



Lohmeyer

**LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN
FÜR DIE ERRICHTUNG DES
NEUEN STADTTEILS DIETENBACH
IN FREIBURG**

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Freiburg i. Br.
Stadtplanungsamt
Fehrenbachallee 12
79106 Freiburg i. Br.

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Dr.-Ing. T. Flassak

Juni 2021
Projekt 20249-20-01
Berichtsumfang 67 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	6
3 VORGEHENSWEISE	7
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	7
3.2 Berechnungsverfahren PROKAS.....	8
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	9
4 EINGANGSDATEN	11
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	11
4.2 Verkehrsdaten	14
4.3 Meteorologische Daten	19
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	21
5 EMISSIONEN	27
5.1 Betrachtete Schadstoffe	27
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	27
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	29
6 ERGEBNISSE	34
6.1 NO ₂ -Immissionen.....	35
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	39
6.3 Feinstaub-Immissionen (PM2.5)	43
7 QUELLEN	46
7.1 Literatur	46
7.2 Materialien und Unterlagen	50
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	51

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	55
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	61

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM₁₀ / PM_{2.5}

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Freiburg ist die städtebauliche Entwicklung des Dietenbachgeländes geplant. Die Planungen umfassen die Errichtung eines neuen Stadtteiles in dem ca. 130 ha großen Plangebiet. Das Dietenbachgelände wird begrenzt durch die B 31a im Nordosten, die Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) im Osten und die Straße Zum Tiergehege im Nordwesten, südlich schließt der Stadtteil Rieselfeld an.

Im Rahmen der Bauleitplanung waren für das Vorhaben Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe erforderlich. Dabei war darzustellen, ob für die geplanten Nutzungen Konflikte mit Beurteilungswerten der Luftschadstoffe bestehen oder ob die Planungen zu wesentlichen Änderungen der Luftschadstoffbelastungen an benachbarten sensiblen Nutzungen führen. Die Beurteilung erfolgte nach der 39.BImSchV. Das beinhaltet die Betrachtung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe, für die in der 39. BImSchV Grenzwerte genannt sind, und die die jeweiligen Grenzwerte am deutlichsten ausschöpfen, was insbesondere auf Stickstoffdioxid (NO₂) und eingeschränkt auf Feinstaub (PM10) zutrifft; zusätzlich wurde PM2.5-Feinstaub betrachtet.

Zur Ermittlung der Immissionen wurden mit dem Straßennetzmodell PROKAS die Emissionen des Verkehrs auf den berücksichtigten Straßen berechnet. Die Verkehrsprognosen beziehen sich auf das Prognosejahr 2030 und wurden unverändert für die Emissionsberechnungen im Bezugsjahr 2025 angesetzt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie wurden mithilfe des vom Umweltbundesamt herausgegebenen "Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA" Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt.

Die Immissionsberechnungen erfolgten mit dem Straßennetzmodell PROKAS unter Einbeziehung der lokalen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik, der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen sowie der aus den Messdaten abgeleiteten Hintergrundbelastung. Die Beurteilung der Luftschadstoffimmissionen erfolgt im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Die Planungen umfassen eine Aufsiedelung in insgesamt sechs Bauabschnitten (siehe Abbildung 4.2). Dabei ist die erste Fertigstellung von Wohnnutzung für das Jahr 2025 vorgesehen. Die komplette Aufsiedelung soll bis zum Jahr 2042 abgeschlossen sein. In der vorliegenden Untersuchung erfolgen die Betrachtungen für das Bezugsjahr 2025, dem Jahr der frühesten Fertigstellung wesentlicher Teile des geplanten Bauvorhabens, und unter Berücksichtigung der Umsetzung aller Bebauungspläne. Diese Kombination aus hohen Verkehrsstärken und

hohen Emissionsfaktoren entspricht damit einer konservativen Vorgehensweise. Gegenüber den so ermittelten Immissionen sind im Hinblick auf die Entwicklung des neuen Stadtteil Dietenbach in sechs Bauabschnitten auch für die Umsetzung einzelner Bebauungspläne keine zusätzlichen Konflikte zu erwarten.

Ergebnisse

Für die Beurteilung der Immissionen ist maßgebend, ob die berechneten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte der 39. BImSchV im Bereich sensibler Nutzungen, wie Wohnbebauung, führen. Die flächenhaften Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass die Immissionen der Luftschadstoffe im Untersuchungsgebiet durch die verkehrsbedingten Beiträge der Bundesstraße B 31a und der Stadtstraße Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) geprägt werden und dort zu flächenhaft erhöhten Konzentrationswerten führen. Dabei sind im Planfall die flächenhaft erhöhten Immissionen aufgrund der durch das Vorhaben induzierten zusätzlichen Verkehre stärker ausgeprägt.

Im Prognosenullfall sind die entlang der B 31a flächenhaft erhöhten NO₂-Immissionen bis in einen Abstand von ca. 70 m südwestlich der Straße im Jahresmittel über 24 µg/m³ und an den dort nächstgelegenen derzeit bestehenden Gebäuden vereinzelt bis 34 µg/m³ berechnet. An der zur Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) auf der Ostseite nächstgelegenen Gebäuden sind die Jahresmittelwerte bis 28 µg/m³ prognostiziert. An den bereits bestehenden Wohngebäuden des Stadtteils Rieselfeld sind jahresmittlere NO₂-Immissionen bis 24 µg/m³ ermittelt. Im Bereich der beplanten Fläche des Dietenbachgeländes sind die NO₂-Immissionen im Jahresmittel überwiegend bis 24 µg/m³ berechnet.

Damit sind im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung im Untersuchungsgebiet NO₂-Jahresmittelwerte unter 40 µg/m³ (dem Grenzwert der 39. BImSchV) berechnet. Für das geplante Dietenbachgelände mit ermittelten NO₂-Jahresmittelwerten überwiegend zwischen 19 µg/m³ und 24 µg/m³ liegen aus lufthygienischer Sicht in Bezug auf den Grenzwert der 39. BImSchV für NO₂-Jahresmittelwerte gegen eine Bebauung keine Einwände vor.

Im Planfall sind auch unter Berücksichtigung der zusätzlichen Verkehre an der zur Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) auf der Ostseite nächstgelegenen Bebauung weiterhin NO₂-Immissionen mit Jahresmittelwerten vereinzelt bis 28 µg/m³ abgeleitet. Für die Wohnbebauung in Rieselfeld sind ebenfalls nur geringfügige Änderungen gegenüber dem Prognosenullfall ermittelt. An den im neuen Stadtteil Dietenbach geplanten Gebäuden mit Wohnnutzungen sind für die zur B 31a gerichteten Gebäudebereiche die NO₂-Jahresmittelwerte unter

Berücksichtigung der zusätzlichen Freisetzung der Planstraßen und der geplanten Anlagen des ruhenden Verkehrs vereinzelt bis $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Größtenteils sind jedoch an der geplanten Bebauung geringere NO_2 -Immissionen ermittelt, die überwiegend Jahresmittelwerte unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufweisen.

Damit wird im Planfall der Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der bereits bestehenden Wohnbebauung weiterhin nicht erreicht und nicht überschritten. An den geplanten Gebäuden des neuen Stadtteils Dietenbach wird der Grenzwert ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten. Dabei sind an den geplanten Gebäuden überwiegend NO_2 -Jahresmittelwerte deutlich unterhalb des Grenzwerts prognostiziert, auch unter Berücksichtigung der Beiträge der internen Verkehre und der Quartiers- und Tiefgaragen.

Für Feinstaub sind im Prognosenullfall an den zur B 31 nächstgelegenen derzeit bestehenden Gebäuden PM_{10} -Immissionen vereinzelt bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An den auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen Gebäuden sind die PM_{10} -Jahresmittelwerte bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Vergleichbare Jahresmittelwerte sind vereinzelt in Rieselfeld an der Randbebauung der Erschließungsstraße ermittelt. Im Planfall sind an der bereits bestehenden Bebauung im Untersuchungsgebiet zum Prognosenullfall vergleichbare PM_{10} -Jahresmittelwerte ermittelt. Im Bereich des neuen Stadtteils Dietenbach sind auch unter Berücksichtigung der geplanten Bebauung sowie den zusätzlichen Freisetzungen entlang den Planstraßen jahresmittlere PM_{10} -Immissionen prognostiziert, die $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel nicht überschreiten.

Damit wird in beiden Untersuchungsfällen der Grenzwert für PM_{10} -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowohl an der bereits bestehenden als auch der geplanten Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zur Ableitung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung wird ebenfalls deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Für Feinstaub- $\text{PM}_{2.5}$ sind ebenfalls keine Konflikte mit den Beurteilungswerten abgeleitet.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass auf dem beplanten Dietenbachgelände im Bereich der Baufenster die geltenden Grenzwerte der 39. BImSchV für NO_2 - und Feinstaub-Jahresmittelwerte nicht erreicht und nicht überschritten werden. Damit liegen für die geplante Bebauung der Fläche keine Einschränkungen vor. Mit der Umsetzung der Planungen für den neuen Stadtteil Dietenbach ist eine gewisse Zunahme der Immissionen verbunden, allerdings sind weiterhin keine Konflikte mit den Beurteilungswerten zu erwarten. Die Umsetzung der Planung ist aus fachlicher Sicht nicht abzulehnen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Freiburg ist die städtebauliche Entwicklung des Dietenbachgeländes geplant. Die Planungen umfassen die Errichtung eines neuen Stadtteiles in dem ca. 130 ha großen Plangebiet. Das Dietenbachgelände wird begrenzt durch die B 31a im Nordosten, die Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) im Osten und die Straße Zum Tiergehege im Nordwesten, südlich schließt der Stadtteil Rieselfeld an.

Im Rahmen der Bauleitplanung sind für das Vorhaben Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe erforderlich. Dabei ist darzustellen, ob für die geplanten Nutzungen Konflikte mit Beurteilungswerten der Luftschadstoffe bestehen oder ob die Planungen zu wesentlichen Änderungen der Luftschadstoffbelastungen an benachbarten sensiblen Nutzungen führen. Die Beurteilung erfolgt nach der 39.BImSchV.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplante Bebauung verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, zum Beispiel 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 NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel PM10. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂, Kohlenmonoxid CO und Feinstaub PM2.5 von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m ³	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert seit 2015	25	
PM2.5	Richtgrenzwert ab 2020	20	

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010) und EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008)

In **Tab 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt.

Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

3.2 Berechnungsverfahren PROKAS

Für die vorliegende Aufgabenstellung werden die Immissionsberechnungen mit dem dafür geeigneten Straßennetzmodell PROKAS durchgeführt. Das Straßennetzmodell PROKAS (www.lohmeyer.de/PROKAS) ermöglicht die Berücksichtigung des detaillierten Straßennetzes, einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik und auch die Luftschadstoffprognose an innerörtlichen Straßen mit Randbebauung.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen für das Prognosejahr 2030 werden für das Bezugsjahr 2025 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Im HBEFA4.1 sind auch nicht motorbedingte Emissionsfaktoren für Feinstaub (PM10, PM2.5) aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung enthalten. Die Schadstoffemissionsdichten auf den betrachteten Straßenabschnitten werden auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung von Längsneigungseinflüssen berechnet. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (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, 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) wird die statistische Immissionskenngröße Jahresmittelwert der untersuchten Luftschadstoffe 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.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ (NO-NO₂-Konversion) erfolgt für die Jahresmittelwerte mit einem vereinfachten Chemiemodell nach Düring et al. (2011).

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz, basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012), kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 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.

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.

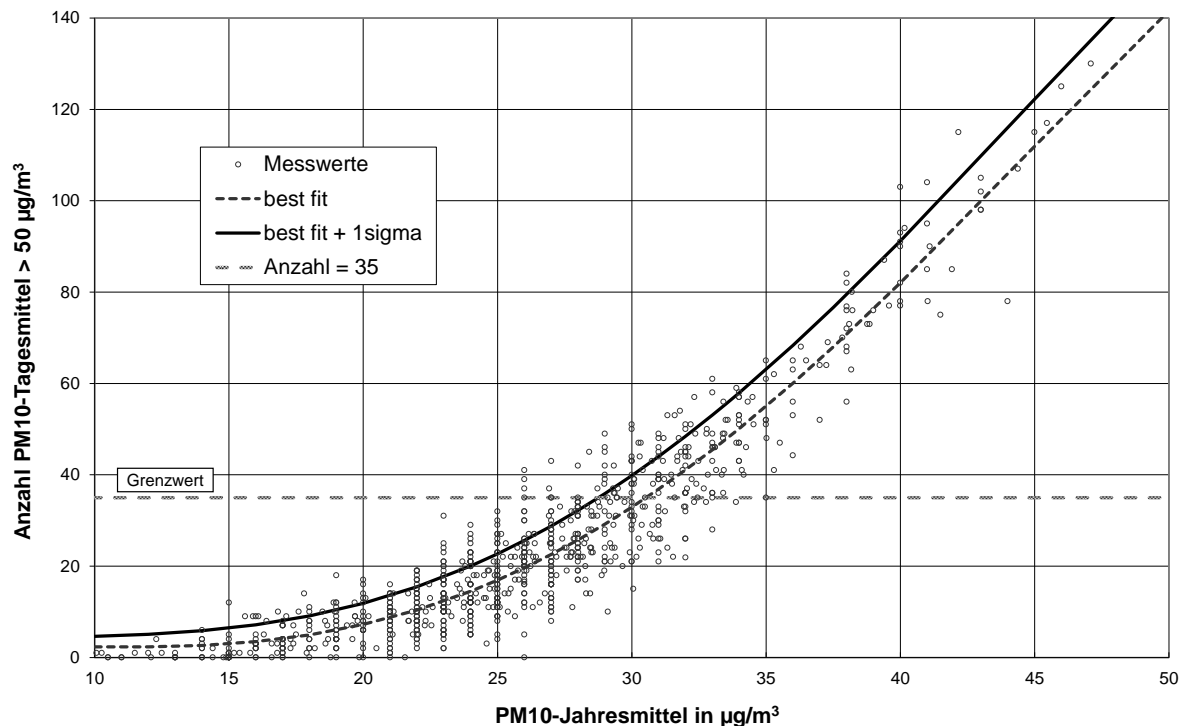


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittel > 50 µg/m³ in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

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 Verkehrsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. 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 in **Abb. 4.1** dargestellte Untersuchungsgebiet befindet sich am südöstlichen Rand des Oberrheingrabens in der Freiburger Bucht und ist überwiegend eben. Östlich des Untersuchungsbereichs in ca. 5 km Entfernung schließen die Hangbereiche des Schwarzwalds an. Der zentrale Bereich des Untersuchungsgebiets umfasst das beplante Dietenbachgelände. Im Süden des Untersuchungsgebietes befindet sich der Stadtteil Rieselfeld.

Innerhalb des Untersuchungsgebiets verläuft die vierstreifige Bundesstraße B 31a, die den weiter südöstlich liegenden zentralen Stadtbereich von Freiburg mit der Autobahn A 5 im Nordwesten verbindet. Im Osten kreuzt die B 31a an einem planfreien Knotenpunkt die in Richtung Süden nach Rieselfeld führende vierstreifige Stadtstraße Tel-Aviv-Yafo (Besançonallee). Im Norden kreuzt die B 31a an einem planfreien Knotenpunkt die nach Südwesten verlaufende Straße Zum Tiergehege, die im weiteren Verlauf zum Tiergehege Mundenhof, einem Naherholungsgebiet, führt.

Das ca. 130 ha große Dietenbachgelände wird begrenzt durch die B 31a im Nordosten, die Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) im Osten und die Straße Zum Tiergehege im Nordwesten, südlich schließt der Stadtteil Rieselfeld an. Das Gelände ist derzeit überwiegend unbebaut und wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Vereinzelt befinden sich bestehende Gebäude auf dem Gelände, so im Nordwesten im Bereich des Knotenpunkts B 31/Zum Tiergehege. Im Rahmen einer städtebaulichen Entwicklungsmaßnahme ist die Errichtung des neuen Stadtteils Dietenbach auf dem Dietenbachgelände geplant. Die Planungen umfassen eine Aufsiedelung in insgesamt sechs Bauabschnitten (**Abb. 4.2**). Dabei ist die erste

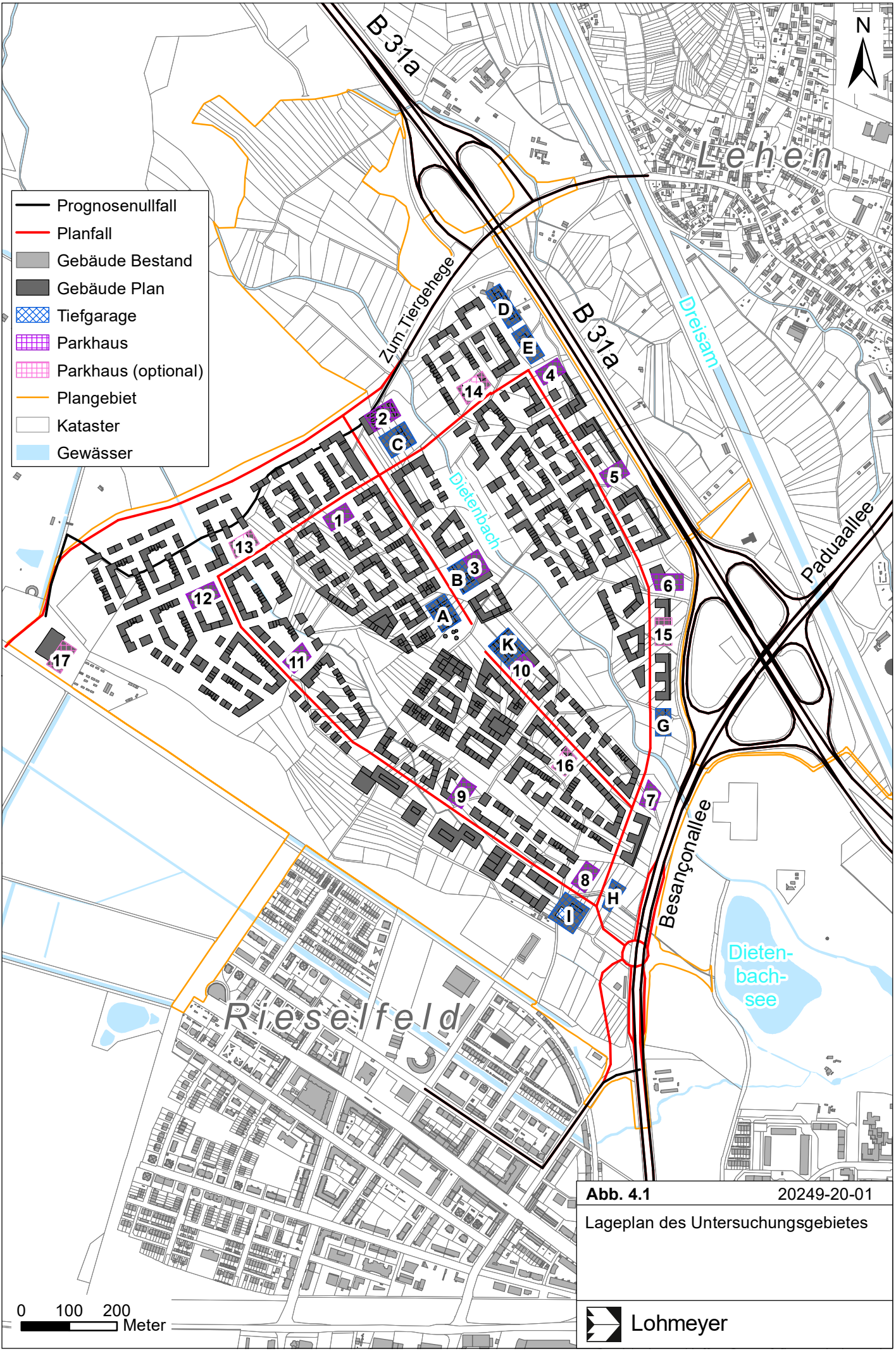


Abb. 4.1 20249-20-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes



Fertigstellung von Wohnnutzung für das Jahr 2025 vorgesehen. Die komplette Umsiedelung soll bis zum Jahr 2042 abgeschlossen sein. In der vorliegenden Untersuchung wird hinsichtlich einer konservativen Betrachtungsweise die gesamte Umsetzung aller Bebauungspläne berücksichtigt.

Die Planungen umfassen überwiegend Wohnnutzungen, zudem sind neben Nutzungen zur Nahversorgung auch weitere gewerbliche Nutzungen wie z. B. Büronutzungen geplant. Die geplante Bebauung umfasst überwiegend über 4 bis 5 Stockwerke, vereinzelt sind auch 12-geschössige Gebäude geplant.

Weiter sind im neuen Stadtteil die Errichtung mehrerer Anlagen des ruhenden Verkehrs geplant, das sind insgesamt bis zu 16 Quartiersgaragen in Form von Hochgaragen sowie bis zu 11 Tiefgaragen. Zudem ist am Tiergehege Mundenhof eine Hochgarage für den Ausflugsverkehr vorgesehen. Die Quartiersgaragen (QG 13 bis QG 16) sind derzeit optional geplant. Diese sind in den kartographischen Darstellungen nicht enthalten bzw. an deren geplanten Standorten die momentan vorgesehenen Gebäude mit Wohnnutzungen dargestellt. Die optionalen Quartiersgaragen werden jedoch bei den Berechnungen der Luftschadstoffbelastungen mit berücksichtigt.

Die inneren Straßen des geplanten Stadtquartiers sind im Südosten an die Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) angebunden. Im Nordwesten ist eine Anbindung an die Straße Zum Tiergehege vorgesehen. Entsprechend den Planunterlagen ist im neuen Stadtteil Dietenbach an den Haupterschließungsstraßen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h vorgesehen

Folgende Untersuchungsfälle werden in diesem Gutachten betrachtet:

- **Prognosenullfall:** Bestehendes Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit Verkehrsdaten für das Prognosejahr 2030
- **Planfall:** Bestehendes Straßennetz unter Berücksichtigung des Planvorhabens und den damit verbundenen Verkehrsänderungen für das Prognosejahr 2030

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden durch den Auftraggeber mit der Verkehrsuntersuchung „Rahmenplan Dietenbach – Verkehrsbelastungsdaten als Eingangsgrößen für ein Lärm- und Luftschadstoffgutachten“ (T+T Verkehrsmanagement, 2021) zur Verfügung gestellt. Die

Untersuchungsunterlagen umfassen Angaben u. a. zu durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken des Gesamtverkehrs (DTV) für das Prognosejahr 2030, ergänzt um Angaben zu den durchschnittlichen täglichen LKW-Fahrten bzw. des prozentualen Anteils des Schwerverkehrs (SV).

In **Abb. 4.3** und **Abb. 4.4** sind die Verkehrsbelegungsdaten für den Prognosenullfall und für den Planfall dargestellt. Gegenüber dem Prognosenullfall sind die Planungen mit einer Zunahme der Verkehrsbelastung an der B 31a um ca. 7 % und an der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) bis ca. 18 % verbunden. An der Straße Zum Tiergehege sind im Planfall die Verkehrsaufkommen knapp 8-mal höher als im Prognosenullfall. Innerhalb des Plangebiets, wo derzeit keine Straßen gelegen sind, sind im Planfall Verkehrsaufkommen bis ca. 11 400 Kfz/24 h prognostiziert.

Für die geplanten Anlagen des ruhenden Verkehrs wurde durch den Auftraggeber die „Voruntersuchung Quartiersgaragen“ (K9, 2020) zur Verfügung gestellt. Dabei sind vier Anlagen derzeit optional vorgesehen (vergl. **Abb. 4.1**). Die Unterlage enthält u. a. die in **Tab. 4.1** aufgeführten Angaben über die Anzahl der Stellplätze, untergliedert nach Art der Nutzung, und der Anzahl der Parkebenen. Auf Grundlage der Angaben in der Parkplatzlärmstudie (LfU, 2007) werden für öffentliche Stellplätze eine Wechselrate pro Tag von 7.6, für P&R-Stellplätze von knapp 3 und für private Stellplätze von 1.1 angenommen. Für den Betrieb von Carsharing-Fahrzeugen werden durchschnittlich 3 Nutzungen pro Tag angesetzt. Für die Hochgarage Mundenhof wird die Anzahl der Parkvorgänge auf Grundlage der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken auf der zuführenden Straße Zum Tiergehege abgeleitet.

Die beschriebenen Verkehrsdaten aus dem Prognosejahr 2030 werden für das Bezugsjahr 2025 angewendet, dem Jahr der frühestmöglichen Fertigstellung wesentlicher Teile des Vorhabens. Diese Kombination aus hohen Verkehrsstärken und hohen Emissionsfaktoren entspricht damit einer konservativen Vorgehensweise.

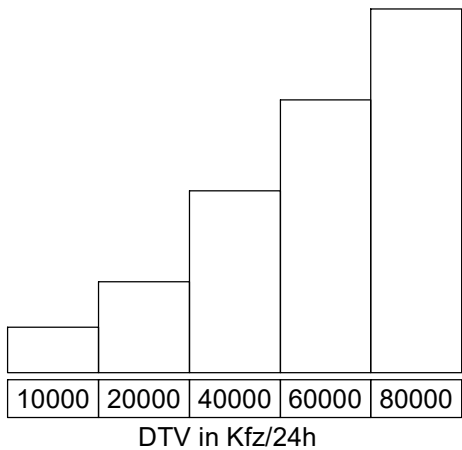
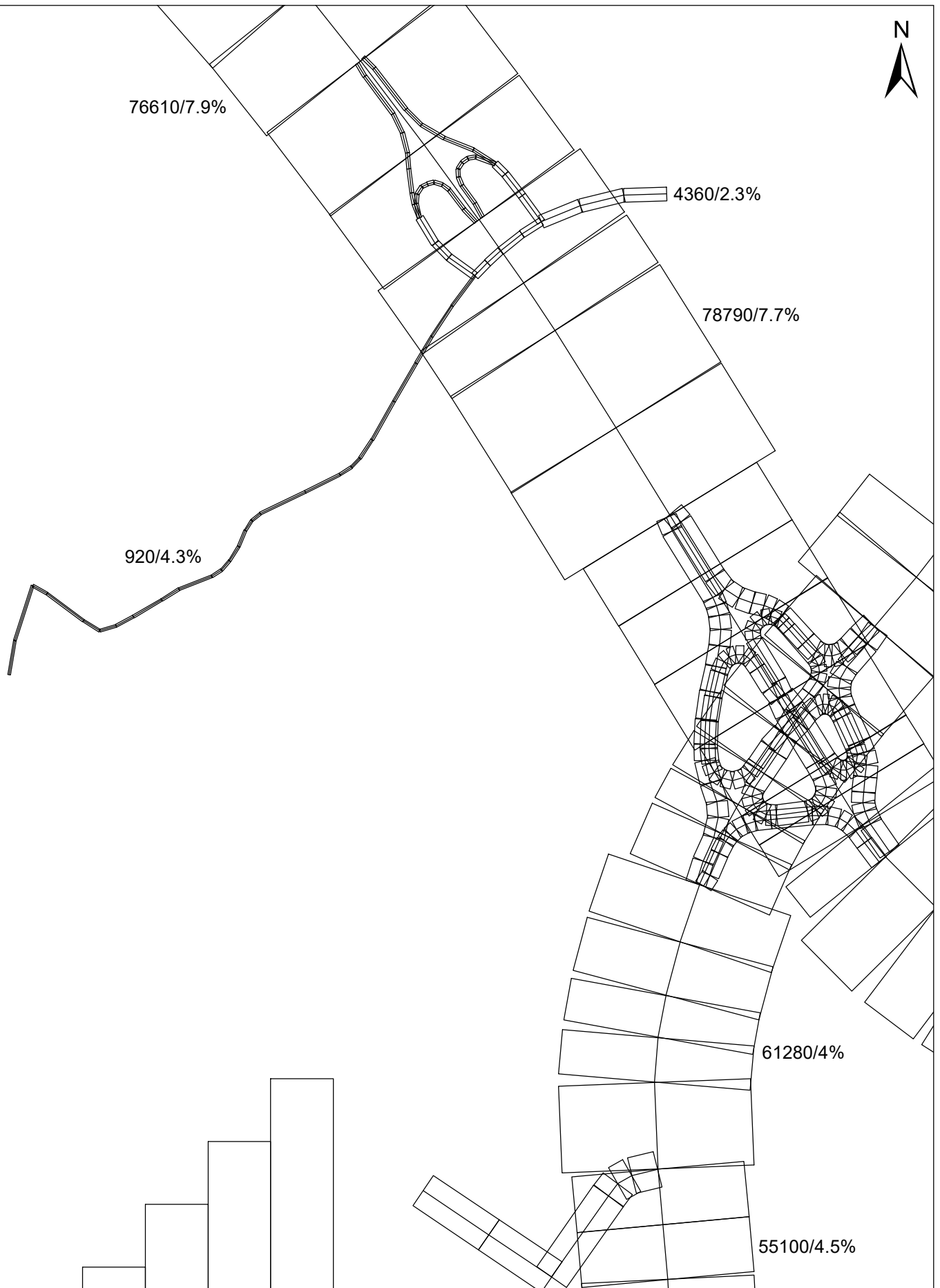
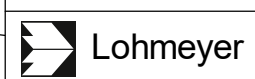
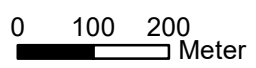


Abb. 4.3 20249-20-01
Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Prognosenullfall



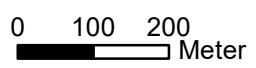
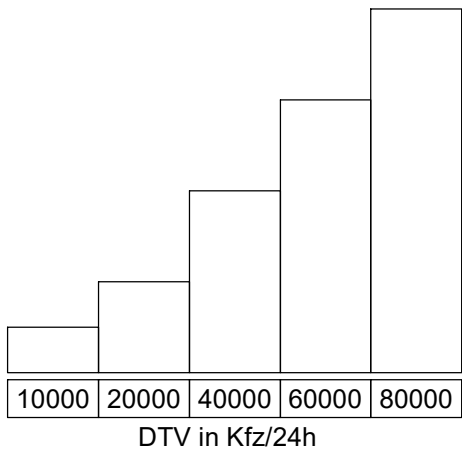
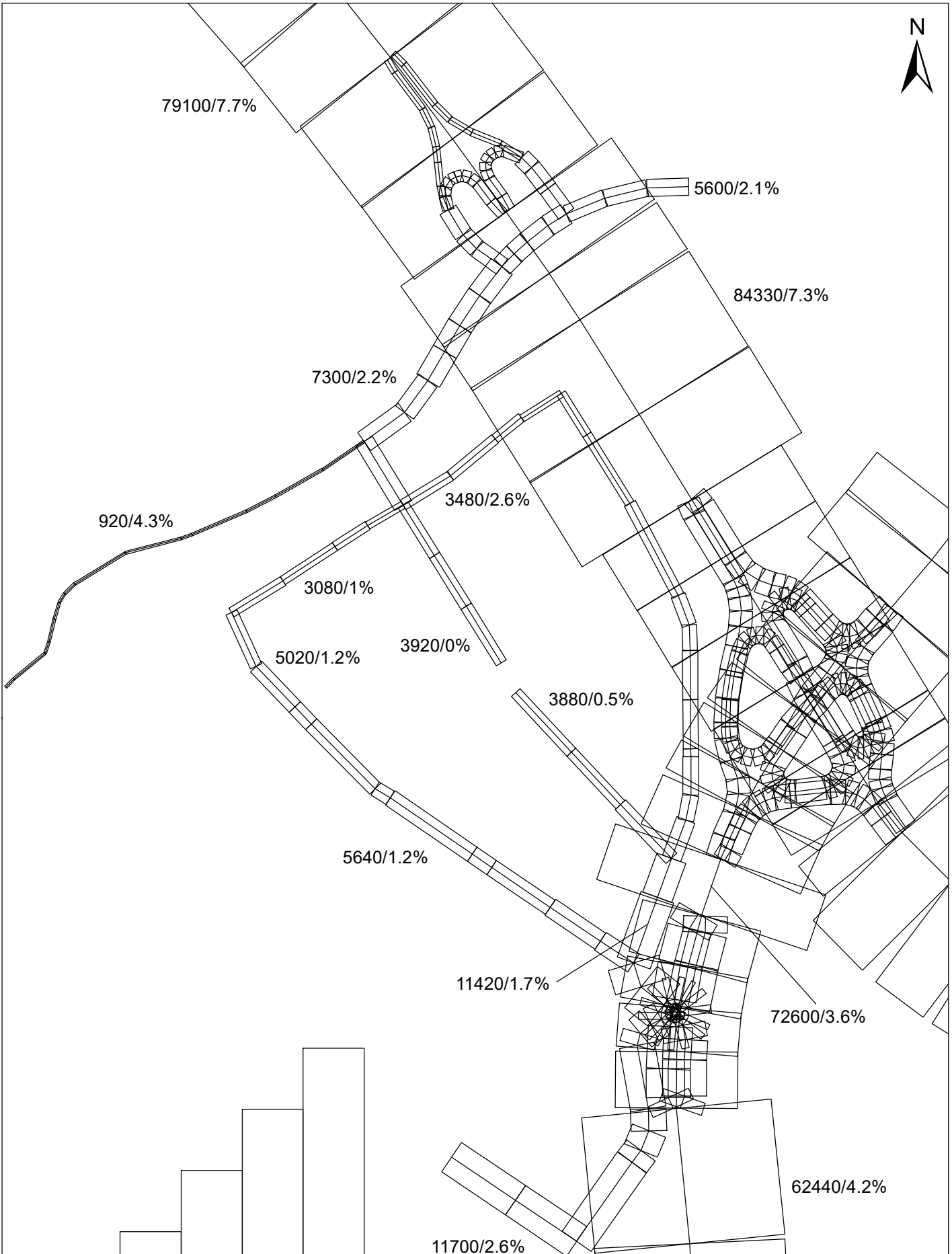



Abb. 4.4 20249-20-01
Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Planfall



Lohmeyer

	Park- ebenen	Stellplätze				
		öffentlich	Sharing	P&R	privat	insge- samt
QG 1	6	29	0		285	320
QG 2	7	38	12	243	255	548
QG 3	6.5	17	0		260	286
QG 4	6.5	23	0		292	323
QG 5	6.5	23	0		292	323
QG 6	6.5	37	0		349	392
QG 7	6.5	17	0		223	243
QG 8	7	74	0		280	362
QG 9	6.5	24	0		302	334
QG 10	6.5	14	0		204	223
QG 11	6	23	0		254	283
QG 12	6	38	0		334	378
QG 13 (optional)	6	27	0		285	319
QG 14 (optional)	6	39	0		335	380
QG 15 (optional)	6.5	29	0		324	360
QG 16 (optional)	6	19	0		219	242
Mundenhof (QG 17)	4	472	0		0	472
TG A	_*	_*	_*		_*	72
TG B	_*	_*	_*		_*	57
TG C	_*	_*	_*		_*	73
TG D	_*	_*	_*		_*	70
TG E	_*	_*	_*		_*	60
TG F	_*	_*	_*		_*	66
TG G	_*	_*	_*		_*	42
TG H	_*	_*	_*		_*	38
TG I	_*	_*	_*		_*	91
TG J	_*	_*	_*		_*	74
TG K	_*	_*	_*		_*	81

Tab. 4.1: Anzahl der Parkebenen und der Stellplätze der geplanten Quartiersgaragen (QG), der Hochgarage Mundenhof und der geplanten Tiefgaragen (TG). *) keine Angaben verfügbar

4.3 Meteorologische Daten

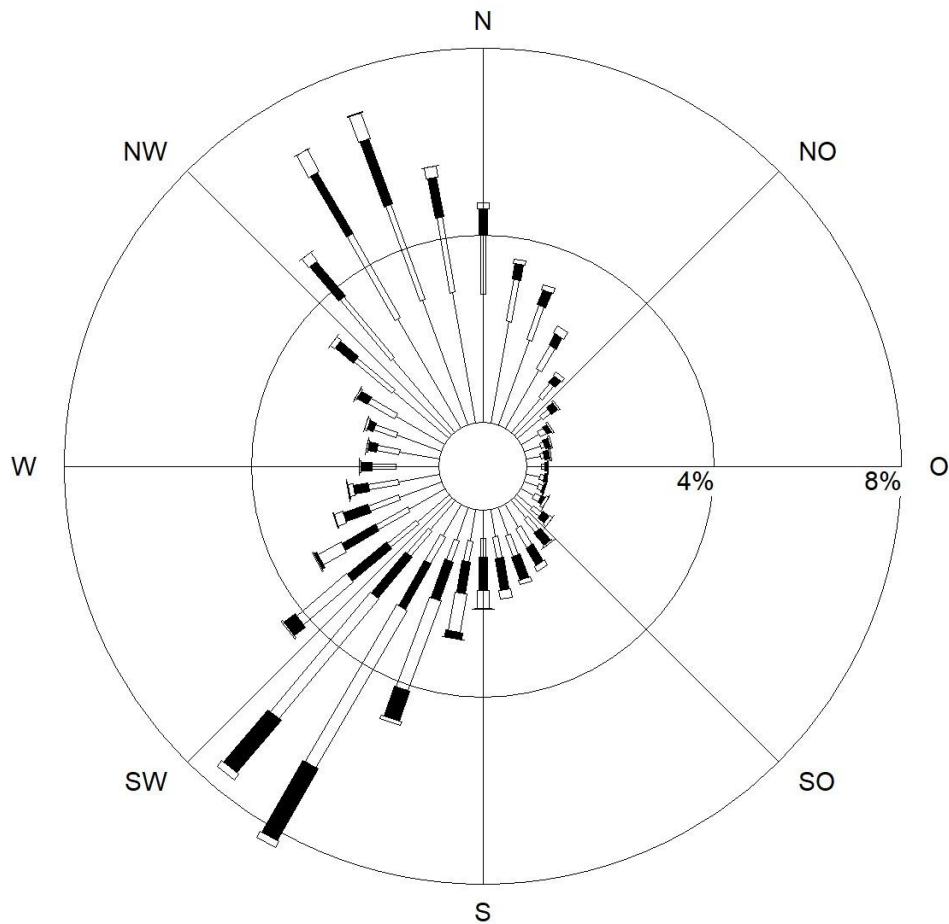
Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden sogenannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Im Untersuchungsgebiet werden die bodennahen Windverhältnisse durch Reliefeinflüsse aufgrund der Lage in der Freiburger Bucht im Südosten des Oberrheingrabens geprägt. In diesem Bereich des Südwest-Nordost orientierten Oberrheingrabens schwenken nordöstlich von Freiburg die östlichen Hangbereiche des Oberrheingrabens zunächst in nordwestliche Richtung. Nach ca. 15 km auf Höhe des Kaiserstuhls schwenken die östlichen Hangbereiche wieder in nordöstliche Richtung entsprechend der Orientierung des Oberrheingrabens; die Hangbereiche des Kaiserstuhls sind knapp 7 km von den östlichen Hängen des Oberrheingrabens entfernt.

Weiter bilden sich in der Freiburger Bucht gehäuft thermisch induzierte Kaltluftströmungen aus Richtung des Schwarzwalds. Dabei treten östlich von Freiburg im Tal der Dreisam gesammelte intensive Kaltluftströmungen auf („Höllentäler“), die zu einer Durchlüftung von Freiburg in Ost-West-Richtung führen. Dabei treten zum Teil ausgeprägten Windgeschwindigkeiten auf, insbesondere in den östlichen Stadtbereichen von Freiburg.

Die an der ca. 2.5 km nordöstlich des Untersuchungsgebiets gelegenen DWD-Station Freiburg erfasste Windrichtungsverteilung (**Abb. 4.5**) spiegelt die besonderen Windverhältnisse bedingt durch die beschriebenen Reliefeinflüsse wider. Als Hauptwindrichtungen werden südwestliche sowie nordwestliche bis nördliche Richtungen erfasst, dabei sind südwestliche Richtungen durch teilweise deutliche Windgeschwindigkeit und die nordwestlichen bis nördlichen Windrichtungen durch überwiegend geringe Windgeschwindigkeit geprägt. Die mittlere Windgeschwindigkeit wird im Zehnjahreszeitraum mit ca. 2.5 m/s erfasst. Aufgrund der Lage der Messstation nordnordwestlich des Ausgangs des Dreisamtals trägt der „Höllentäler“ am Stationsstandort nur gering zur Windrichtungsverteilung bei, die am Flugplatz für östliche und südöstliche Richtungen eine geringe Häufigkeit aufweist.

Windverteilung in Prozent



Station	: Freiburg	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Messhöhe	: 12.0 m	I	▨	1.4 bis 2.3 m/s
Windgeschw.	: 2.5 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. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Freiburg, basierend auf Messdaten aus dem Zeitraum zwischen 2009 bis 2018 (Quelle: DWD).

Für das im Westnordwesten von Freiburg gelegene Untersuchungsgebiet zeigen die „Gesamtstädtische umweltmeteorologische Simulationen für Freiburg i. Br.“ (Lohmeyer, 2015), dass dort die Windverhältnisse durch thermisch induzierte Kaltluftströmungen aus östlicher Richtung während Nachtstunden beeinflusst werden. Daher sind die Windmessdaten der DWD-Station Freiburg nicht direkt repräsentativ für das Untersuchungsgebiet; eine Übertragung auf das Untersuchungsgebiet ist nicht möglich.

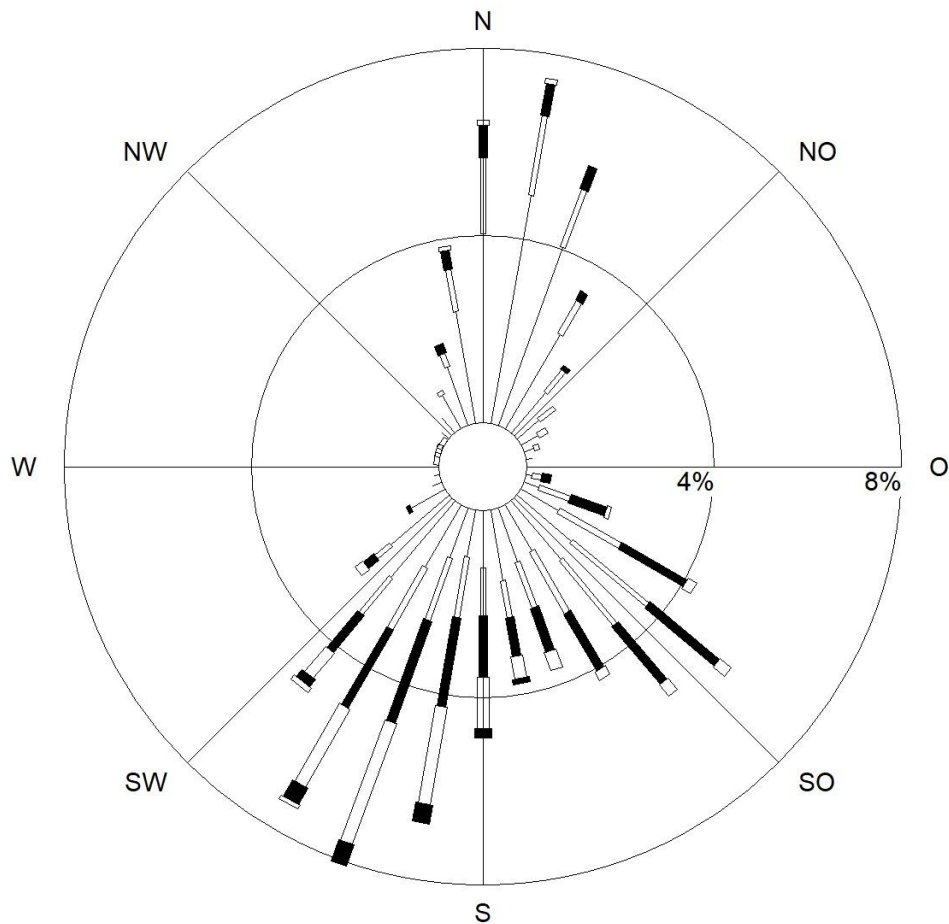
Für Baden-Württemberg stellt die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Steckbriefe synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken basierend auf Modellsimulationen für ein 500 m-Raster zur Verfügung. Für das Untersuchungsgebiet im westnordwestlichen Siedlungsbereich von Freiburg sind die Windrichtungsverteilungen der Steckbriefe der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken ebenfalls durch reliefbedingte Windrichtungen mit Südwest- und Nordkomponenten geprägt und weisen eine zusätzliche Häufung südöstlicher Windrichtungen auf, die durch den „Höllentäler“ bedingt ist.

Die dargestellten Daten des Steckbriefs werden verwendet, um eine Ausbreitungsklassenstatistik mit einer Windrichtungsverteilung in 10°-Sektoren zu erzeugen. Die Ausbreitungsklassenstatistik ist in **Abb. 4.6** dargestellt. Südsüdwestliche und nordnordöstliche Windrichtungen dominieren, wobei erstere die Hauptwindrichtung darstellen. Der Höllentäler spiegelt sich in einer weiteren Häufung südöstlicher Windrichtungen wider. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.2 m/s. Diese Ausbreitungsklassenstatistik wird für die Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der durch die Landnutzung bedingten Rauigkeit im Untersuchungsgebiet angewendet.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

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 flächenhafte Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Windverteilung in Prozent



Station	: synth. FR	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Messhöhe	: 10.0 m	I : 22.6 %	▬▬▬	1.4 bis 2.3 m/s
Windgeschw.	: 2.2 m/s	II : 28.1 %	▬▬▬▬	2.4 bis 3.8 m/s
		III/1 : 23.8 %	▬▬▬▬▬	3.9 bis 6.9 m/s
		III/2 : 12.8 %	▬▬▬▬▬▬	7.0 bis 10 m/s
		IV : 8.7 %	▬▬▬▬▬▬▬	größer 10 m/s
		V : 4.0 %	▬▬▬▬▬▬▬▬	

Abb. 4.6: Synthetische Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung sowie Häufigkeit der Ausbreitungsklassen für den Standort Freiburg-Lehen (nach LUBW).

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Baden-Württemberg. In den jährlichen Berichten über die Immissionsmesswerte sind unter anderem Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUBW, 2012, 2013, 2014a, 2015, 2016, 2018, 2019a, 2019b, 2021a). Die Werte für 2020 sind derzeit in Form von Kurzauswertungen veröffentlicht (LUBW, 2021b).

Die vorliegenden Daten der dem Untersuchungsgebiet umliegenden Messstationen sind auszugsweise in **Tab. 4.2** aufgeführt. Die Station Freiburg-Mitte befindet sich westlich des zentralen Innenstadtbereichs auf einem Parkplatz des Rathauses, in unmittelbarer Nähe grenzt eine Kleingartenanlage an; als nächstgelegene Straße ist die Sundgaullee knapp 50 m entfernt.

Die an der Station Freiburg-Mitte erfassten Kennwerte der Luftqualität können als charakteristisch für den städtischen Hintergrund betrachtet werden. An den straßennahen Messstandorten in Freiburg werden durch verkehrsbedingte Beiträge der Schwarzwaldstraße bzw. der Zähringer Straße beeinflusste Kennwerte erfasst. In Neuenburg, ca. 30 km südwestlich von Freiburg gelegen, werden am nordöstlichen Siedlungsrand Luftqualitätsmessungen in knapp 100 m Abstand zu einer Bundesstraße durchgeführt, die nur geringe Verkehrsbeiträge aufweisen; die dort erfassten PM₁₀-Kennwerte sind etwas höher als in Freiburg. Die Messstation Schwarzwald-Süd befindet sich ca. 20 km südlich des Untersuchungsgebiets außerhalb der Tiefebene des Oberrheingrabens; aufgrund der ländlichen Lage weisen die dort erfassten Messwerte die geringen Belastungswerte des regionalen Hintergrunds auf.

Interpretationen der NO₂-Messdaten hinsichtlich möglicher Entwicklungen sind mit Vorsicht zu versehen, da im Jahr 2019 überdurchschnittlich günstige Ausbreitungsbedingungen in Baden-Württemberg vorlagen und das Jahr 2020 außergewöhnliche Entwicklungen aufgrund intensiver Einschränkungen des öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens aufwies.

Neben den Messdaten des Landesmessnetzes sind im Internet Informationen über modellierte Flächenmittel der sogenannten Immissionsvorbelastung für NO₂ und PM₁₀ in einem 500 m-Raster für die Jahre 2010 und 2020 (LUBW, 2014b) über den Daten- und Kartendienst der LUBW (<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de>) abrufbar. Für das Jahr 2010 sind die erfassten NO₂- und PM₁₀-Jahresmittelwerte der Station Freiburg-Mitte in **Tab. 4.2** vergleichbar zu den modellierten Flächenmitteln westlich des zentralen Stadtbereichs, so auch im Bereich des Untersuchungsgebiets am nordwestlichen Siedlungsrand. Weiter zeigen die prognostizierten

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Freiburg-Mitte	Freiburg Schwarzwaldstraße (V)	Freiburg Zähringer Straße (S)	Neuenburg	Schwarzwald Süd
NO ₂ -Jahresmittel	2011	21	67	48	20	4
	2012	19	65	50	19	4
	2013	22	65	44	19	5
	2014	19	62	43	19	4
	2015	19	56	41	20	4
	2016	21	-	41	20	4
	2017	19	49	37	19	3
	2018	19	50	-	20	5
	2019	16	36	-	18	4
	2020	14	30	-	15	3
PM10-Jahresmittel	2011	17	24	-	20	9
	2012	15	22	-	18	8
	2013	16	22	-	19	8
	2014	14	19	-	16	8
	2015	16	19	-	18	9
	2016	14	18	-	15	7
	2017	14	19	-	16	8
	2018	14	18	-	16	9
	2019	13	15	-	15	7
	2020	12	-	-	14	7
Anzahl PM10-Überschreitungen > 50 µg/m ³ im Tagesmittel	2011	7	10	-	9	1
	2012	4	12	-	7	0
	2013	4	13	-	10	1
	2014	3	2	-	9	0
	2015	3	4	-	7	0
	2016	0	2	-	0	0
	2017	8	11	-	10	0
	2018	3	5	-	3	0
	2019	2	-	3	1	0
	2020	1	1	-	1	1
PM2.5-Jahresmittel	2011	12	16	-	-	7
	2012	11	14	-	-	6
	2013	13	15	-	-	6
	2014	10	12	-	-	6
	2015	11	13	-	-	6
	2016	10	12	-	-	5
	2017	10	11	-	-	5
	2018	10	12	-	-	6
	2019	8	9	-	-	5
	2020	7	-	-	-	4

Tab. 4.2: Jahreskenngößen der Luftschadstoff-Messwerte der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2012, 2013, 2014a, 2015, 2016, 2018, 2019a, 2019b, 2021a, 2021b)

Flächenmittel für das Jahr 2020 eine deutliche Reduktion der Immissionsvorbelastung für NO₂ um circa 30 % gegenüber 2010. Die zeitliche Entwicklung der beobachteten Jahresmittelwerte an den in **Tab. 4.2** aufgelisteten Messstationen mit nur geringen Verkehrseinflüssen weisen mit Ausnahme der zuletzt erfassten Jahresmittelwerten seit 2010 nur geringfügige Abnahmen der NO₂-Jahresmittelwerte auf und deuten solch eine Reduktion nicht an.

Auf Grundlage der Messwerte an der Messstation Freiburg-Mitte sowie den Zusammenhängen der modellierten Flächenmittel im Bereich des Messstandorts und am nordwestlichen Siedlungsrand wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der letzten Jahre eine Hintergrundbelastung für NO₂ von 19 µg/m³ und für PM10 von 14 µg/m³ abgeleitet.

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 PM2.5 zu PM10-Verhältnis 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 PM2.5- zu PM10-Verhältnis bestimmt. Die in **Tab. 4.2** aufgeführten PM2.5-Messwerte bestätigen diese Korrelation.

Auf Grundlage der oben genannten PM2.5- zu PM10-Verhältnisse und der in **Tab. 4.2** aufgeführten Messwerte der letzten Jahre werden für die Hintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet die in **Tab. 4.3** genannten Werte angesetzt. Die aufgeführten Werte werden in dem vorliegenden Gutachten unverändert auch für das Bezugsjahr 2025 herangezogen.

Schadstoff	Jahresmittelwert in µg/m ³
NO ₂	19
PM10	14
PM2.5	10

Tab. 4.3: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2019/2025

Für das Chemiemodell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion (Düring et al., 2011) wird in Orientierung an die Messungen an den umliegenden Stationen der letzten Jahre eine Hintergrundbelastung für Ozon von 54 µg/m³ angesetzt.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der oben angegebenen 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. Für das zu betrachtende Prognosejahr zeigen Abschätzungen (RLuS 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für NO₂ um circa 7 % und für PM10 um circa 6 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktion verzichtet; das entspricht einer konservativen Vorgehensweise.

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 NO₂ und PM₁₀ erreicht, weshalb diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet werden. Zudem werden die PM_{2.5}-Immissionen behandelt. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer und werden deshalb hier nicht betrachtet.

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 (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschleppern, Bussen usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) setzen sich 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).

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

Die motorbedingten Emissionsfaktoren hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW 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, 2019) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

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 folgende Verkehrssituationen herangezogen:

- IOS-AB100: Autobahn, Tempolimit 100 km/h
- IOS-AB80: Autobahn, Tempolimit 80 km/h
- IOS-AB70: Städtische Autobahn, Tempolimit 70 km/h
- IOS-AB70d: Städtische Autobahn, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
- IOS-AB70g: Städtische Autobahn, Tempolimit 70 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-HVS70d: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
- IOS-HVS50d: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50g: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-HVS30g: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-Sam30: Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h
- IOS-Sam30d: Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
- IOS-Sam30g: Städtische Sammelstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-NS30: Städtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h
- IOS-NS30d: Städtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
- IOS-NS30s: Städtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stop-and-Go-Verkehr

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet, in dem eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt sind; vergleichbare Anpassungen sind auch für leichte Nutzfahrzeuge enthalten. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Emissionsfaktoren berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet die an der DWD-Station Freiburg erfassten stündlichen Zeitreihen der Lufttemperatur im Zeitraum 2009-2018 mit einer mittleren Temperatur von 11.1 °C (Quelle: DWD).

Für den im neuen Stadtteil Dietenbach geplanten Parkhäuser und Tiefgaragen werden die Emissionen während Parkvorgängen durch einen Stop-and-Go-Verkehr („IOS-NS30s“) berücksichtigt, um damit die Beiträge des Parkplatzsuchverkehrs und der Emissionen beim Parkvorgang (Leerlauf, Startvorgänge etc.) zu berücksichtigen.

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2025 aufgeführt. , klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Steigungs- und Gefällestrecken sowie Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „+“-Plus-, „-“-Minus- und „_“-Unterstrichzeichen) mit entsprechenden Minderungen für NO_2 direkt des LV nach Düring et al (2021). Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt. Die Emissionen werden auf der Grundlage der im Verkehrsgutachten genannten Verkehrsprognosen 2030 im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit für das Bezugsjahr 2025, dem frühestmöglichen Jahr der Fertigstellung wesentlicher Teile der Planung, berechnet.

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang A4 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ im Bezugsjahr 2025 dargestellt. Die Schadstofffreisetzungen entlang der B 31a und der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) sind wie im Anhang A3 dargestellt in den Ausbreitungsrechnungen fahrtrichtungsfein berücksichtigt.

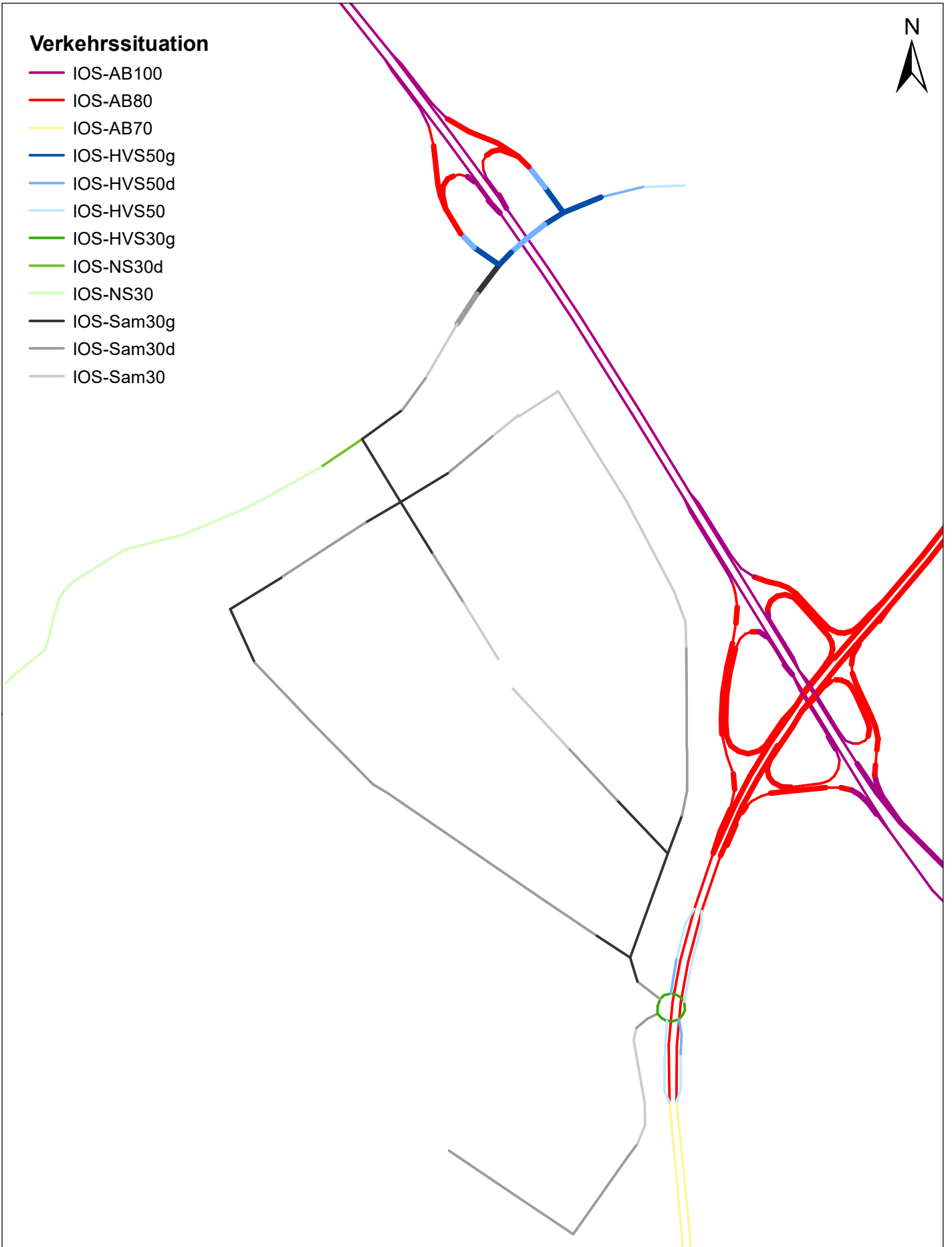
Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren 2025 je Kfz in g/km									
Verkehrssituation	Geschwindigkeit in km/h	NO _x		PM10 / PM 2.5 (nur Abgase)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)		NO _{2,direkt}	
		PKW	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV
IOS-AB100	96.9	0.203	0.870	0.0051	0.0186	0.029	0.130	0.009	0.046	0.031	0.099
IOS-AB100-2	96.9	0.120	1.830	0.0044	0.0082	0.029	0.130	0.009	0.046	0.018	0.238
IOS-AB100-4	96.9	0.074	0.504	0.0040	0.0038	0.029	0.130	0.009	0.046	0.010	0.061
IOS-AB100+2	96.9	0.326	0.911	0.0064	0.0212	0.029	0.130	0.009	0.046	0.051	0.092
IOS-AB100+4	96.9	0.493	1.189	0.0080	0.0191	0.029	0.130	0.009	0.046	0.079	0.116
IOS-AB80	79.0	0.161	0.837	0.0047	0.0164	0.029	0.130	0.010	0.049	0.025	0.095
IOS-AB80-2	79.0	0.101	1.796	0.0041	0.0076	0.029	0.130	0.010	0.049	0.015	0.233
IOS-AB80-4	79.0	0.066	0.501	0.0037	0.0035	0.029	0.130	0.010	0.049	0.009	0.061
IOS-AB80+2	79.0	0.255	0.897	0.0054	0.0202	0.029	0.130	0.010	0.049	0.040	0.091
IOS-AB80+4	79.0	0.380	1.148	0.0065	0.0184	0.029	0.130	0.010	0.049	0.060	0.111
IOS-AB70	69.4	0.153	0.847	0.0045	0.0157	0.029	0.130	0.012	0.054	0.023	0.096
IOS-AB70d	62.5	0.163	0.998	0.0046	0.0147	0.029	0.130	0.012	0.058	0.024	0.114
IOS-AB70g	41.5	0.246	2.091	0.0053	0.0179	0.030	0.130	0.013	0.062	0.038	0.254
IOS-HVS70d	50.2	0.228	1.379	0.0053	0.0170	0.032	0.350	0.014	0.065	0.033	0.160
IOS-HVS50	42.9	0.216	1.907	0.0052	0.0185	0.026	0.113	0.015	0.068	0.031	0.225
IOS-HVS50d	36.0	0.267	2.121	0.0057	0.0215	0.033	0.358	0.016	0.068	0.039	0.247
IOS-HVS50d-4	36.0	0.173	1.313	0.0049	0.0106	0.033	0.358	0.016	0.068	0.024	0.158
IOS-HVS50d_2	36.0	0.277	1.974	0.0058	0.0216	0.033	0.358	0.016	0.068	0.041	0.232
IOS-HVS50g-2	23.4	0.254	4.212	0.0056	0.0273	0.039	0.700	0.016	0.068	0.037	0.523
IOS-HVS50g-4	23.4	0.211	3.673	0.0053	0.0230	0.039	0.700	0.016	0.068	0.030	0.457
IOS-HVS50g_2	23.4	0.318	4.136	0.0062	0.0316	0.039	0.700	0.016	0.068	0.047	0.509
IOS-HVS30g	16.1	0.298	5.275	0.0064	0.0378	0.039	0.700	0.016	0.068	0.043	0.649
IOS-Sam30	30.1	0.228	2.203	0.0057	0.0258	0.026	0.100	0.014	0.067	0.031	0.254
IOS-Sam30d	24.0	0.242	2.781	0.0058	0.0281	0.033	0.350	0.016	0.068	0.033	0.325
IOS-Sam30d_2	24.0	0.249	2.331	0.0058	0.0280	0.033	0.350	0.016	0.068	0.034	0.270
IOS-Sam30g	15.6	0.321	5.212	0.0066	0.0401	0.039	0.700	0.016	0.068	0.045	0.637
IOS-Sam30g_2	15.6	0.323	4.696	0.0066	0.0404	0.039	0.700	0.016	0.068	0.046	0.570
IOS-NS30	28.8	0.262	2.837	0.0059	0.0310	0.026	0.280	0.016	0.068	0.033	0.336
IOS-NS30_2	28.8	0.267	2.386	0.0060	0.0304	0.026	0.280	0.016	0.068	0.034	0.281
IOS-NS30d	23.3	0.283	3.565	0.0062	0.0314	0.034	0.500	0.016	0.068	0.036	0.429
IOS-NS30d_2	23.3	0.290	2.713	0.0062	0.0316	0.034	0.500	0.016	0.068	0.037	0.316

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025



Verkehrssituation

- IOS-AB100
- IOS-AB80
- IOS-AB70
- IOS-HVS50g
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50
- IOS-HVS30g
- IOS-NS30d
- IOS-NS30
- IOS-Sam30g
- IOS-Sam30d
- IOS-Sam30



0 100 200
Meter

Abb. 5.1

20249-20-01

Verkehrssituation auf dem Straßennetz für den Planfall. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet



In **Tab. 5.2** sind exemplarisch die Verkehrskennwerte und daraus abgeleitete Emissionen für einen Abschnitt der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) östlich des geplanten Stadtteils Dietenbach und für einen Abschnitt der geplanten Haupteinfahrungsstraße im Südosten des geplanten Stadtteils aufgezeigt. An der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) sind die planungsbedingten Erhöhungen der Schadstofffreisetzungen vergleichbar zur prognostizierten Verkehrszunahme.

	DTV in Kfz/24h	LKW Anteil in %	Verkehrssituation	Mittlere Emissionsdichte in mg/(m*s)			
				NO _x	NO ₂ direkt	PM10	PM2.5
Prognosenullfall							
Tel-Aviv-Yafo-Allee	61 300	4.0	IOS-AB80	0.134	0.019	0.0274	0.0121
Planfall							
Tel-Aviv-Yafo-Allee	72 600	3.6	IOS-AB80	0.156	0.023	0.0321	0.0141
Planstraße	11 400	1.7	IOS-Sam30g	0.053	0.007	0.0076	0.0031

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2025

Für den Betrieb der geplanten Parkhäuser und Tiefgaragen werden aus den Angaben der Parkhausplanungen grob mittlere Fahrlängen abgeschätzt. In Verbindung der täglichen Parkvorgänge in den Parkhäusern und Tiefgaragen (**Tab. 4.1**) sind die so ermittelten durchschnittlichen täglichen Gesamtemissionen in **Tab. 5.3** exemplarisch aufgeführt.

	NO _x	NO ₂ direkt	PM10	PM2.5
Quartiersgarage 1	82.7	8.8	7.6	3.0
Quartiersgarage 2	378.7	41.4	36.2	14.2
Quartiersgarage 8	150.9	15.8	13.6	5.3
Quartiersgarage 12	108.1	11.7	10.1	4.0
Hochgarage Mundenhof	152.7	15.4	13.4	5.2
Tiefgarage I	12.6	1.6	1.4	0.5

Tab. 5.3: Mittlere tägliche Schadstofffreisetzung in den geplanten Tiefgaragen in g/Tag.

Für die Entlüftung der oberirdischen Parkhäuser wird unter Berücksichtigung einer offenen Bauweise eine natürliche Be- und Entlüftung über die Fassadenseiten angesetzt. Die innerhalb der Tiefgaragen freigesetzten Luftschadstoffe werden im Planfall unter Annahme einer natürlichen Be- und Entlüftung anteilig im Bereich der Zu- und Ausfahrten sowie der

Lüftungsöffnungen verteilt, dabei werden die Entlüftungsöffnungen der Tiefgaragen entsprechend der Garagenverordnung - GaVO (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1997) umgesetzt.

In der vorliegenden Untersuchungen werden die Beiträge der optionalen Quartiersgaragen ebenfalls im Sinne einer konservativen Vorgehensweise ebenfalls berücksichtigt.

6 ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet, d. h. im Plangebiet wurden Schadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. Das Rechengebiet deckt eine Fläche von ca. 2.0 km x 2.5 km ab, bei einer horizontalen Auflösung von 5 m x 5 m. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung (Kap. 4) 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. Bereiche außerhalb des ausgewerteten Rechengebietes sind ohne Farbe dargestellt. Beurteilungsrelevanten Kenngrößen sind einheitliche Farben zugeordnet. Damit werden Grenzwerte der 39. BImSchV mit roten Farben für NO₂-Jahresmittelwerte sowie für PM₁₀- und PM_{2.5}-Jahresmittelwerte und der Schwellenwert für PM₁₀-Kurzzeitbelastungen sowie der Zielwert für PM_{2.5}-Jahresmittelwerte mit der gelben Farbe belegt.

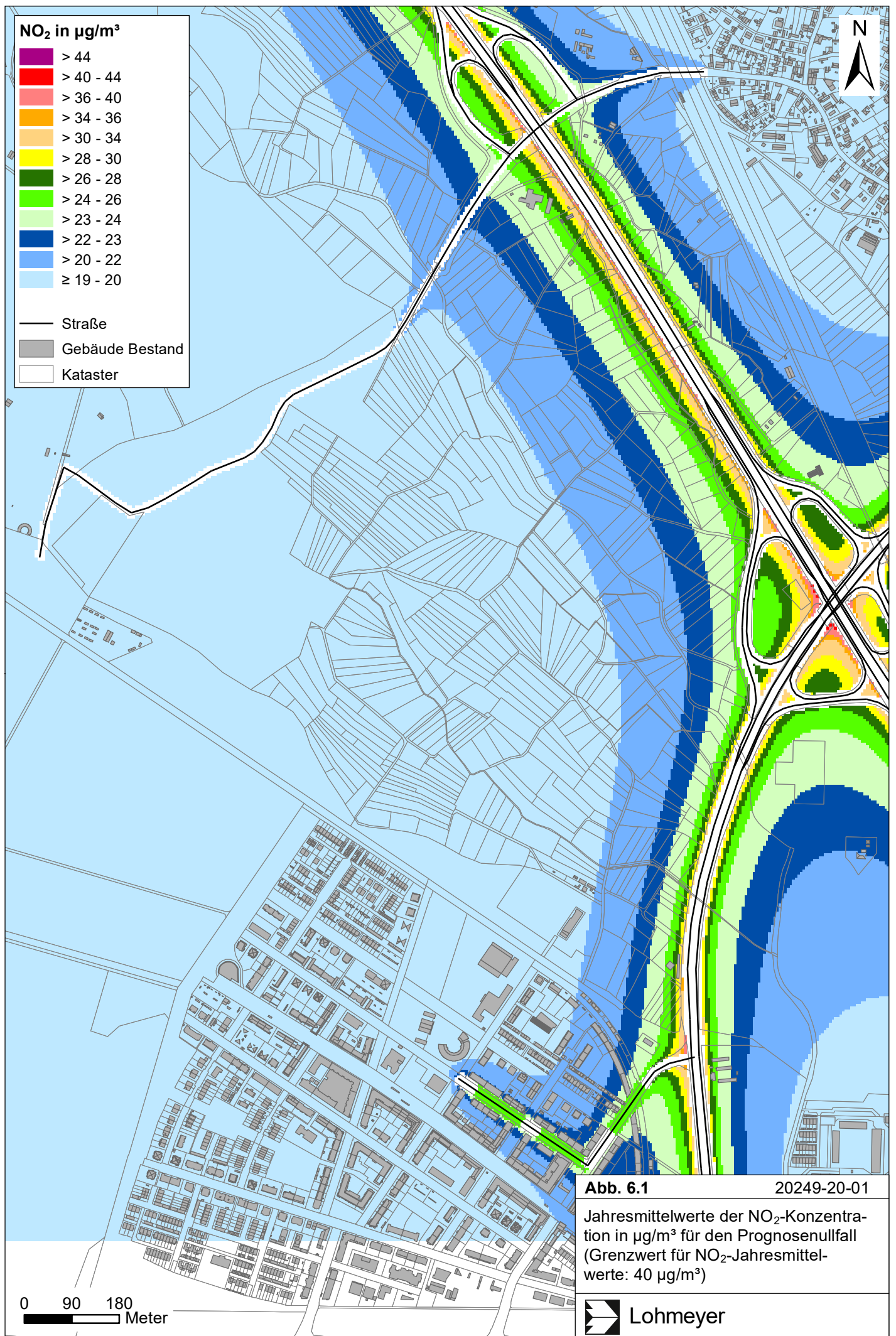
Die Betrachtungen erfolgen für das Bezugsjahr 2025, dem Jahr der frühesten Fertigstellung wesentlicher Teile des geplanten Bauvorhabens, und berücksichtigen im Sinne einer konservativen Vorgehensweise die Umsetzung aller sechs Bauabschnitte, wobei die komplette Aufsiedelung bis zum Jahr 2042 abgeschlossen sein soll. Gegenüber den so ermittelten Immissionen sind im Hinblick auf die Entwicklung des neuen Stadtteil Dietenbach in sechs Bauabschnitten auch für die Umsetzung einzelner Bebauungspläne keine zusätzlichen Konflikte zu erwarten.

6.1 NO₂-Immissionen

Die **Abb. 6.1** zeigt die im Prognosenullfall berechneten NO₂-Immissionen. Die NO₂-Immissionen im Untersuchungsgebiet sind durch die verkehrsbedingten Beiträge der Bundesstraße B 31a und der Stadtstraße Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) geprägt, die dort entlang den Straßen zu flächenhaft erhöhten Jahresmittelwerten führen. Dabei sind unter Berücksichtigung der angesetzten NO₂-Hintergrundbelastung am Straßenrand der B 31a im Bereich des Knotenpunktes mit der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) die NO₂-Konzentrationswerte im Jahresmittel bis 44 µg/m³ und sonst bis 40 µg/m³ berechnet. Mit zunehmendem Abstand sind geringere Verkehrsbeiträge abgeleitet, wobei bis in einen Abstand von ca. 70 m südwestlich und ca. 40 m nordöstlich der B 31a NO₂-Jahresmittelwerte über 24 µg/m³ ermittelt sind. Am Fahrbahnrand der Besançonallee sind die NO₂-Jahresmittelwerte im Bereich des Rieselfelds bis 40 µg/m³ und sonst überwiegend bis 34 µg/m³ dargestellt. Dabei sind bis in Abstand von ca. 40 m beidseitig zur Straße die NO₂-Immissionen über 24 µg/m³ berechnet.

Im Bereich des beplanten Dietenbachgeländes ist die NO₂-Gesamtbelastung im Nordosten durch die Beiträge der B 31a und im Osten durch die Beiträge der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) geprägt. Dabei sind an den zur B 31a nächstgelegenen Bereichen die NO₂-Immissionen über 24 µg/m³ und vereinzelt bis 40 µg/m³ dargestellt. Dabei sind im Bereich der Baufenster keine NO₂-Immissionen über 30 µg/m³ prognostiziert. An den zur Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) nächstgelegenen Bereichen sind die Immissionen über 24 µg/m³ und bis 30 µg/m³ ermittelt. Überwiegend sind im Bereich des beplanten Geländes aber geringere NO₂-Jahresmittelwerte zwischen 19 µg/m³ und 24 µg/m³ berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, z. B. Wohngebäuden, führen. Die Bewertung der Luftqualität auf dem Gelände von Arbeitsstätten schließt die 39. BImSchV aus. Im nordwestlichen Bereich des Dietenbachgeländes sind an der zur B 31a nächstgelegenen bestehenden Bebauung die NO₂-Immissionen über 23 µg/m³ und vereinzelt bis 34 µg/m³ prognostiziert. An den auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen Gebäuden sind die NO₂-Jahresmittelwerte bis 28 µg/m³ dargestellt. In Rieselfeld sind an der Randbebauung der Erschließungsstraße die NO₂-Gesamtbelastungen bis 24 µg/m³ ermittelt. An der übrigen Wohnbebauung von Rieselfeld sind die ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte überwiegend zur Hintergrundbelastung vergleichbar dargestellt.

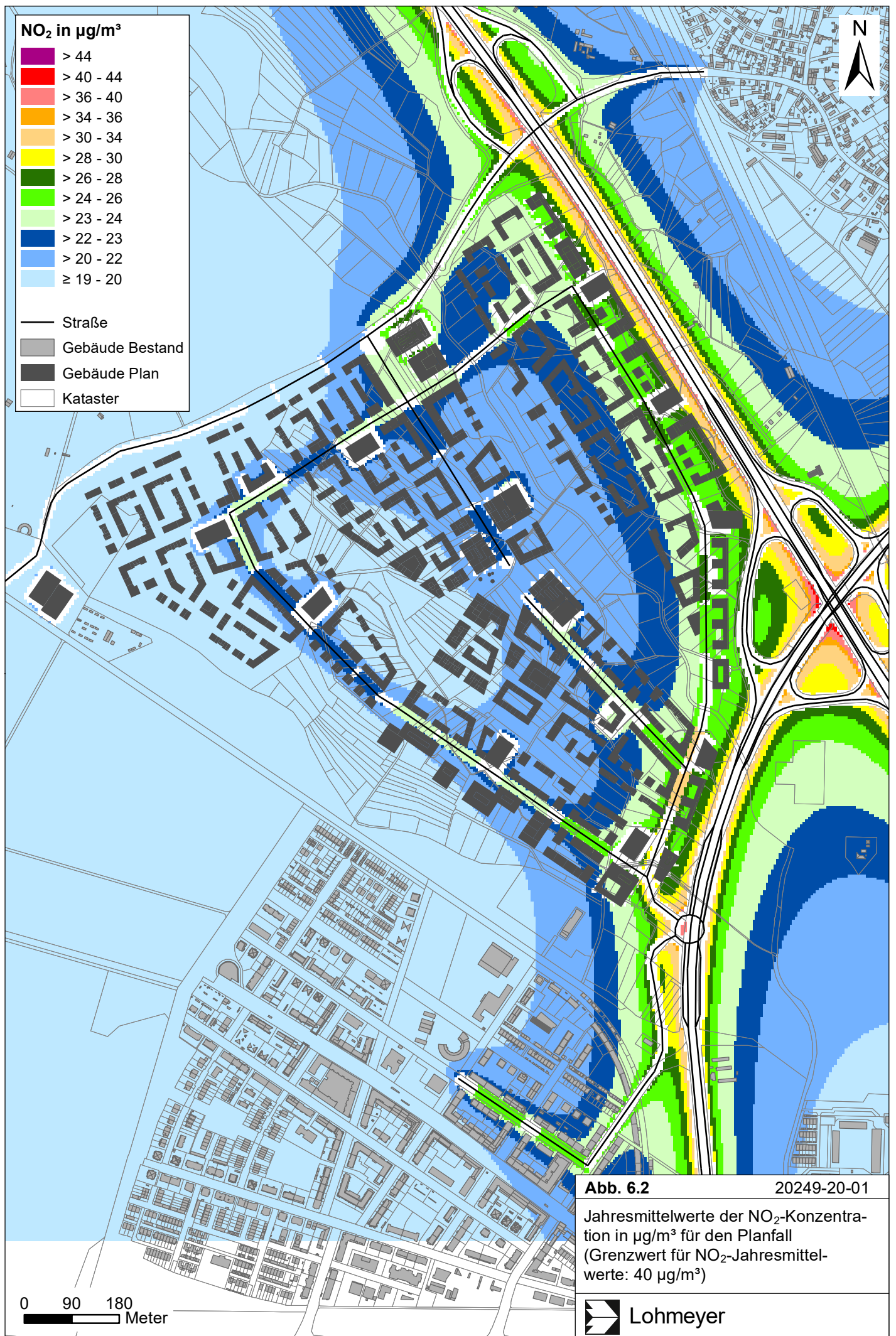


Damit wird an der bestehenden Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet der derzeit geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ nicht erreicht und nicht überschritten. Dabei sind die prognostizierten NO₂-Jahresmittelwerte überwiegend deutlich unterhalb des Grenzwerts ermittelt. Für das geplante Dietenbachgelände mit ermittelten NO₂-Jahresmittelwerten überwiegend zwischen 19 µg/m³ und 24 µg/m³ liegen aus lufthygienischer Sicht in Bezug auf den Grenzwert der 39. BImSchV für NO₂-Jahresmittelwerte gegen eine Bebauung keine Einwände vor.

In **Abb. 6.2** ist die NO₂-Gesamtbelastung für Planfall dargestellt. Aufgrund der durch das Vorhaben induzierten zusätzlichen Verkehren sind die entlang der B 31a und der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) flächenhaft erhöhten NO₂-Immissionen stärker gegenüber dem Prognosenullfall ausgeprägt. Dabei sind am Straßenrand der B 31a im Bereich des Knotenpunktes mit der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) die NO₂-Gesamtbelastungen im Jahresmittel vereinzelt über 44 µg/m³ und sonst weiterhin bis 40 µg/m³ ermittelt. Nordöstlich der B 31a sind NO₂-Immissionen über 24 µg/m³ bis in einen Abstand von ca. 50 m und südwestlich unter Berücksichtigung der Beiträge der Planstraßen bis in einen Abstand von ca. 100 m dargestellt. An der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) sind vergleichbare NO₂-Jahresmittelwerte bis in einen östlichen Abstand von ca. 60 m und auf der Westseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) unter Berücksichtigung der Beiträge der Planstraßen bis in einen Abstand von ca. 120 m ermittelt. Am Fahrbahnrand sind die Konzentrationswerte weiterhin überwiegend bis 34 µg/m³ dargestellt.

Im Bereich des neuen Stadtteils Dietenbach führen die entlang den Planstraßen freigesetzten zusätzlichen verkehrsbedingten Beiträge in diesem Bereich zu einer Erhöhung der NO₂-Gesamtbelastungen. Dabei sind am Fahrbahnrand der Planstraßen die NO₂-Immissionen vereinzelt bis 28 µg/m³ und sonst überwiegend bis 24 µg/m³ berechnet.

Im Planfall sind an den auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen bereits bestehenden Gebäuden die NO₂-Jahresmittelwerte weiterhin bis 28 µg/m³ dargestellt. An der bereits bestehenden Wohnbebauung des Stadtteils Rieselfeld sind zum Prognosenullfall vergleichbare NO₂-Immissionen mit Jahresmittelwerten weiterhin vereinzelt bis 26 µg/m³ ermittelt. Im neuen Stadtteil Dietenbach sind an der zur B 31a nächstgelegenen geplanten Bebauung für die zur Bundesstraße gerichteten Gebäudebereiche die NO₂-Immissionen vereinzelt bis 36 µg/m³ dargestellt. An der geplanten Randbebauung der HAUPTERSCHLIEßUNGSSTRASSEN sind die NO₂-Jahresmittelwerte im Südosten von Dietenbach vereinzelt bis 34 µg/m³ und im Nordwesten bis 28 µg/m³ prognostiziert. In den übrigen Bereichen



von Dietenbach sind die an der geplanten Randbebauung der Haupteerschließungsstraßen ermittelten NO-Gesamtbelastungen geringer und überwiegend zwischen $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Für Wohngebäude, die nicht direkt an die Haupteerschließungsstraßen angrenzen, weisen die prognostizierten NO₂-Immissionen überwiegend Jahresmittelwerte bis $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

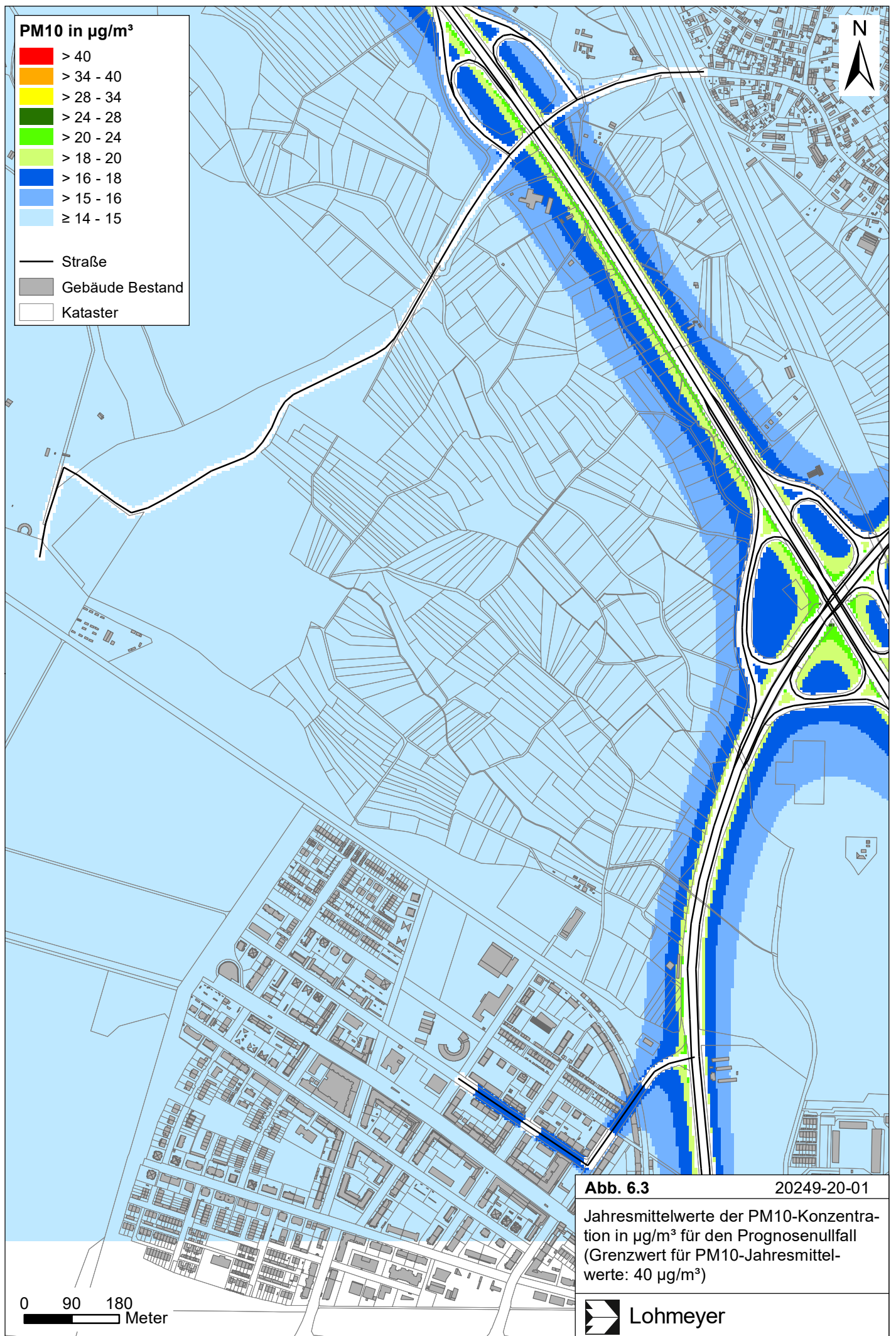
Damit wird auch im Planfall der Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der bereits bestehenden Wohnbebauung weiterhin deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. An den geplanten Gebäuden des neuen Stadtteils wird der Grenzwert ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten, überwiegend sind dabei die prognostizierten NO₂-Jahresmittelwerte deutlich unterhalb des Grenzwerts ermittelt.

Die 39. BImSchV sieht eine Bestimmung der Kurzzeitbelastung von NO₂ vor (siehe Abschnitt 3.3). Eine Überschreitung des NO₂-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.

6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

Für die Bewertung der PM10-Immissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3 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 werden kann. 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 berechneten PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte). Die höchsten Konzentrationen sind entlang der B 31a und der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) mit flächenhaft erhöhten PM10-Gesamtbelastungen überwiegend bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; im Bereich des Knotenpunktes B 31a/ Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) sind vereinzelte PM10-Jahresmittelwerte bis $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Im Bereich der Erschließungsstraße des bestehenden Stadtteil Rieselfeld sind die PM10-Immissionen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Im übrigen Untersuchungsgebiet unterscheiden sich die abgeleiteten PM10-Immissionen nur geringfügig von der angesetzten Hintergrundbelastung.



Im Bereich des beplanten Dietenbachgeländes sind überwiegend PM10-Immissionen ermittelt, die gegenüber der Hintergrundbelastung von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur geringfügig erhöht sind. Nur an den zur B 31a und zur Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) nächstgelegenen Bereichen sind Konzentrationswerte bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

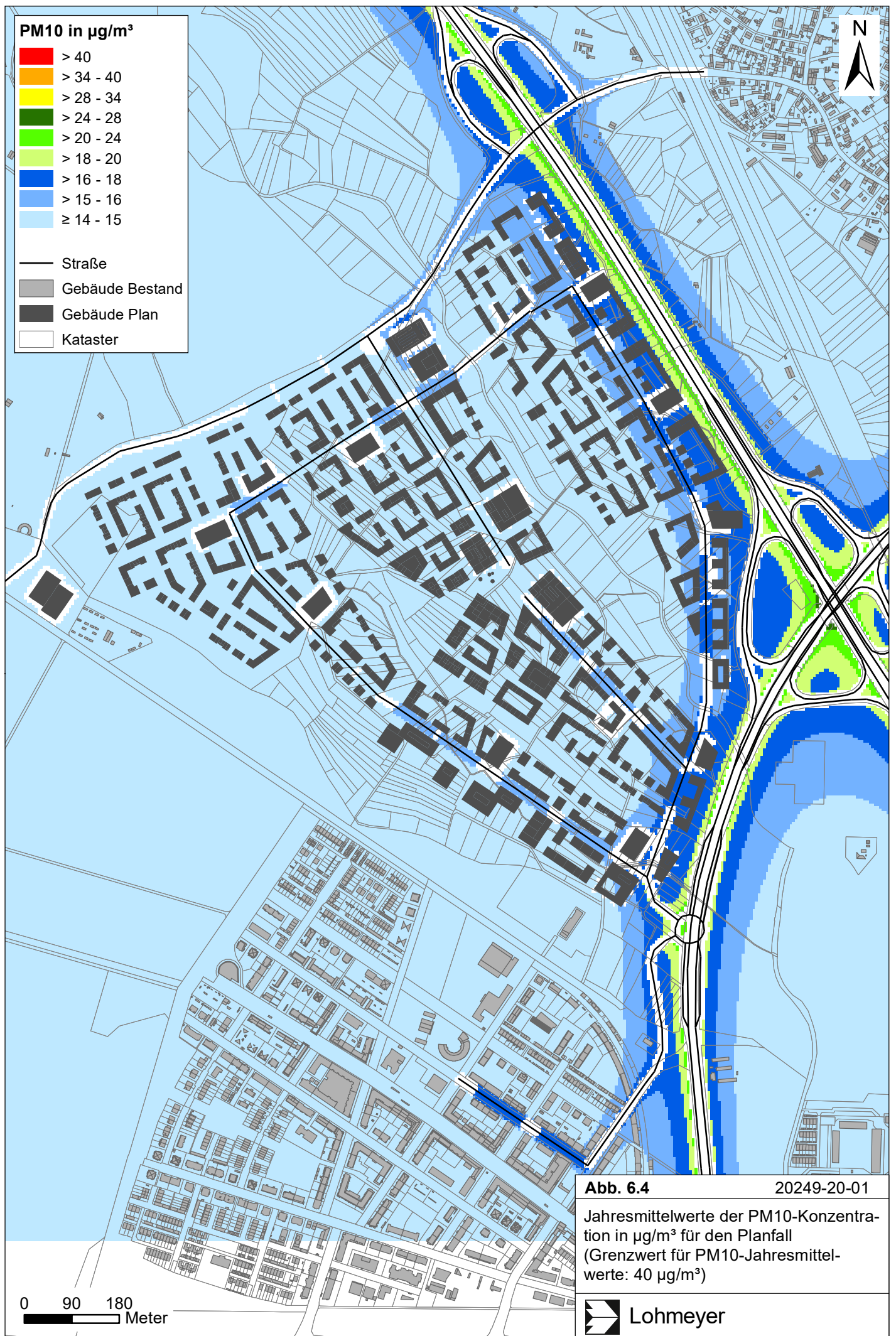
Im Prognosenullfall sind im nordwestlichen Bereich des Dietenbachgeländes an der zur B 31a nächstgelegenen bestehenden Bebauung die PM10-Immissionen über $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und vereinzelt bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An den auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen Gebäuden sind die PM10-Jahresmittelwerte bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Vergleichbare Jahresmittelwerte sind in Rieselfeld an der Randbebauung der Erschließungsstraße ermittelt. An der übrigen Wohnbebauung von Rieselfeld sind die ermittelten PM10-Jahresmittelwerte überwiegend zur Hintergrundbelastung vergleichbar dargestellt.

Damit wird im Prognosenullfall der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten; Konflikte mit dem Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung sind im Prognosenullfall ebenfalls nicht abgeleitet. Die im Bereich des Dietenbachgeländes berechneten PM10-Immissionen zwischen $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und vereinzelt $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterschreiten ebenfalls deutlich die Beurteilungswerte für PM10-Immissionen, womit für die geplante Nutzung aus lufthygienischer Sicht keine Einschränkungen vorliegen.

Im Planfall, in **Abb. 6.4** dargestellt, führen die durch die Planung induzierten zusätzlichen Verkehre zu einer gewissen Zunahme der flächenhaft erhöhten PM10-Gesamtbelastungen entlang der B 31a und Tel-Aviv-Yafo (Besançonallee). Dabei sind auch am Fahrbahnrand weiterhin keine PM10-Jahresmittelwerte über $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Im Bereich des neuen Stadtteils Dietenbach sind unter Berücksichtigung der zusätzlichen Feinstaubfreisetzungen die PM10-Immissionen am Fahrbahnrand der Planstraßen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel prognostiziert. An den zur B 31a und zur Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) nächstgelegenen Bereichen sind die PM10-Immissionen weiterhin bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Überwiegend sind jedoch weiterhin zur PM10-Hintergrundbelastung vergleichbare Jahresmittelwerte dargestellt.

Im Planfall sind an den auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen bereits bestehenden Gebäuden sind die PM10-Jahresmittelwerte weiterhin bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. An der bereits bestehenden Wohnbebauung von Rieselfeld



die PM10-Jahresmittelwerte weiterhin zwischen $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und vereinzelt bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Im neuen Stadtteil Dietenbach sind an der zur B 31a nächstgelegenen geplanten Bebauung für die zur Bundesstraße gerichteten Gebäudebereiche die PM10-Gesamtbelastungen vereinzelt bis $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. An der geplanten Randbebauung der Haupterschließungsstraßen sind die PM10-Jahresmittelwerte bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Überwiegend sind an der geplanten Bebauung im neuen Stadtteil Dietenbach jedoch geringere PM10-Immissionen berechnet, die gegenüber der Hintergrundbelastung nur geringfügig erhöht sind.

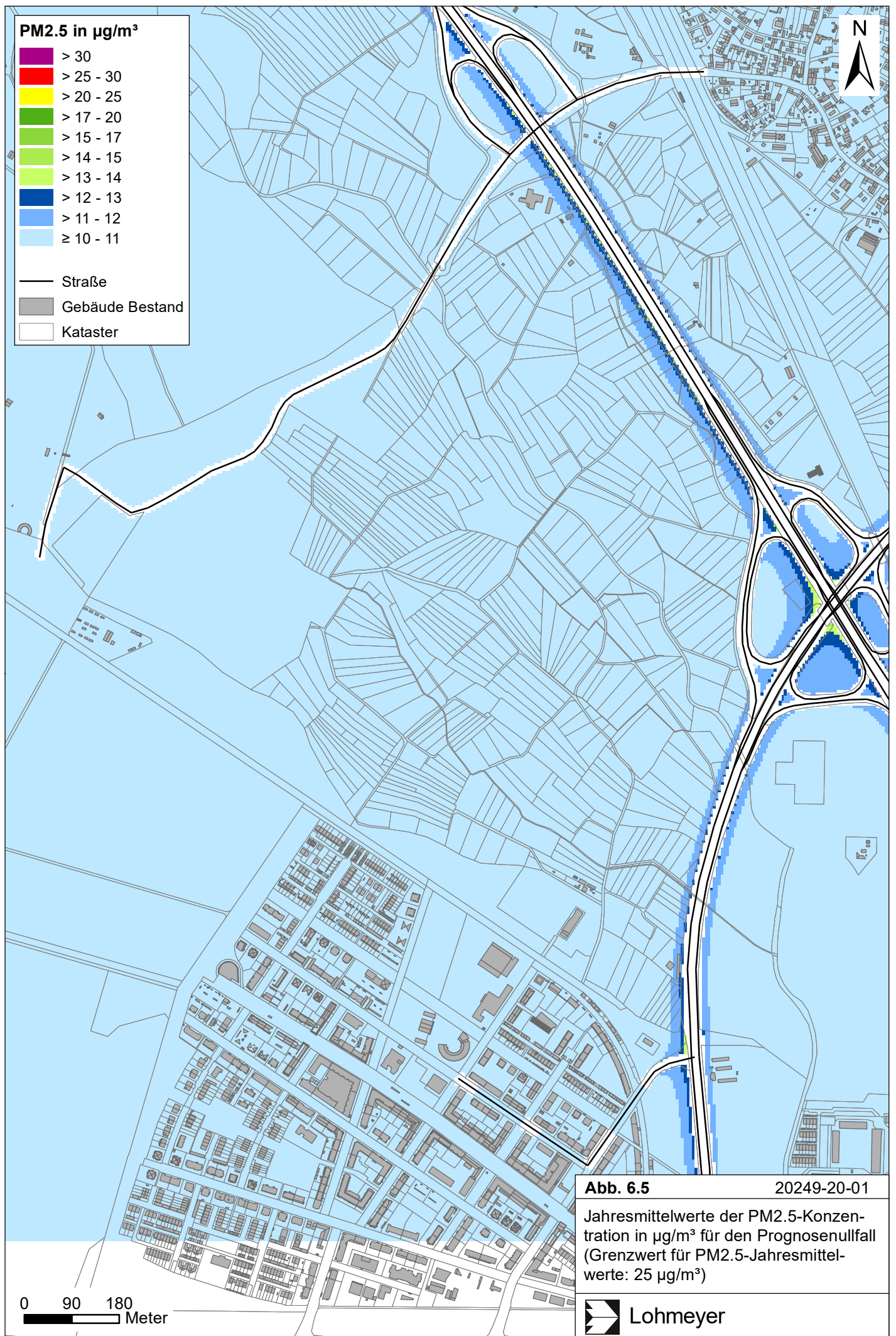
Damit wird im Planfall sowohl an der bereits bestehenden als auch an den geplanten Wohngebäuden der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten, der Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung wird ebenfalls sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

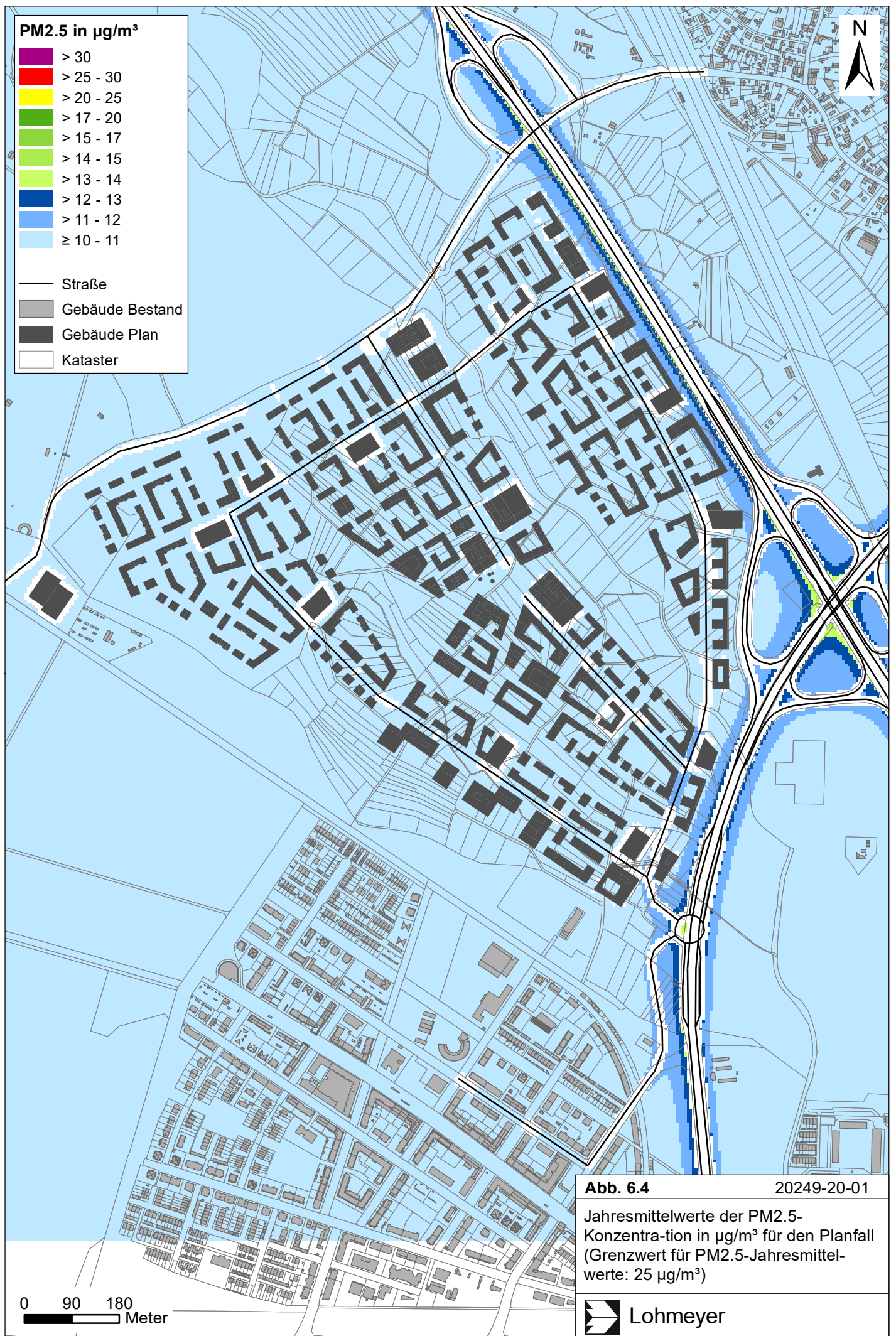
6.3 Feinstaub-Immissionen (PM2.5)

Für die Bewertung der PM2.5-Immissionen werden zwei Beurteilungswerte genannt. Diese sind der PM2.5-Grenzwert (Jahresmittelwert) von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der seit dem Jahr 2015 einzuhalten ist, und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

Die PM2.5-Konzentrationen im Jahresmittel sind für den Prognosenullfall in **Abb. 6.5** sowie für Planfall in **Abb. 6.6** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen die verkehrsbedingten Beiträge im Untersuchungsgebiet zu flächenhaft erhöhten PM2.5-Immissionen im Bereich der B 31a und der Tel-Aviv-Yafo (Besançonallee). Dabei sind an der auf der Ostseite der Tel-Aviv-Yafo-Allee (vormals Besançonallee) zur Straße nächstgelegenen bereits bestehenden Bebauung die PM2.5-Jahresmittelwerte in beiden Untersuchungsfällen bis $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Im bereits bestehenden Stadtteil Rieselfeld unterscheiden sich die ermittelten PM2.5-Immissionen nur geringfügig von der Hintergrundbelastung. Im Bereich des neuen Stadtteils Dietenbach sind im Bereich der geplanten Gebäude vereinzelt bis $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Überwiegend sind die an den geplanten Gebäuden ermittelten PM2.5-Jahresmittelwerte jedoch nur geringfügig gegenüber der Hintergrundbelastung erhöht.

Somit wird im Untersuchungsgebiet sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall an nach der 39. BImSchV beurteilungsrelevanten Wohnbebauung der PM2.5-Grenzwert deutlich nicht erreicht und nicht überschritten, das umfasst neben bereits bestehenden Gebäuden auch die geplanten Gebäude. Konflikte mit dem PM2.5-Richtgrenzwert sind ebenfalls nicht zu erwarten.





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). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962. (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004. (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., Böisinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- 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 the health impacts of exposure to PM_{2.5} at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air and Climate change, June 2009.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (Februar 2011).
- Düring, I., Schmidt, W., Friedrich, U. (2021): Einfluss des HBEFA 4.1 auf die Modellierung der NO₂-Immissionen – Stand und Möglichkeiten der Verbesserung. Vortrag auf dem BAST-Kolloquium Luftqualität an Straßen 2021, Bergisch Gladbach, 24./25. März 2021.
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152.
- Flassak, Th., Bächlin, W., 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.
- K9 (2020): Voruntersuchung Quartiersgaragen. K9 Architekten GmbH, Freiburg. Dezember 2020.
- Kühlwein, J. (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.
- LfU (2007): Parkplatzlärmstudie – Empfehlungen zur Berechnung von Schallemissionen aus Parkplätzen, Autohöfen und Omnibusbahnhöfen sowie von Parkhäusern und Tiefgaragen. 6. Überarbeitete Auflage. Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2007.

- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO₂-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Lohmeyer (2015): Gesamtstädtische Umweltmeteorologische Simulationen für Freiburg i.Br. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 62487-13-0, Abschlussbericht im Mai 2015 (ergänzt im Dezember 2015), Gutachten im Auftrag von: Stadt Freiburg im Breisgau.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de.
- LUBW (2012, 2013, 2014a, 2015, 2016,2018): Kenngrößen der Luftqualität. Jahresdaten 2011-2016. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- LUBW (2014b): Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010 – Ausbreitungsrechnungen unter Verwendung des landesweiten Emissionskatasters und unter Berücksichtigung von gemessenen Immissionsdaten. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- LUBW (2019a, 2019b, 2021a): Luftqualität in Baden-Württemberg. Auswertung der Jahresdaten für 2017-2019. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- LUBW (2021b): Kurzüberblick Luftqualität Baden-Württemberg 2020. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.
- RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013, Fassung 2020.
- 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-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte 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).
- T+T (2021): Rahmenplan Dietenbach. Verkehrsbelastungsdaten als Eingangsgrößen für ein Lärm- und Luftschadstoffgutachten. T+T Verkehrsmanagement GmbH, Dreieich. März 2021.
- TREMOT (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / September 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- 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.
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (1997): Verordnung des Wirtschaftsministeriums über Garagen und Stellplätze (Garagenverordnung - GaVO). 7. Juli 1997.

7.2 Materialien und Unterlagen

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

- Planungsdaten in Form von Lageplänen (E-Mail vom 8.12.2020)
- Erläuterungsbericht zum Rahmenplan (E-Mail vom 8.12.2020)
- Digitales Geländemodell DGM1 (E-Mail vom 9.12.2020)
- Digitale Daten des Liegenschaftskatasters ALKIS (E-Mail vom 9.12.2020)
- Luftbilder (E-Mail vom 9.12.2020)
- Verkehrsgutachten (E-Mail vom 26.03.2021)
- Voruntersuchung Quartiersgaragen (E-Mail vom 26.03.2021)

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 (NO_x als Summe von NO und NO₂), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂), 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 NO₂, 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/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV (2010) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. Die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV werden u.a. in der 39. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben werden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der seit dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

A1.2 Vorsorgewerte

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

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. 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. Die Überprüfung steht derzeit noch aus.

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 NO₂ erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2006). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO₂-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder vollständig geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. 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 $\mu\text{g}/(\text{m}^*\text{s})$
 B = Straßenschluchtbreite in m beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
 u' = Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz in m/s

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

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

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A2.3 Fehlerdiskussion

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

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

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

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

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

Nach BASt (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen 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 Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

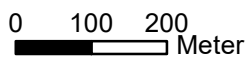
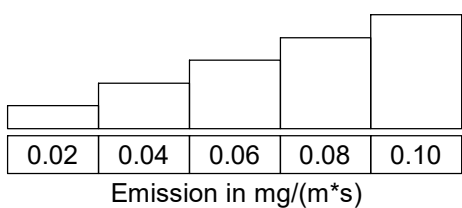
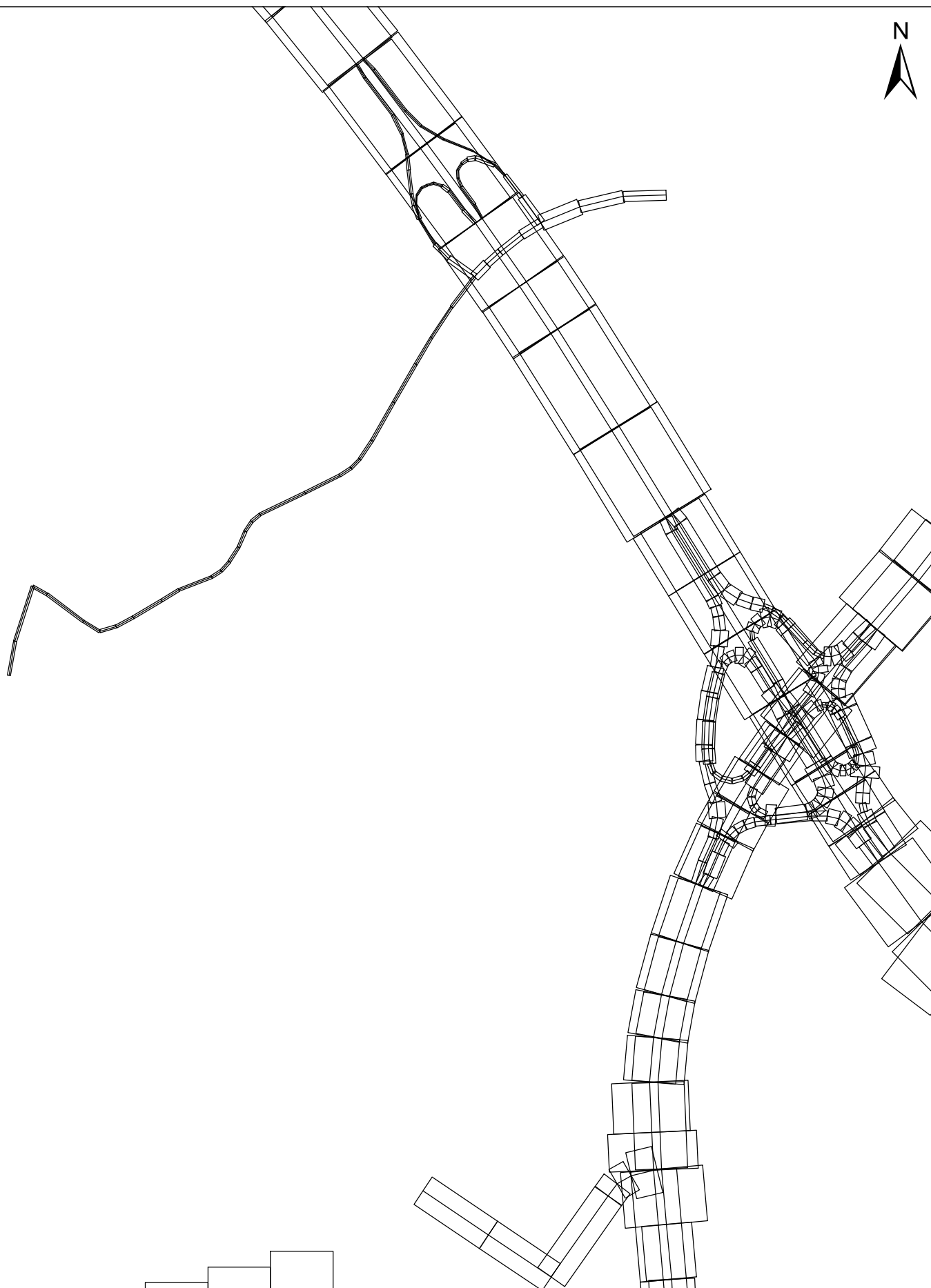
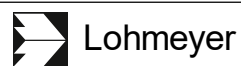


Abb. A3.1 20249-20-01

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



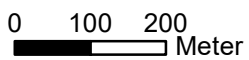
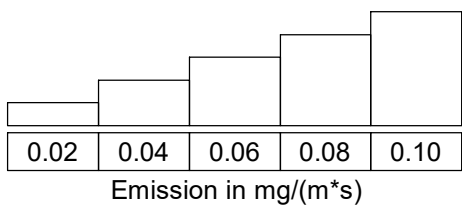
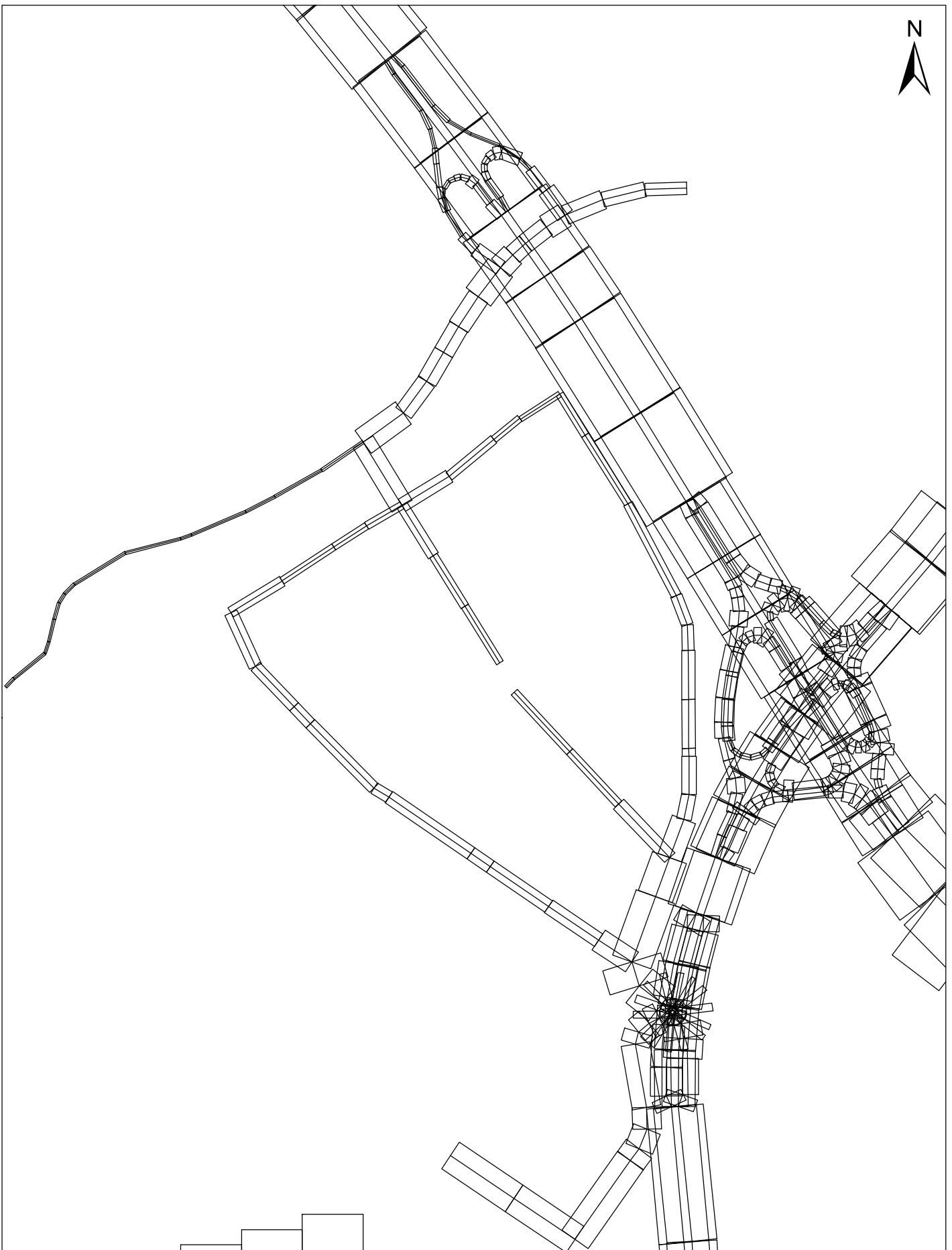
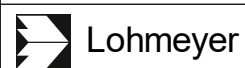


Abb. A3.2

20249-20-01

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



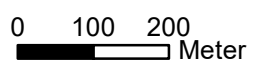
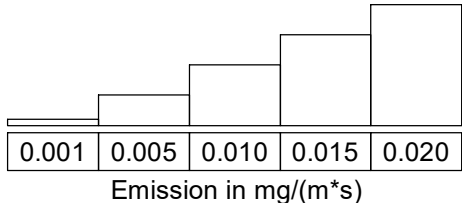
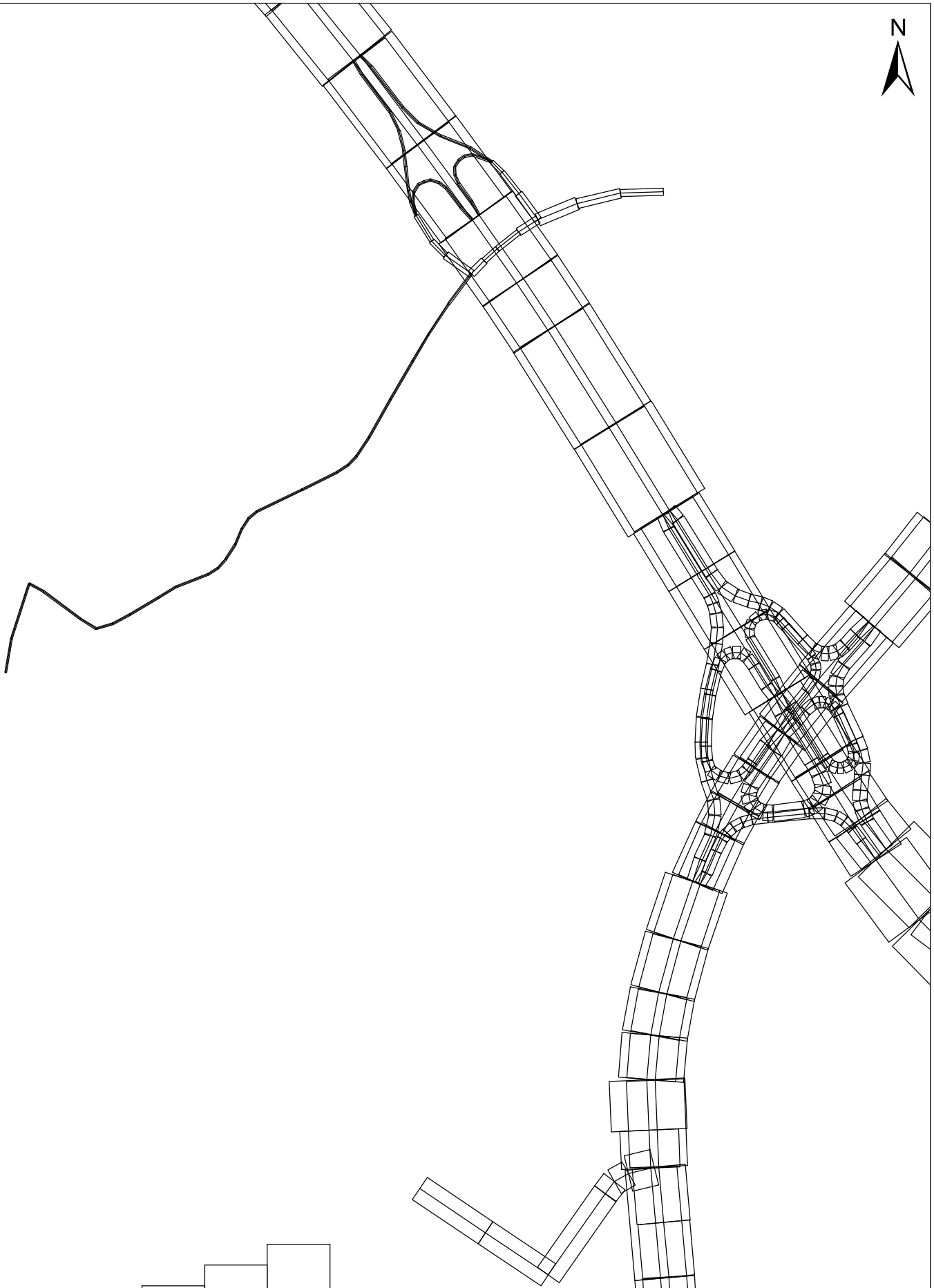



Abb. A3.3 20249-20-01
Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall

 **Lohmeyer**

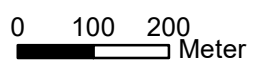
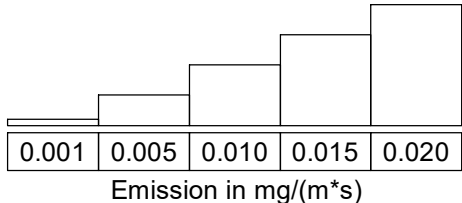
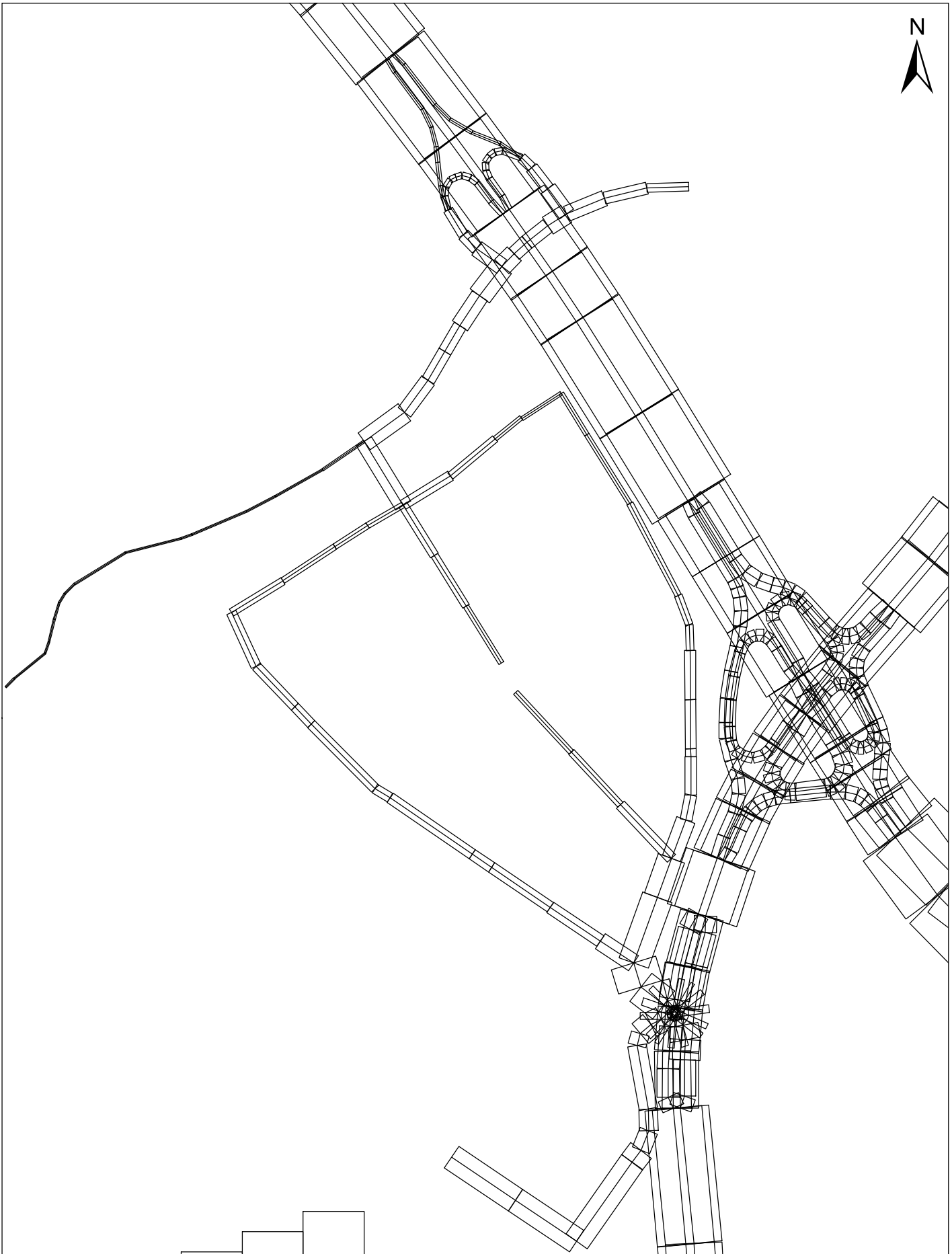



Abb. A3.4 20249-20-01

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

 **Lohmeyer**

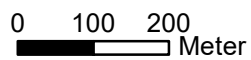
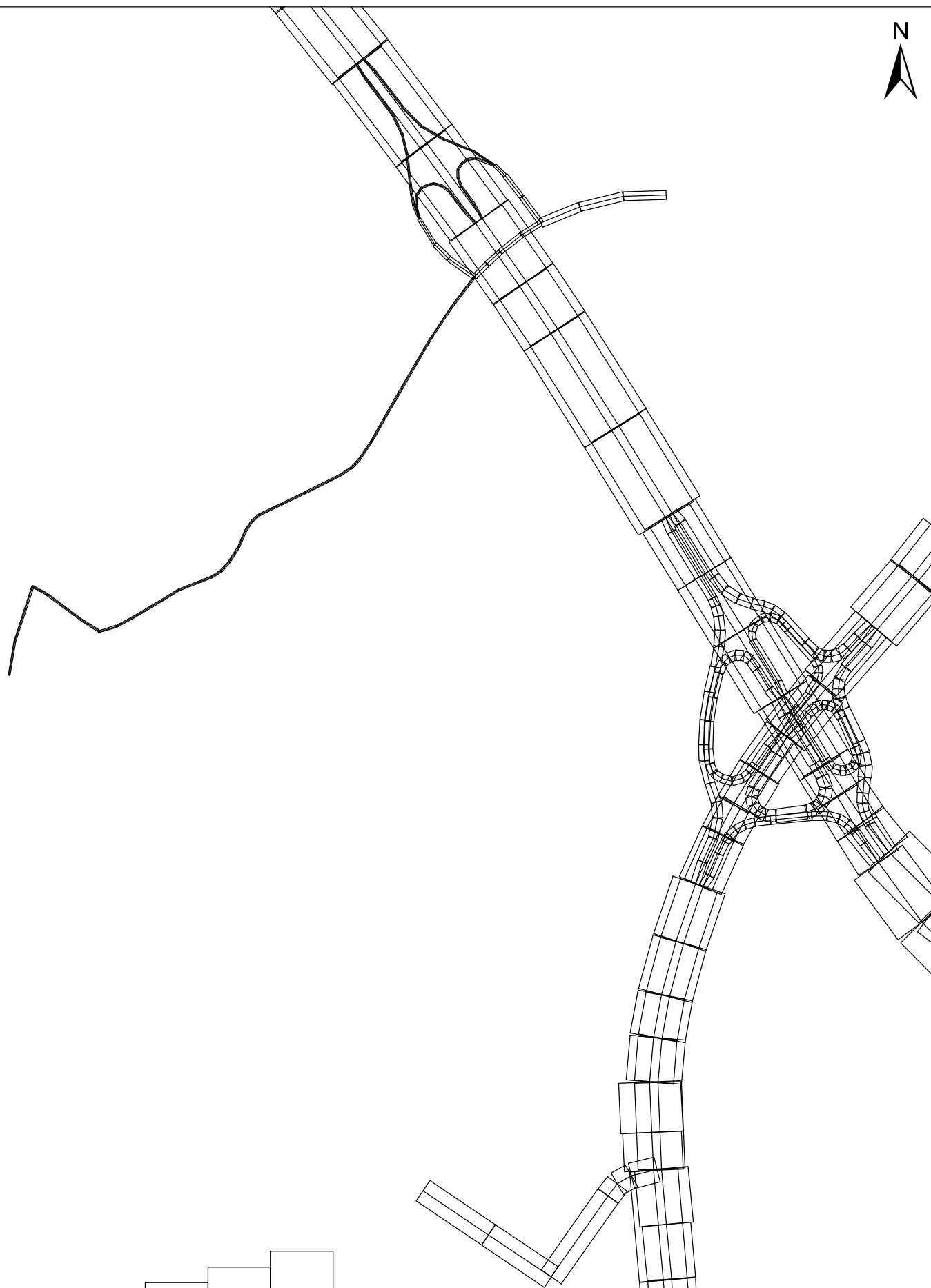


Abb. A3.5

20249-20-01

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



Lohmeyer

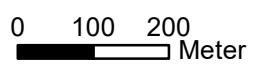
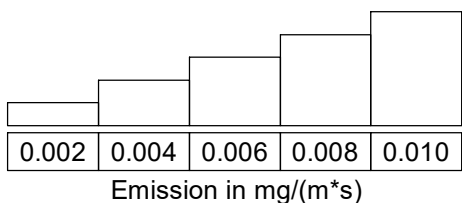
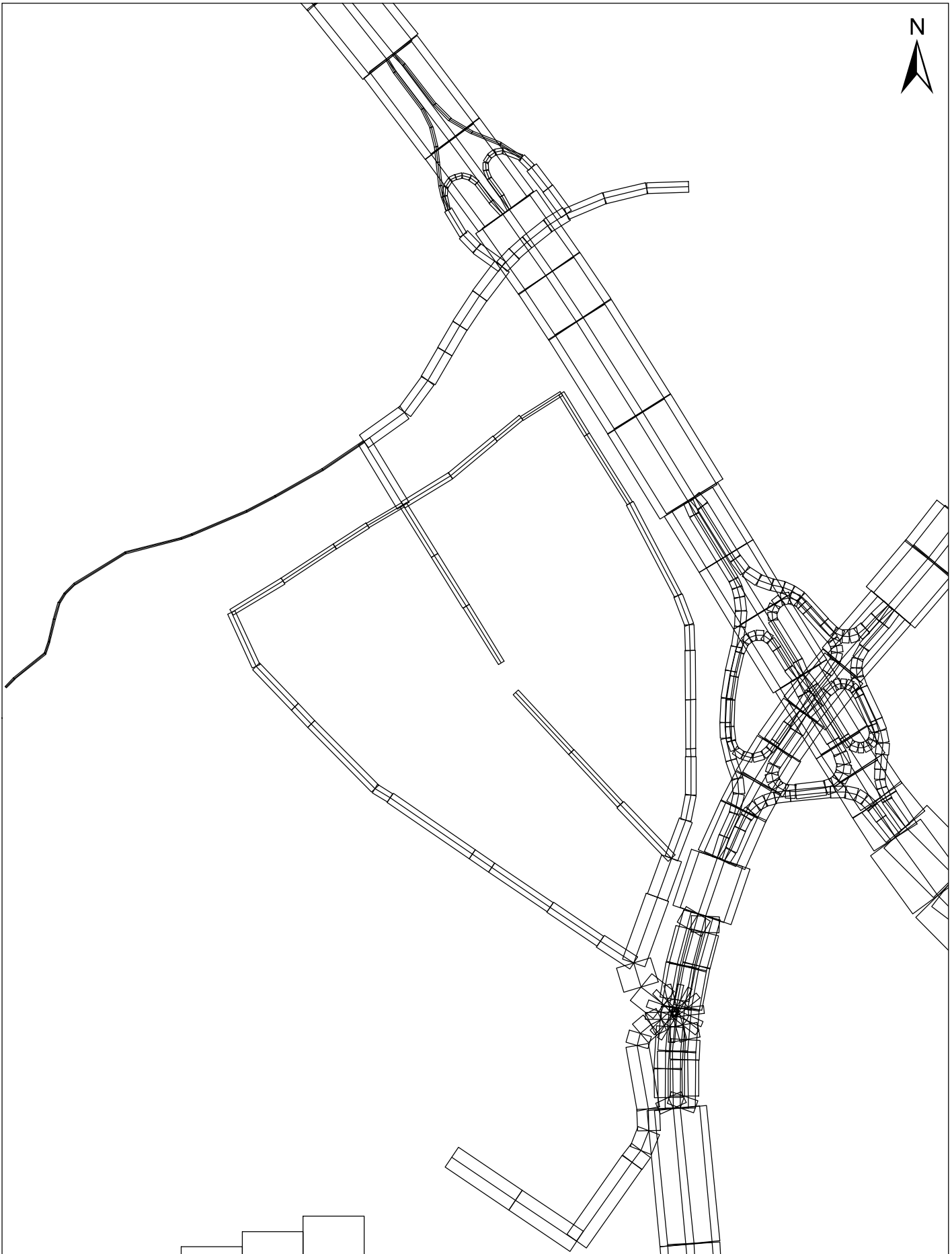



Abb. A3.6 20249-20-01

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



Lohmeyer

A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

Abb. A3.1

Abb. A3.2

Abb. A3.3

Abb. A3.4

Abb. A3.5

Abb. A3.6