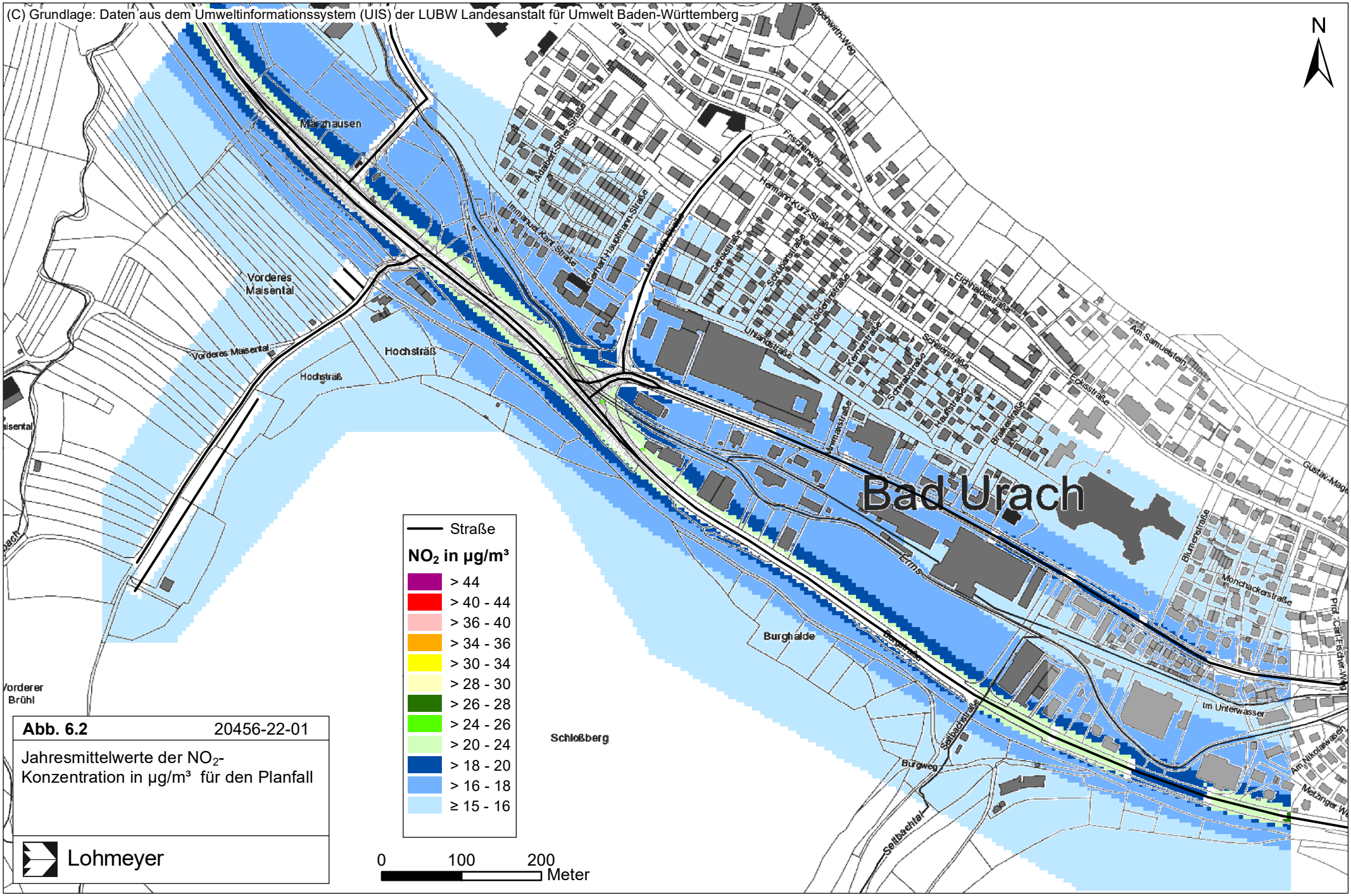
Jahresmittelwerte der NO_2-Konzentration in µg/m³ für den Prognosenullfall

Lohmeyer

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. Zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ sind an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten in ca. 20 m Abstand zum Fahrbahnrand NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung im Kreuzungsbereich der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) sind für den Prognosenullfall NO_2-Jahresmittelwerte bis 26 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 im östlichen Bereich sind überwiegend NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³, vereinzelt bis 24 µg/m³ ermittelt. Entlang der dicht bebauten Stuttgarter Straße sind für den Prognosenullfall 2026 an der Randbebauung NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2026 im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten. Der Richtwert für NO_2-Jahresmittelwerte für Kurorte von 32 µg/m³ für das Verkehrszentrum wird auch am Fahrbahnrand nicht überschritten, derjenige für das Ortszentrum von 24 µg/m³ wird an der betrachteten Bebauung nicht überschritten. Im Betrachtungsgebiet wird an der bestehenden Wohnbebauung der Richtwert für Kurgebiete von 20 µg/m³ überwiegend nicht überschritten.

In **Abb. 6.2** sind für den Planfall mit dem Ausbau des Knotenpunktes „Bäderstraße“ sowie des Knotenpunktes „Hochhaus“ im Bezugsjahr 2026 die berechneten NO_2-Immissionen dargestellt. Auch im Planfall werden die deutlichsten NO_2-Immissionen am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) bis 27 µg/m³ berechnet. An den beiden Kreuzungen („Bäderstraße“ und „Hochhaus“) ist im Planfall eine Abnahme NO_2-Immissionen aufgrund der Verkehrsverflüssigung und dem Abrücken der Fahrbahn der B 28 nach Süden prognostiziert.

Zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ rückt der Fahrbahnbereich der B 28 nach Süden und damit von der bestehenden Bebauung ab; dort sind an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten in ca. 60 m Abstand zum Fahrbahnrand NO_2-Jahresmittelwerte bis 18 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße („Hochhaus“) sind für den Planfall NO_2-Jahresmittelwerte bis 24 µg/m³ berechnet. Im östlichen Bereich der B 28 sind an der nächstgelegenen Bebauung weiter überwiegend NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³, vereinzelt bis 24 µg/m³ ermittelt. Entlang der dicht bebauten Stuttgarter Straße sind für den Prognosenullfall 2026 an der Randbebauung weiter NO_2-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet.


(C) Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
N
Bad Urach
Marzhausen
Vorderes Maisental
Hochsträß
Burghalde
Schloßberg
Vorderer Brühl
Straße
NO2 in µg/m³
> 44
> 40 - 44
> 36 - 40
> 34 - 36
> 30 - 34
> 28 - 30
> 26 - 28
> 24 - 26
> 20 - 24
> 18 - 20
> 16 - 18
≥ 15 - 16
0
100
200
Meter
Abb. 6.2
20456-22-01
Jahresmittelwerte der NO2-Konzentration in µg/m³ für den Planfall
Lohmeyer

Der geltende Grenzwert der 39. BImSchV für NO_2-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird im Planfall im Bezugsjahr 2026 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich unterschritten. Im Planfall wird der Richtwert für NO_2-Jahresmittelwerte für Kurorte von 32 µg/m³ für das Verkehrszentrum auch am Fahrbahnrand nicht überschritten, derjenige für das Ortszentrum von 24 µg/m³ wird an der betrachteten Bebauung nicht überschritten. Im Betrachtungsgebiet wird an der bestehenden Wohnbebauung der Richtwert für Kurgebiete von 20 µg/m³ überwiegend nicht überschritten.

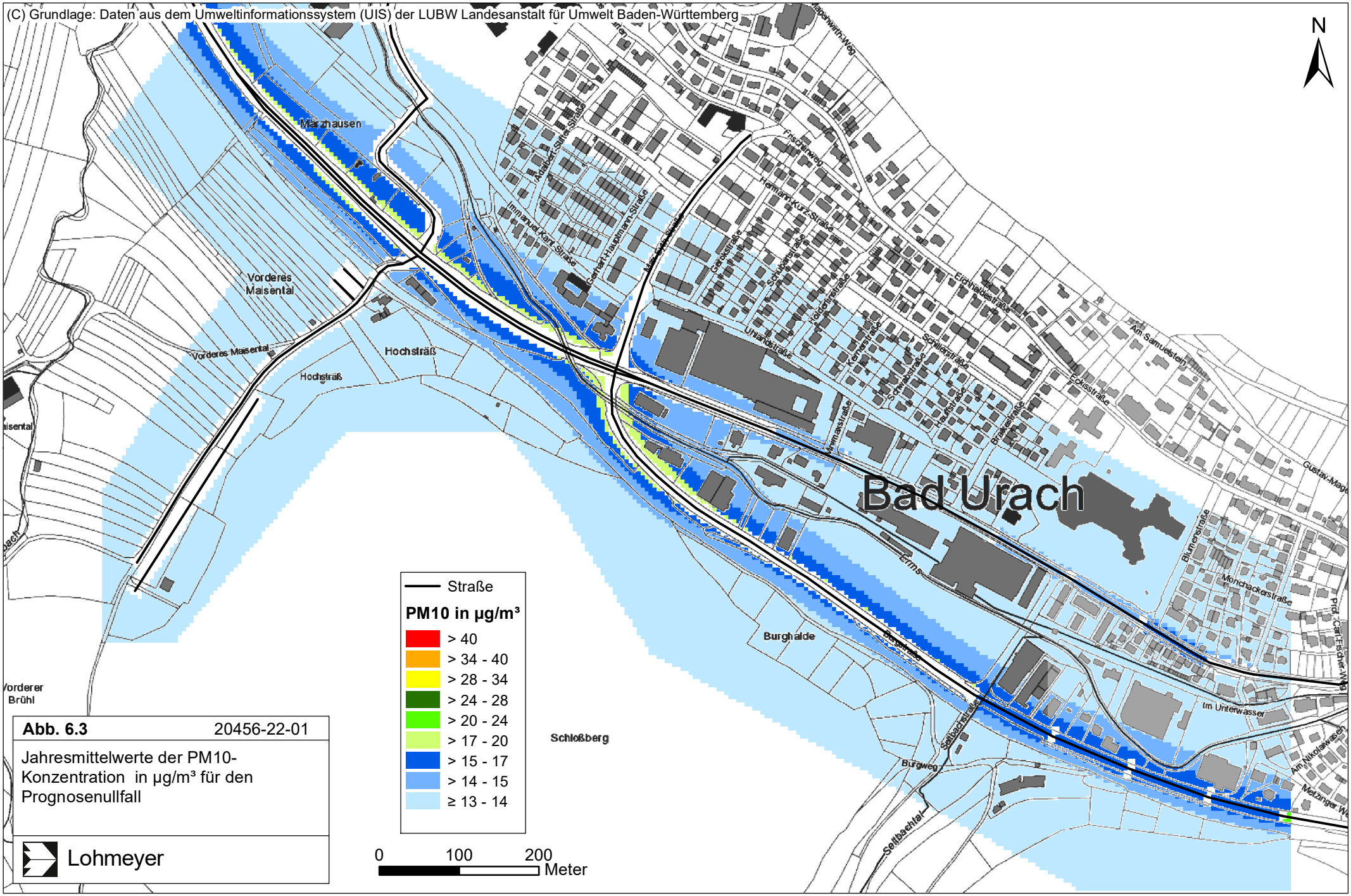
Eine Überschreitung des NO_2-Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von 200 µg/m³ mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter 40 µg/m³ nicht zu erwarten. Auf grafische Darstellungen wird hier verzichtet.

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 µg PM10/m³ 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 µg/m³ der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM10-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 29 µg/m³ und 40 µg/m³ diskutiert.

Die **Abb. 6.3** zeigt die im Prognosenullfall für das Bezugsjahr 2026 berechneten PM10-Immissionen. Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) mit PM10-Jahresmittelwerten bis 21 µg/m³ berechnet.

An der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 sowie zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten sind PM10-Jahresmittelwerte bis 15 µg/m³ prognostiziert. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße und entlang der B 28 sind PM10-Jahresmittelwerte für den Prognosenullfall bis 19 µg/m³ berechnet. Entlang der Stuttgarter Straße sind PM10-Jahresmittelwerte bis 15 µg/m³ ermittelt.


(C) Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
N
Bad Urach
Marzhausen
Vorderes Maisental
Hochsträß
Burghalde
Schloßberg
Vorderer Brühl
Straße
PM10 in µg/m³
> 40
> 34 - 40
> 28 - 34
> 24 - 28
> 20 - 24
> 17 - 20
> 15 - 17
> 14 - 15
≥ 13 - 14
0
100
200
Meter
Abb. 6.3
20456-22-01
Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in µg/m³ für den Prognosenullfall
Lohmeyer

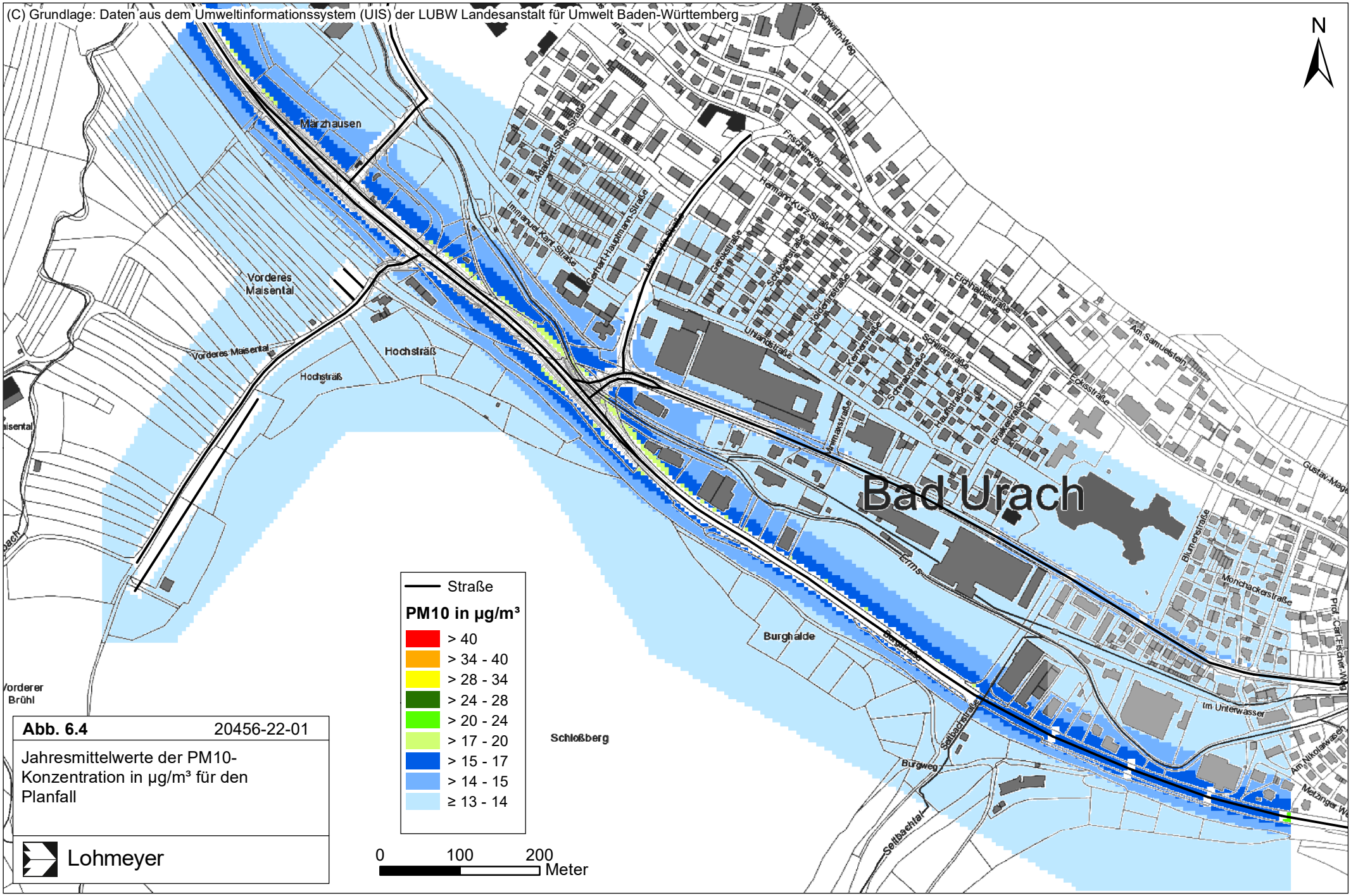
In **Abb. 6.4** sind für den Planfall mit dem Ausbau des Knotenpunktes „Bäderstraße“ sowie des Knotenpunktes „Hochhaus“ im Bezugsjahr 2026 die berechneten PM10-Immissionen dargestellt. An der nächstgelegenen Wohnbebauung entlang der B 28 sowie zwischen den beiden Kreuzungen „Bäderstraße“ und „Hochhaus“ an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten sind PM10-Jahresmittelwerte bis 14 µg/m³ prognostiziert. Auch im Planfall werden die deutlichsten PM10-Immissionen am Fahrbahnrand der B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) bis 21 µg/m³ berechnet. An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße und entlang der B 28 sind für den Planfall PM10-Jahresmittelwerte bis 19 µg/m³ berechnet. Entlang der Stuttgarter Straße sind PM10-Jahresmittelwerte unter 15 µg/m³ berechnet.

Damit sind im Planfall und im Prognosenullfall innerhalb des Betrachtungsgebietes PM10-Jahresmittelwerte prognostiziert, die den geltenden Grenzwert der 39. BImSchV für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und den Schwellenwert von 29 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung (mehr als 35 Tage pro Jahr mit PM10-Tagesmittelwerten über 50 µg/m³) im Betrachtungsgebiet deutlich unterschreiten. Für Kurorte soll der gesetzlich festgelegte Langzeitgrenzwert zu weniger als 60% ausgeschöpft werden; das entspricht einem PM10-Jahresmittelwert von 24 µg/m³. Auch dieser Wert wird im Plangebiet unterschritten.

6.3 Feinstaub PM2.5

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen PM2.5 werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist, und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m³, 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/m³ und 20 µg/m³ diskutiert.

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Prognosenullfall im Bezugsjahr 2026 in **Abb. 6.5** und für den Planfall im Bezugsjahr 2026 in **Abb. 6.6** dargestellt. Die höchsten PM2.5-Gesamtbelastungen bis 11 µg/m³ werden am Fahrbahnrand B 28 sowie an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße (KP „Hochhaus“) berechnet. Entlang der B 28 zwischen den beiden Kreuzungen „Hochhaus“ und „Bäderstraße“ sind an der nördlich nächstgelegenen Wohnbebauung und an einem Kindergarten sowie entlang der Stuttgarter Straße im Betrachtungsgebiet mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM2.5-Jahresmittelwerte berechnet.


(C) Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
N
Bad Urach
Märzhausen
Vorderes Maisental
Hochsträß
Burghalde
Schloßberg
Vorderer Brühl
Straße
PM10 in µg/m³
> 40
> 34 - 40
> 28 - 34
> 24 - 28
> 20 - 24
> 17 - 20
> 15 - 17
> 14 - 15
≥ 13 - 14
0
100
200
Meter
Abb. 6.4
20456-22-01
Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in µg/m³ für den Planfall
Lohmeyer

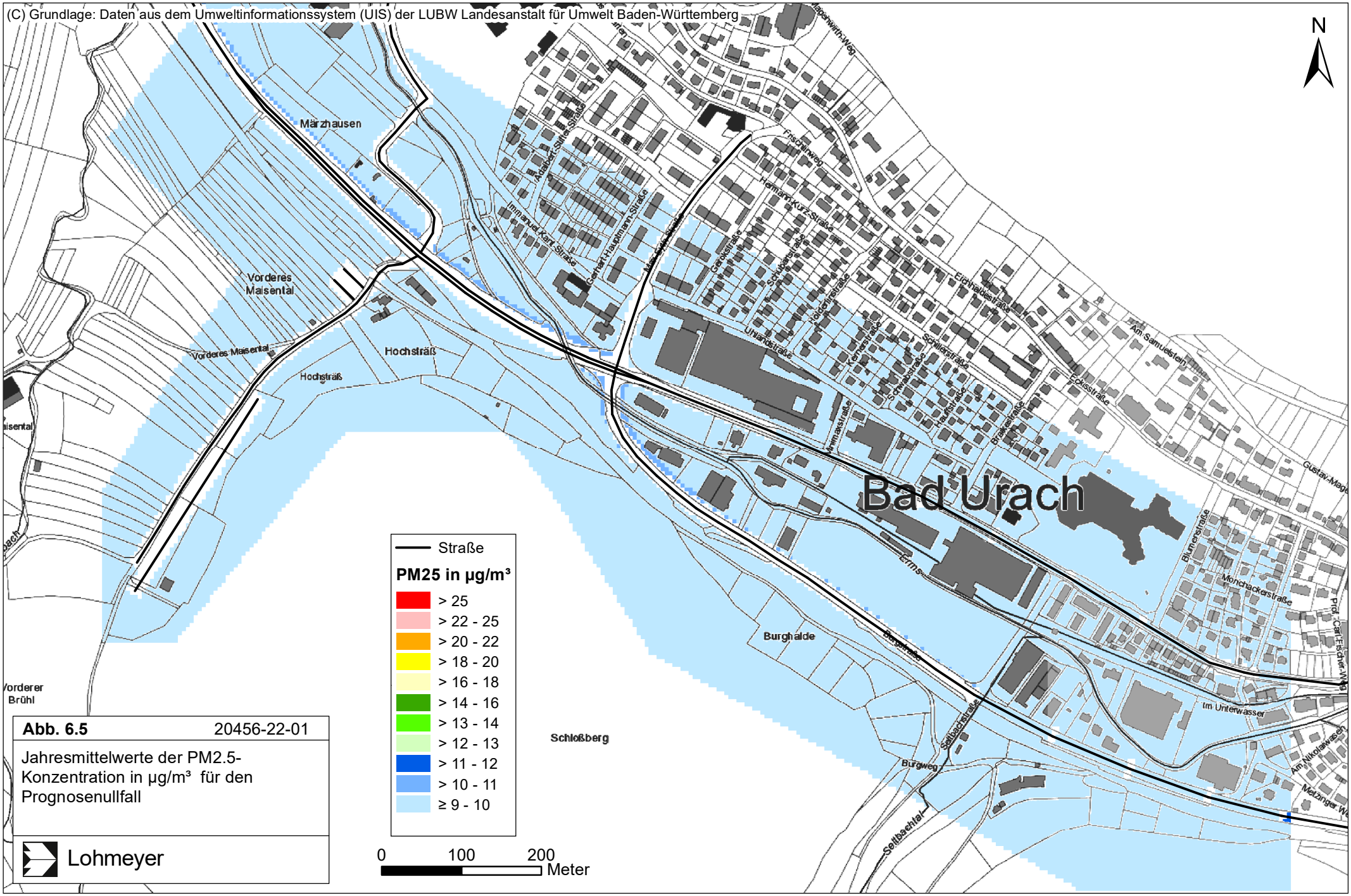
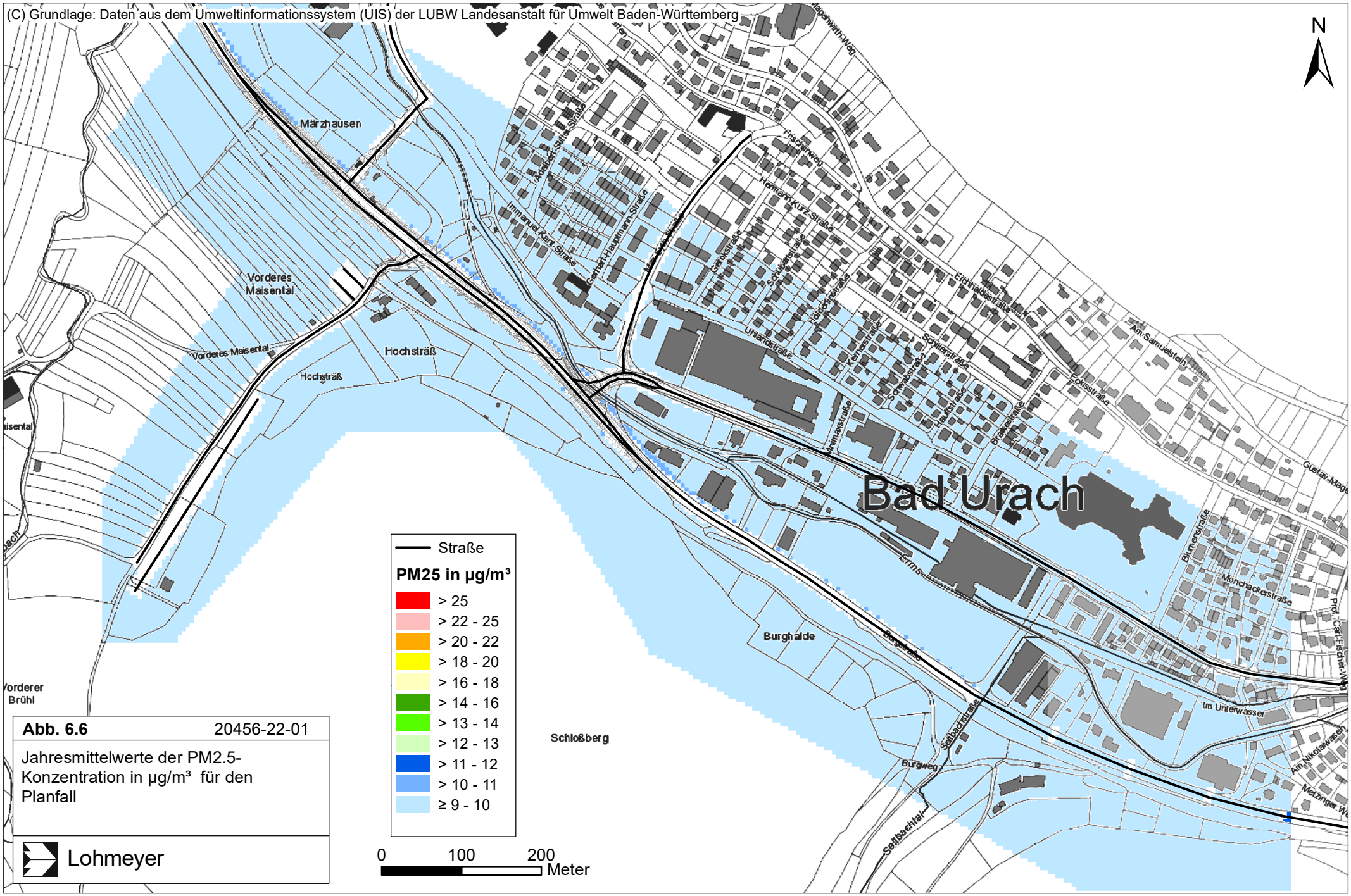


Abb. 6.5 20456-22-01

Jahresmittelwerte der PM2.5-Konzentration in µg/m³ für den Prognosenullfall

Lohmeyer


(C) Grundlage: Daten aus dem Umweltinformationssystem (UIS) der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
N
Bad Urach
Märzhausen
Vorderes Maisental
Hochsträß
Burghalde
Schloßberg
Straße
PM25 in µg/m³
> 25
> 22 - 25
> 20 - 22
> 18 - 20
> 16 - 18
> 14 - 16
> 13 - 14
> 12 - 13
> 11 - 12
> 10 - 11
≥ 9 - 10
0
100
200
Meter
Abb. 6.6
20456-22-01
Jahresmittelwerte der PM2.5-Konzentration in µg/m³ für den Planfall
Lohmeyer

An der nächstgelegenen gewerblichen Bebauung an der Kreuzung der B 28/Max-Eyth-Straße und entlang der B 28 sind für den Prognosenullfall sowie für den Planfall PM2.5-Jahresmittelwerte bis 10 µg/m³ berechnet.

Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ gemäß 39. BImSchV und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ werden entsprechend den Immissionsberechnungen sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2026 im Untersuchungsgebiet deutlich unterschritten. Der Richtwert für Kurorte mit PM2.5-Jahresmittelwerten von 20 µg/m³ für das Verkehrszentrum wird damit deutlich unterschritten. Für Kurorte soll der gesetzlich festgelegte Langzeitgrenzwert zu weniger als 60% ausgeschöpft werden; das entspricht einem PM2.5-Jahresmittelwert von 15 µg/m³. Auch dieser Wert wird im Plangebiet unterschritten.

7 QUELLEN

7.1 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.

Bächlin, W., Bösinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO_2-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.

Bruckmann, P., Otto, R., Wurzler, S., Pfeffer, U., Doppelfeld, A., Beier, R. (2009): Welche Anforderungen stellen die neuen europäischen Regelungen zu der Feinstaubfraktion $PM_{2.5}$ an den Immissionsschutz? Immissionsschutz 3/09.

De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of health impacts of exposure to PM2.5 at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air an Climate Change, June 2009.

DHV & DTV (2018): Begriffsbestimmungen – Qualitätsstandards für Heilbäder und Kurorte, Luftkurorte, Erholungsorte – einschließlich der Prädikatisierungsvoraussetzungen – sowie für Heilbrunnen und Heilquellen. 13. Auflage, Deutscher Heilbäderverband e.V. und Deutscher Tourismusverband e.V., September 2018.

Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO_2 conversion model under consideration of direct NO_2-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

Düring, I., Schmidt, W., Moldenhauer, A., Nitzsche, E. (2021): Verbesserung der NO_2-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 (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., Bösinger, 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.

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., Reichenbächer, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.

Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO2-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

LUBW (2012-2022): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m^3 an Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.

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., Bösinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO_2-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).

TREMOD (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ /

Berichtsteil „TREMOD“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.

UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG ,,Umwelt und Verkehr''. Oktober 2004.

VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2020.

VDI 3787 Blatt 10 (2010): Umweltmeteorologie – Human-biometeorologische Anforderungen im Bereich Erholung, Prävention, Heilung, Rehabilitation. Richtlinie VDI 3787 Blatt 10. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss, Düsseldorf, März 2010.

7.2 Materialien und Unterlagen

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

- Planungsgruppe SSW: Stadt Bad Urach, Ertüchtigung B 28 - Bereich Wasserfall-/Hochhauskreuzung, Datenbasis für Schalltechnische Untersuchung“. Stand 2022
- Lagepläne: B 28 Knotenpunkte Hochhaus und Wasserfall. (PDF- und DXF-Datei), Stand 11.2022.
- Lagepläne Bad Urach, topografische Karten. (Tiff-Dateien), übergeben 11/2022.
- Luftbilder bzw. DOP-Dateien (SID), übergeben 11/2022.
- Digitale Höhendaten der Straßentrasse, übergeben 11/2022

A N H A N G A1

BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2, PM10 und PM2.5 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 PM10 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 PM2.5, Arsen, Kadmium, Nickel und

Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM10-Fraktion über ein Kalenderjahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	**Mittelungszeit**	**Grenzwert**	**Geltungszeitpunkt**
NO_2	Stundenmittelwert	200 µg/m³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO_2	Jahresmittelwert	40 µg/m³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m³	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m³	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 PM2.5-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 11. Juni 2008 in Kraft getreten. Mit der 39. BImSchV hat die Bundesregierung die EU-Richtlinie weitgehend in nationales Recht umsetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM2.5-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ 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_x ein Grenzwert zum Schutz der Vegetation von 30 µg/m³ 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 A2

BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

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

A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

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

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO_2 erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2007). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO_2-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 µg/m³
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom in µg/(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

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

hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

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

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

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

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

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

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

entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/- 20% aufweisen.

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

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

A N H A N G A3

EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

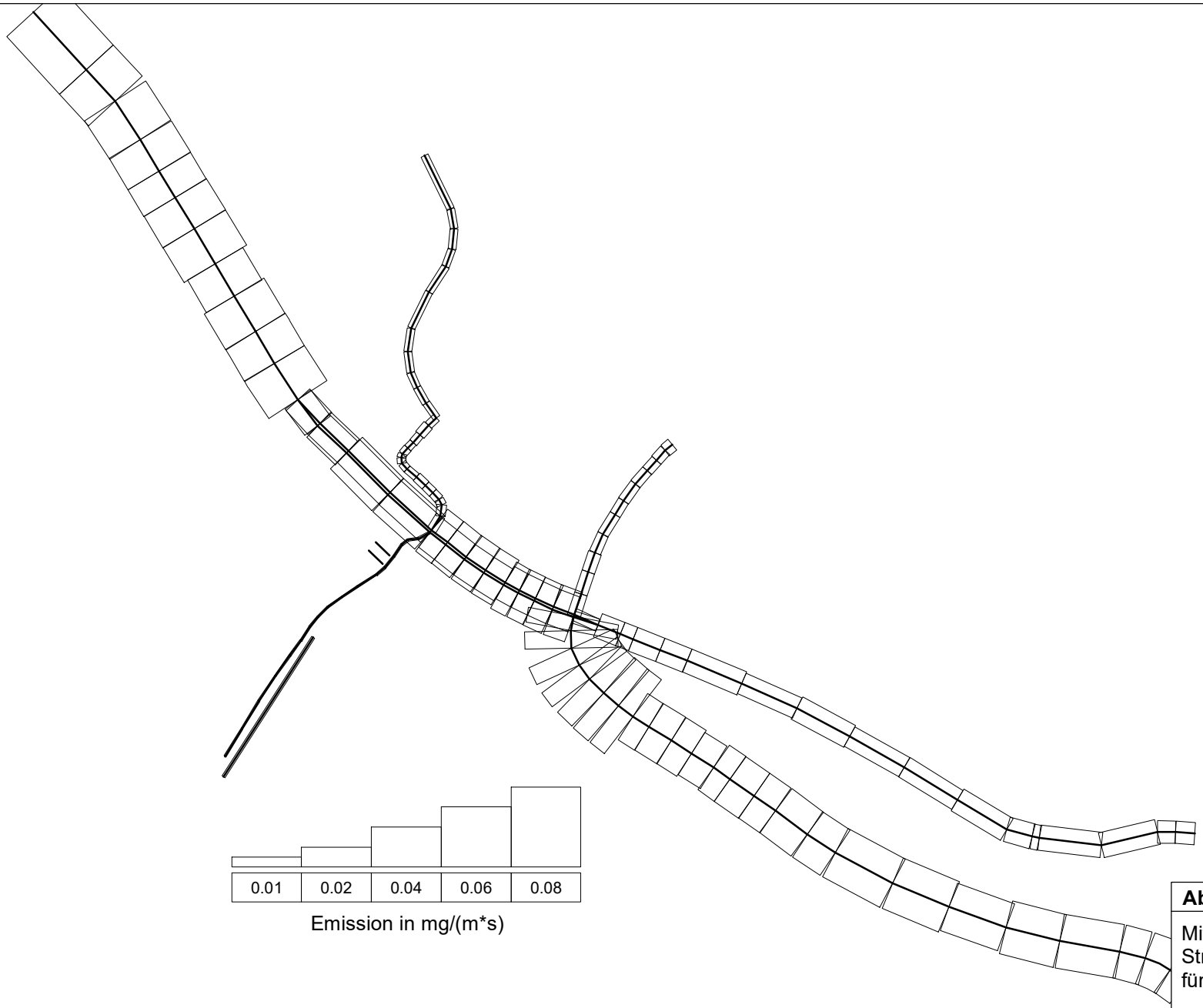


Abb. A3.1 20456-22-01

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

Lohmeyer

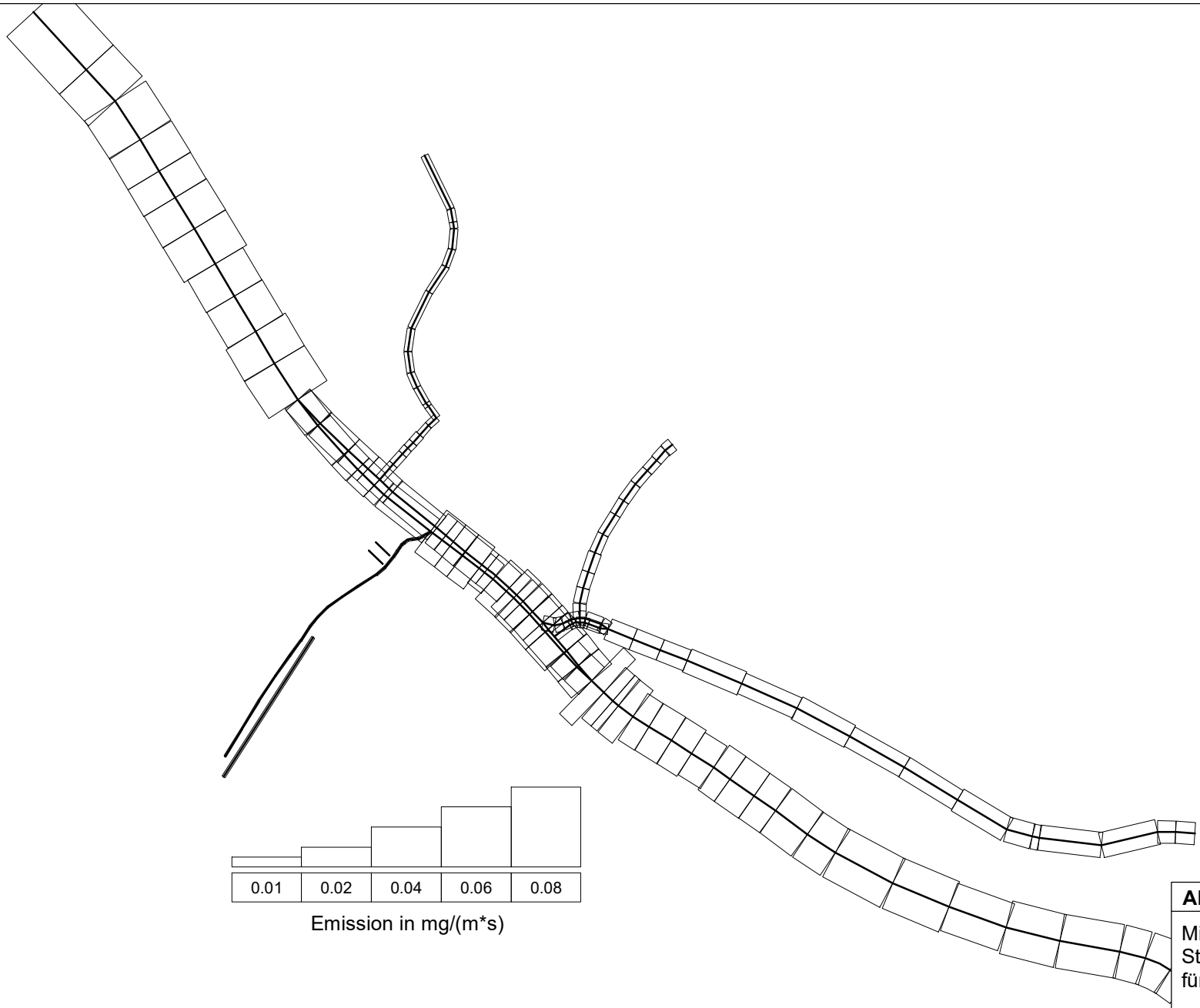


Abb. A3.2 20456-22-01

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

Lohmeyer

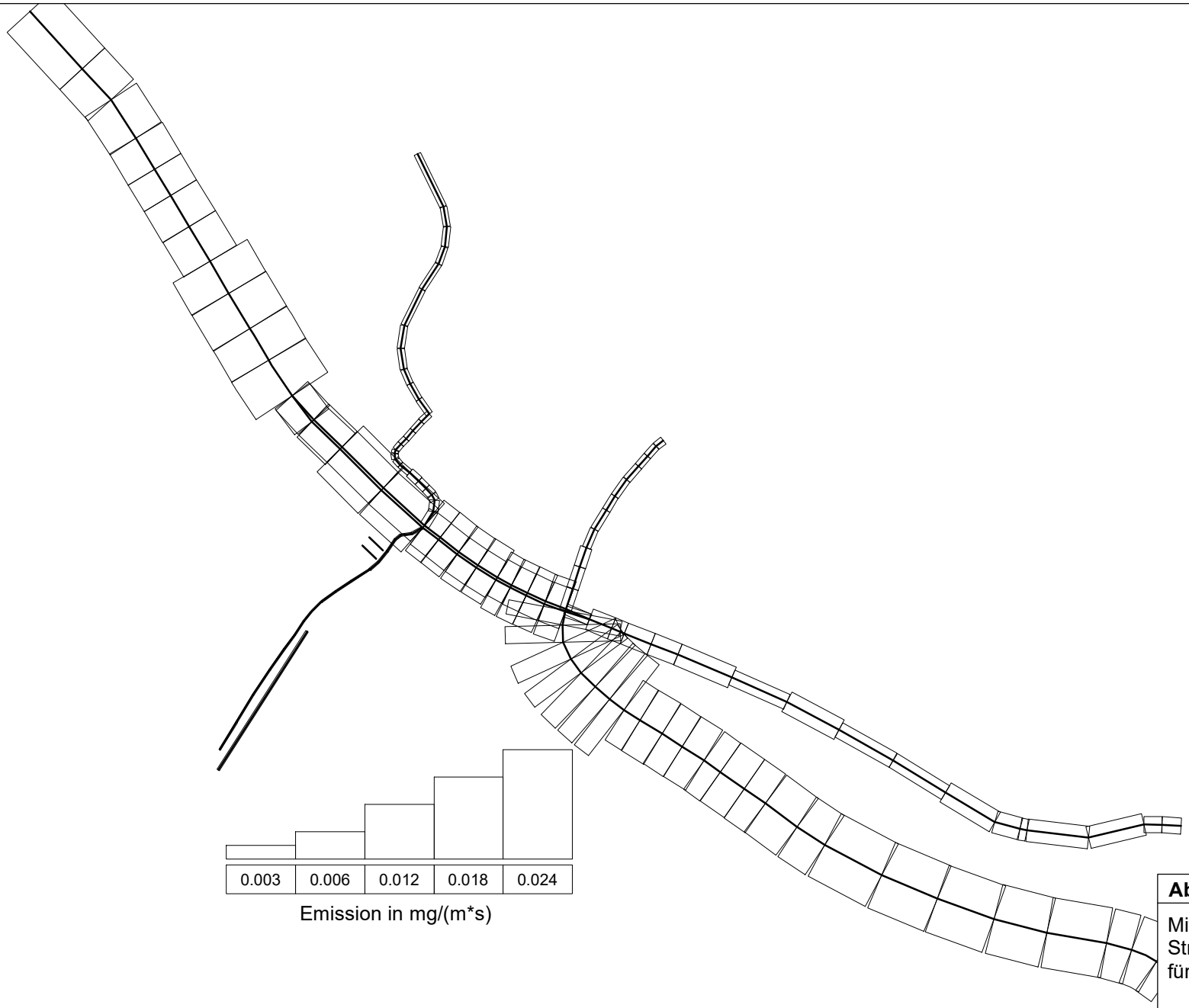


Abb. A3.3 20456-22-01

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

Lohmeyer

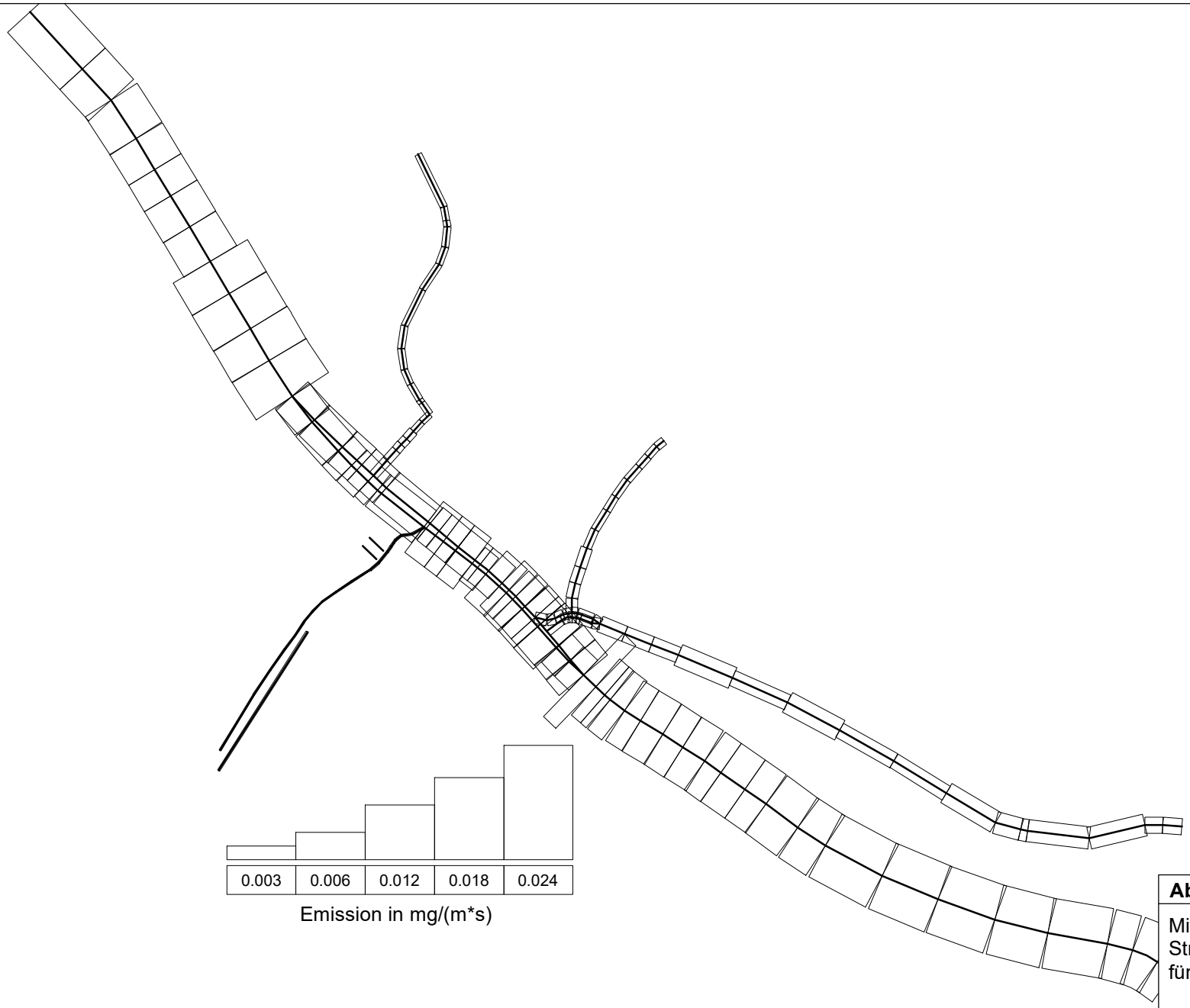


Abb. A3.4 20456-22-01

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

Lohmeyer

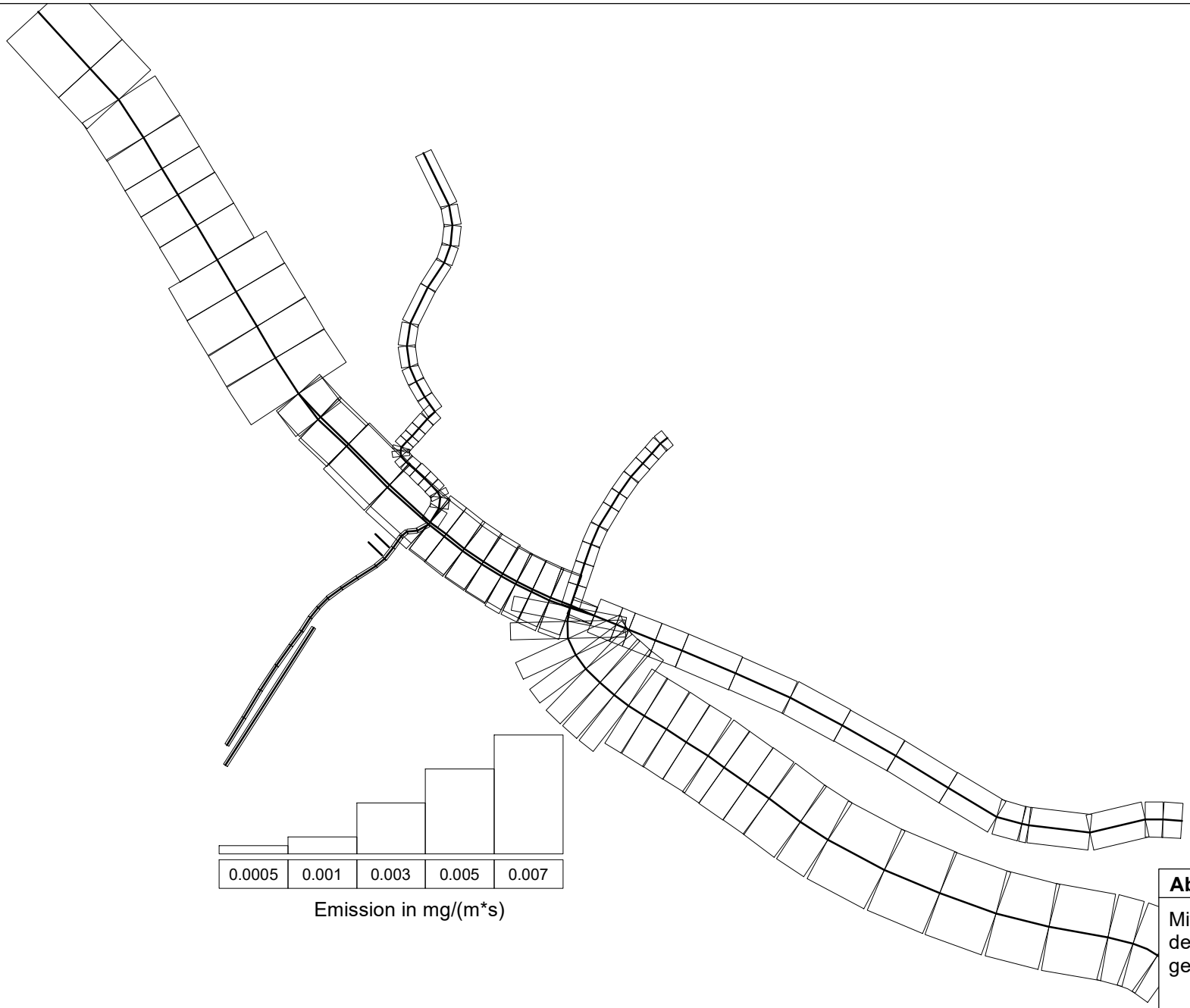


Abb. A3.5 20456-22-01

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

Lohmeyer

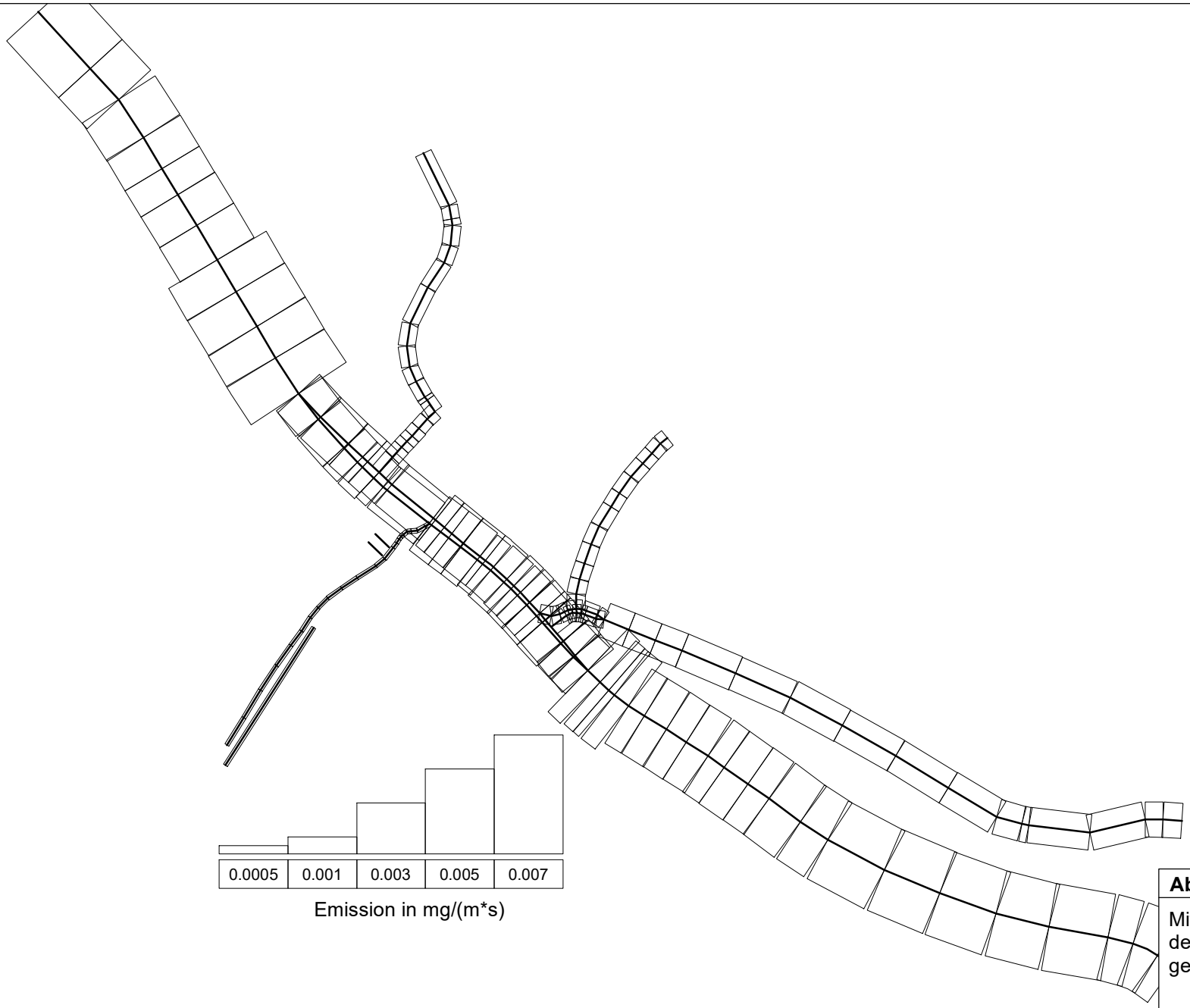


Abb. A3.6 20456-22-01

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

Lohmeyer