

Straße, Abschnittsnummer, Station:	St 2309 / Abschnitt 320 / Station 0,380
	St 2309 / Abschnitt 360 / Station 1,054

Ortsumfahrung Sulzbach

Schwab, Ltd. Baudirektor
Aschaffenburg, den 31.07.2026



Lohmeyer

LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN FÜR DEN NEUBAU DER ORTSUMFAHRUNG SULZBACH AM MAIN, AKTUALISIERUNG

Auftraggeber:

Krebs+Kiefer Ingenieure GmbH
Heinrich-Hertz-Straße 2
64295 Darmstadt

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

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

August 2025
Projekt 21297-25-01
Berichtsumfang 98 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	5
2 AUFGABENSTELLUNG	10
3 VORGEHENSWEISE	11
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit	11
3.2 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation	12
3.3 Berechnungsverfahren PROKAS/LASAT/KALM.....	13
3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	16
4 EINGANGSDATEN	18
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	18
4.2 Verkehrsdaten	20
4.3 Meteorologische Daten	21
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft	25
5 EMISSIONEN	31
5.1 Betrachtete Schadstoffe	31
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	31
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	37
6 IMMISSIONEN.....	39
6.1 Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit.....	39
6.1.1 Stickstoffdioxid (NO ₂)	40
6.1.2 Feinstaub (PM ₁₀).....	43
6.1.3 Feinstaub (PM _{2.5}).....	47
6.2 Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der Vegetation.....	50
6.2.1 Stickstoffoxid (NO _x)	50
6.2.2 Stickstoffdeposition.....	54

7	QUELLEN	61
7.1	Literatur	61
7.2	Materialien und Unterlagen.....	67
A1	BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	69
A2	BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	73
A3	BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM	80
A4	ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN	84
A5	EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	93

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 NO_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2.5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2.5}$ -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.

NO_x zum Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Sulzbach am Main ist im Zuge der Staatsstraße St2309 die Ortsumfahrung von Sulzbach geplant. Die geplante Trasse soll am westlichen Ortsrand überwiegend parallel zu einer bestehenden Bahntrasse verlaufen.

Neben Siedlungsbereichen befinden sich im Plangebiet geschützte Vegetationsbereiche (Flächen des FFH-Gebietes „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“), die eine Empfindlichkeit gegenüber zusätzlichem Stickstoffeintrag aufweisen.

Im Rahmen des Planungsverfahrens wurde durch unser Büro ein Luftschadstoffgutachten (Lohmeyer, 2022) vorgelegt, das für das Vorhaben in Bezug auf die menschliche Gesundheit und als Eingangsdaten für die Umweltverträglichkeitsstudie die luftschadstoffseitigen Auswirkungen des Vorhabens beinhaltet hat. Im Zuge der Planungen wurden aktualisierte Eingangs- und Lagedaten erarbeitet und erfordern eine Aktualisierung des Luftschadstoffgutachtens.

Um die topografischen Verhältnisse und die lokalen Luftströmungen im Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen, wurde das Berechnungsverfahren PROKAS / LASAT in Kombination mit dem Kaltluftabflussmodell KALM eingesetzt und berücksichtigt bei der Depositionsberechnung die Entnahme aus der Atmosphäre. Zur Ermittlung der Immissionen im Untersuchungsgebiet wurden die Emissionen des Verkehrs auf den berücksichtigten Straßen und die Ausbreitung der freigesetzten Schadstoffe in der Luft berechnet. Die Schadstoffausbreitung wurde für die auftretenden Kombinationen aus Emissionssituation, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und atmosphärischen Stabilitätsbedingungen unter Berücksichtigung der Topografie simuliert. Auf der Grundlage einer lokalrepräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Hintergrundbelastung wurden statistische Jahreskenngrößen der Immissionen ermittelt.

Die Beurteilung der Luftschadstoffimmissionen erfolgt im Vergleich mit den Grenzwerten der 39. BImSchV, ergänzt um die zukünftigen EU-Grenzwerte. Die Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der genannten Beurteilungswerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}) sowie den verkehrsbedingten Stickstoffeintrag in FFH-Gebiete.

Im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit wird als Bezugsjahr das Jahr der möglichen Inbetriebnahme der Planungen betrachtet, hier 2028. Für den Stickstoffeintrag wird

entsprechend dem Stickstoffleitfaden H PSE das Jahr der Verkehrsprognose angesetzt, hier 2035.

Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit

Die höchsten NO₂-Immissionen werden im Prognosenullfall entlang der St 2309 im Bereich der Ortsdurchfahrt von Sulzbach am Main berechnet, mit Jahresmittelwerten bis 26 µg/m³ im Streckenabschnitt von südlich des Kreisverkehrsplatzes bis zum bestehenden Bahnübergang am südlichen Ortsausgang von Sulzbach. Entlang den innerörtlichen Nebenstraßen (Spessartstraße, Jahnstraße) und außerörtlichen Straßenabschnitten sind geringere Schadstoffbelastungen ermittelt. Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, z. B. Wohnbebauung, führen. Die Bewertung der Luftqualität auf dem Gelände von Arbeitsstätten ist in der 39. BImSchV ausgeschlossen. Im Prognosenullfall werden an der zur Ortsdurchfahrt von Sulzbach (St 2309) nächstgelegenen Wohnbebauung südlich des Kreisverkehrsplatzes NO₂-Gesamtbelastungen bis 26 µg/m³ berechnet. Nördlich des Kreisverkehrs sind an der Randbebauung im Mündungsbereich der Spessartstraße in die L 2309 NO₂-Immissionen bis 22 µg/m³ prognostiziert. An der übrigen zur St 2309 nächstgelegenen Wohnbebauung von Sulzbach sind im Prognosenullfall NO₂-Jahresmittelwerte bis 18 µg/m³ ausgewiesen, so auch an der zur Spessartstraße nächstgelegenen Wohnbebauung.

Im Planfall ist aufgrund der mit der Ortsumfahrung verbundenen verkehrlichen Entlastung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach (St 2309) dort eine Abnahme der verkehrsbedingten Schadstoffbelastungen berechnet. Entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall Zunahmen der verkehrsbedingten Immissionen prognostiziert, da dort bislang noch keine Straße verläuft. Nördlich und südlich der geplanten Trasse sind an der bestehenden St 2309 aufgrund des gesteigerten Verkehrsaufkommens ebenfalls Zunahmen der NO₂-Immissionen prognostiziert.

Bezogen auf die beurteilungsrelevante Bebauung sind im Planfall an der zur Ortsdurchfahrt nächstgelegenen Wohnbebauung im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu 8 µg/m³ reduzierte NO₂-Immissionen mit Jahresmittelwerten bis 18 µg/m³ berechnet. Nördlich des Kreisverkehrsplatzes sind im weiteren Verlauf der St 2309 an der Randbebauung im Vergleich zum Prognosenullfall um ca. 5 µg/m³ reduzierte NO₂-Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis 16 µg/m³ ermittelt. Am südlichen Ortsrand Richtung geplanter Anschlussstelle der Ortsumfahrung an die St 2309 sind an der zum

Straßenrand nächstgelegenen Bebauung bis um ca. $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöhte NO_2 -Gesamtbelastungen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel prognostiziert. An der nördlich davon zur Ortsumfahrung nächstgelegenen Wohnbebauung sind unter Berücksichtigung der geplanten Lärmschutzwände im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um weniger als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöhte NO_2 -Immissionen mit Jahresmittelwerten bis $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen.

Damit wird sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall der derzeit geltende Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der zur Ortsdurchfahrt sowie an der zur geplanten Ortsumfahrung nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Wohnbebauung deutlich unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 überschritten; im Planfall wird der zukünftige EU-Grenzwert an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt schon im Bezugsjahr 2028 unterschritten.

Die berechneten PM_{10} -Immissionen führen im Prognosenullfall an der beurteilungsrelevanten Bebauung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes zu Jahresmittelwerten bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nördlich des Kreisverkehrsplatzes sind an der Wohnbebauung PM_{10} -Konzentrationen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An den darüber hinaus zu den berücksichtigten Straßen nächstgelegenen Wohngebäuden sind vereinzelt PM_{10} -Immissionen bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet.

Im Planfall sind an der beurteilungsrelevanten Bebauung entlang der Ortsdurchfahrt von Sulzbach gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzierte PM_{10} -Immissionen mit Jahresmittelwerten vereinzelt bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der zur geplanten Ortsumfahrung nächstgelegenen Wohnbebauung sind im Planfall PM_{10} -Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vereinzelt bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Damit wird der Grenzwert für PM_{10} -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowohl im Planfall als auch im Prognosenullfall deutlich unterschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung der Kurzzeitbelastung (35 Überschreitungen eines PM_{10} -Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird ebenfalls unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 teilweise überschritten; im Planfall wird der zukünftige EU-Grenzwert an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt schon im Bezugsjahr 2028 unterschritten.

Die berechneten PM2.5-Immissionen führen im Prognosenullfall entlang den innerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 zu PM2.5-Gesamtbelastungen bis $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes. Im überwiegenden Bereich des Untersuchungsgebietes sind an der Wohnbebauung PM2.5-Immissionen mit Jahresmittelwerten unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Im Planfall sind mit der verkehrlichen Entlastung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach dort gegenüber dem Prognosenullfall Abnahmen der PM2.5-Immissionen berechnet, die an der zur St 2309 nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung zu um bis zu $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzierten PM2.5-Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen. Entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sind geringe Zunahmen der PM2.5-Immissionen prognostiziert, die an der zur geplanten Trasse nächstgelegenen Bebauung um weniger als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöhte PM2.5-Immissionen mit Jahresmittelwerten unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hervorrufen.

Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wird entsprechend den Immissionsberechnungen sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2028 deutlich nicht erreicht und nicht überschritten; der Richtgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in allen Untersuchungsfällen ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 teilweise überschritten; im Planfall wird der zukünftige EU-Grenzwert an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt schon im Bezugsjahr 2028 nicht überschritten.

Aus lufthygienischer Sicht sind die Planungen bezogen auf die jeweiligen Beurteilungswerte nicht abzulehnen. Im Planfall ist die Verringerung der Luftschadstoffbelastungen an der Bebauung entlang der Ortsdurchfahrt von Sulzbach zu begrüßen.

Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der Vegetation

Die in diesem Gutachten betrachteten FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereiche bestehen aus mehreren Teilflächen mit unterschiedlichen Abständen zu den berücksichtigten Straßen. Im Prognosenullfall sind in den unmittelbar an die St 2309 angrenzenden FFH-Flächen südlich von Sulzbach bis in einen Abstand von ca. 30 m westlich der Straße verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über $1.0 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und vereinzelt bis $7.1 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet. In den an die St 2313 angrenzenden FFH-Flächen sind N-Depositionen bis $4.4 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$, im Bereich

der in Brückenlage verlaufenden St 2313 in Bodennähe bis $1.5 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ berechnet. In der südlich von Sulzbach auf der Ostseite der St 2309 gelegenen geschützten Vegetationsfläche sind im Prognosenullfall Stickstoffeinträge bis $1.1 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ zu erwarten. In den westlich von Sulzbach bis auf ca. 180 m an die Ortsdurchfahrt heranreichenden FFH-Flächen sind im Prognosenullfall verkehrsbedingte Stickstoffeinträge vereinzelt bis $0.6 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ ermittelt. In der nördlich an das FFH-Teilgebiet angrenzenden und ca. 90 m westlich der Ortsdurchfahrt von Sulzbach gelegenen geschützten Vegetationsfläche sind vereinzelt N-Depositionen bis $0.4 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ zu erwarten. In der am östlichen Ortsrand von der MIL 11 durchquerten FFH-Teilfläche sind bis in einen Abstand von ca. 40 m beiderseits der Straße N-Einträge bis $3.8 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ prognostiziert.

Im Planfall sind entlang den unmittelbar an die geplante Ortsumfahrung sowie südlich von Sulzbach an die bestehende St 2309 und St 2313 angrenzenden FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen gegenüber dem Prognosenullfall Zunahmen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge prognostiziert. In den an die geplante Trasse der Ortsumfahrung unmittelbar angrenzenden FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen nördlich der geplanten Anschlussstelle sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu $4.3 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ erhöhte verkehrsbedingte Stickstoffeinträge mit jahresmittleren N-Einträgen bis $4.5 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ berechnet. Im Bereich der am südlichen Ortsausgang geplanten Anschlussstelle sind bis in eine Entfernung von ca. 40 m zur Anschlussstellenrampe um bis zu $3.1 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ erhöhte N-Depositionen mit Jahresmittelwerten bis $4.5 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ ermittelt. Südlich davon werden in den auf der Westseite der bestehenden St 2309 angrenzenden FFH-Flächen um bis zu $1.8 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ erhöhte N-Depositionen mit jahresmittleren Einträgen bis $8.2 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ ermittelt. In der östlich der St 2309 bestehenden geschützten Vegetationsfläche sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um weniger als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ erhöhte Stickstoffeinträge mit Jahresmittelwerten bis $1.1 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ zu erwarten. An der St 2313 sind um bis zu $1.2 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ erhöhte N-Depositionen mit Jahresmittelwerten bis $5.9 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ berechnet. In der am östlichen Ortsrand Sulzbach gelegenen und von der MIL 11 durchquerten FFH-Teilfläche sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu $0.7 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ reduzierte N-Einträge mit Jahresmittelwerten bis $3.5 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ berechnet. In den übrigen betrachteten FFH-Flächen sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um weniger als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha}^*\text{a})$ veränderte verkehrsbedingte Stickstoffeinträge ermittelt.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Sulzbach am Main ist im Zuge der Staatsstraße St2309 die Ortsumfahrung von Sulzbach geplant. Die geplante Trasse soll am westlichen Ortsrand überwiegend parallel zu einer bestehenden Bahntrasse verlaufen.

Neben Siedlungsbereichen befinden sich im Plangebiet geschützte Vegetationsbereiche (Flächen des FFH-Gebietes „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“), die eine Empfindlichkeit gegenüber zusätzlichem Stickstoffeintrag aufweisen.

Im Rahmen des Planungsverfahrens wurde durch unser Büro ein Luftschadstoffgutachten (Lohmeyer, 2022) vorgelegt, das für das Vorhaben in Bezug auf die menschliche Gesundheit und als Eingangsdaten für die Umweltverträglichkeitsstudie die luftschadstoffseitigen Auswirkungen des Vorhabens beinhaltet hat.

Im Zuge der Planungen wurden aktualisierte Eingangs- und Lagedaten erarbeitet und erfordern eine Aktualisierung des Luftschadstoffgutachtens.

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, ob die durch die geplante Baumaßnahme verursachten Auswirkungen die Luftkonzentrationen der Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. 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 und PM_{2.5}). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO 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.

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

Für die Ermittlung des Stickstoffeintrags (N-Deposition) in den Boden von ausgewiesenen Flächen des FFH-Gebietes werden zusätzlich verkehrsbedingte Emissionen von Ammoniak (NH₃) betrachtet.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

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

Die Europäische Kommission hat im April 2024 eine Neufassung der Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa beschlossen. Diese umfasst eine Verschärfung der Grenzwerte mit Einführung im Jahr 2030, dabei werden auch PM10- und PM2.5-Feinstaub wieder in den lufthygienischen Fokus rücken (**Tab. 3.2**). Mit der Überarbeitung sollen die Luftqualitätsstandards stärker an die Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO global air quality guidelines) aus dem Jahr 2021 angepasst werden. Der Geltungszeitpunkt ist ab 2030 geplant. Bis dahin sollen die derzeit geltenden Grenzwerte der EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG eingehalten werden. Mit dem Beschluss der EU im Herbst 2024 beginnt eine Übertragung in nationales Recht.

Schadstoff	Mittelungszeit	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	Jahresmittelwert	20
PM10	Jahresmittelwert	20
PM2.5	Jahresmittelwert	10

Tab. 3.2: Immissionsgrenzwerte der aktualisierten EU-Richtlinie für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe ab dem Geltungsjahr 2030

3.2 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO_x ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel angeführt. Die Anwendung dieses kritischen Wertes zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptverkehrsstraßen mit einem DTV über

50 000 Kfz/24h entfernt sind (vergl. Anhang A1). Daneben gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte für Stickstoffeinträge zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen.

3.3 Berechnungsverfahren PROKAS/LASAT/KALM

Für die Prognose der Luftschadstoffbelastungen an Bundesfernstraßen wird vom BMVI die Anwendung der „Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012“ (FGSV, 2021) empfohlen. Im Untersuchungsgebiet sind die bodennahen Windverhältnisse durch das Relief beeinflusst; zusätzlich treten periodisch auftretende Kaltluftströmungen auf. Für solche Betrachtungen ist der Anwendungsbereich des vom BMVI empfohlenen Verfahrens zur Prognose der Luftschadstoffbelastung RLuS überschritten und die Anwendung hier nicht möglich. Mit RLuS sind zudem keine genauen Aussagen zu verkehrsbedingten Stickstoffeinträgen in FFH-Gebiete und andere schützenswerte Bereiche möglich, da z. B. keine NH₃-Emissionen enthalten sind.

Für die vorliegende Aufgabenstellung wird das Berechnungsverfahren PROKAS eingesetzt (www.lohmeyer.de/prokas), wobei als Ausbreitungsmodell das dreidimensionale Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrangemodell in Erweiterung des Modells der TA Luft, www.janicke.de; siehe Anhang A2) in Kombination mit dem Kaltluftabflussmodell KALM (Schädler und Lohmeyer, 1994; siehe Anhang A3) verwendet wird. Die Emissions-, Ausbreitungs- und Depositionsrechnung wird unter Berücksichtigung des Stickstoffleitfadens „Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen – H PSE“ (FGSV, 2019) an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Der Stickstoffleitfaden H PSE enthält u. a. die Ergebnisse des Forschungsberichtes der BAST (2013) „Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“.

Zur Ermittlung der Immissionen im Untersuchungsgebiet werden zunächst auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen für das zu betrachtende Bezugsjahr ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) bestimmt. Im HBEFA4.2 sind auch nicht-motorbedingte Emissionsfaktoren für Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) 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).

Mithilfe von Ausbreitungsrechnungen werden die durch diese Emissionen verursachten Luftkonzentrationen der Schadstoffe im Untersuchungsgebiet ermittelt. Auf der Grundlage von meteorologischen Daten (Kap. 4.3) und der Emissionsganglinien werden die statistischen Jahreskennwerte der Schadstoffkonzentrationen berechnet. Der so berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die Hintergrundbelastung (Kap. 4.4) überlagert. Die für die Ausbreitungsrechnungen notwendigen Daten zur Meteorologie werden einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik entnommen. Die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet wird aus Messdaten umliegender Stationen abgeleitet.

Die Schadstoffausbreitung wird mit dem dreidimensionalen Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrangemodell in Erweiterung des Modells der TA Luft, www.janicke.de) für die Kombinationen aus Emissionssituationen, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und atmosphärischen Stabilitätsbedingungen unter Berücksichtigung der Topografie durchgeführt. Das verwendete Ausbreitungsmodell ist in der Lage, sämtliche im Rechengbiet liegenden Straßenabschnitte gleichzeitig mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen. Bei der Modellierung der Schadstofffreisetzungen in LASAT wird die fahrzeugerzeugte Turbulenz mit einer Parametrisierung nach Bäumer (2003) und Stern und Yamartino (2001) in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen und den Fahrgeschwindigkeiten berücksichtigt. Die Schadstoffkonzentrationen werden mit dem Verfahren PROKAS/LASAT flächenhaft für das Untersuchungsgebiet berechnet.

Für die Ermittlung der NO_2 -Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO - NO_2 -Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011). Gegenüber einem statistischen Modell zur Beschreibung der NO - NO_2 -Konversion wie dem Ansatz nach Romberg et al. (1996) können so bei der Prognose der NO_2 -Immissionen die Flottenentwicklung im betrachteten Bezugsjahr und die damit verbundenen veränderlichen Anteile der NO_2 -Direktmissionen berücksichtigt werden.

In diesem Verfahren werden unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik) und der zeitlichen Variation der Emissionen die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen

berechnet. Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittelwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt.

Vorgehen bezüglich Deposition

Die Berechnungen des Stickstoffeintrags berücksichtigen die im Stickstoffleitfaden H PSE (FGSV, 2019) genannten Konventionen, dabei erfolgt die Bestimmung der Stickstoffdepositionen auf Grundlage der sogenannten Reduktionsmethode.

Mit dem Programmsystem PROKAS/LASAT werden neben den Luftkonzentrationen der Schadstoffe die durch Straßenverkehr verursachten NO_x - und NH_3 -Depositionen ermittelt. Die NO_x - und NH_3 -Depositionen werden entsprechend der Molekularmassen in N-Depositionen umgerechnet.

Stickstoffverbindungen werden aus der Atmosphäre über nasse Deposition (Regen, Schnee usw.) und trockene Deposition in Ökosysteme eingetragen. Trockene Deposition ist landnutzungsabhängig und meist größer als die nasse Deposition (LAI, 2012). Im Nahbereich einer Emissionsquelle spielt die nasse Deposition von gasförmigen Luftbeimengungen nur eine untergeordnete Rolle (Bachhiesl et al., 2002). Der Beitrag des Straßenverkehrs an der N-Deposition wird demnach im Nahbereich durch die trockene Deposition bestimmt. Die nasse Deposition wird aus diesem Grund im Folgenden vernachlässigt.

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

In der Richtlinie VDI 3782 Blatt 5 (2006) werden Depositionsgeschwindigkeiten für NO von 0.05 cm/s und für NO_2 von 0.3 cm/s als großräumiges Mittel (Mesoskala) angegeben. Für NH_3 werden Depositionsgeschwindigkeiten für Wald von 2 cm/s und für Wiesen von 1.5 cm/s angegeben.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die in **Tab. 3.3** angegebenen Depositionsgeschwindigkeiten für die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Landbedeckungsklassen Wald und Wiesen angesetzt.

	NO	NO ₂	NH ₃
Depositionsgeschwindigkeit Wald in cm/s	0.05	0.3	2.0
Depositionsgeschwindigkeit Wiesen in cm/s	0.05	0.3	1.5

Tab. 3.3: Für die Ausbreitungsrechnungen angesetzte Depositionsgeschwindigkeiten

In der vorliegenden Ausarbeitung orientiert sich die Depositionsgeschwindigkeit an den relativ geringsten NO_x-Gesamtbelastungen in den FFH-Gebieten mit einer daraus abgeleiteten Depositionsgeschwindigkeit von 0.26 cm/s.

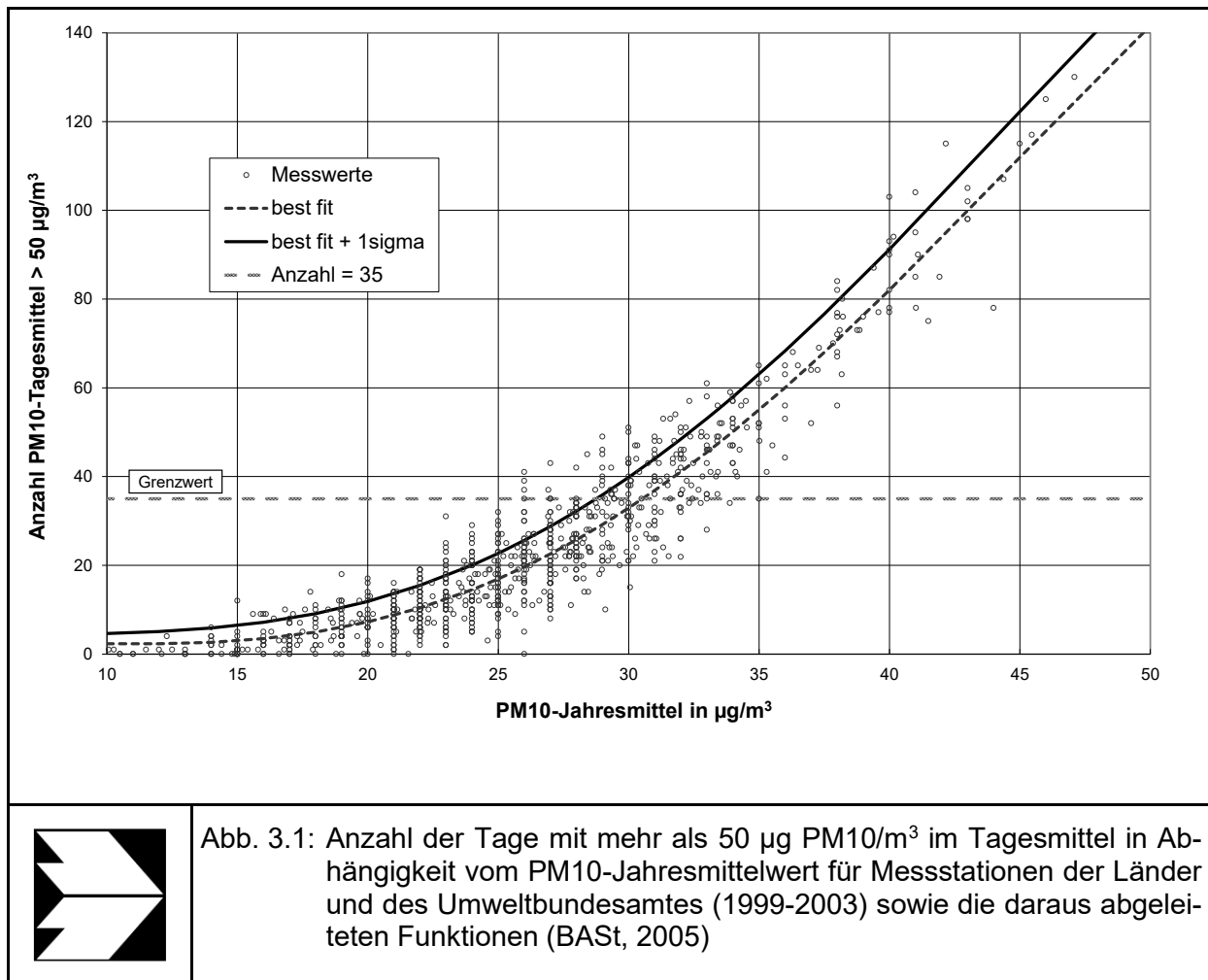
Die im Untersuchungsgebiet ausgewiesenen geschützten Vegetationsflächen der FFH-Gebiete sind überwiegend von Waldflächen sowie von Wiesenflächen bedeckt.

3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

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

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 im Kap. 7.2 aufgeführten, durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen herangezogen. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, meteorologischen Daten und Schadstoffhintergrundbelastung werden in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 erläutert.

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet mit dem Siedlungsbereich von Sulzbach am Main befindet sich ca. 5 km südlich von Aschaffenburg im Bereich der Unterrhainebene des Rhein-Main-Tieflandes mit den östlich angrenzenden Höhenzügen des Spessarts.

Die **Abb. 4.1** zeigt den Lageplan des Untersuchungsgebietes. Der Ortsbereich von Sulzbach am Main wird von Süden nach Norden von der Staatsstraße St 2309 durchquert. Am südlichen Ortsrand kreuzt die St 2309 dabei bestehende Bahngleise; dieser plangleiche Bahnübergang wird über eine Bahnschranke geregelt. In der Ortsmitte von Sulzbach münden im weiteren Verlauf von Osten kommend die Spessartstraße (MIL 11) und die Jahnstraße in die St 2309. Im Mündungsbereich der Jahnstraße besteht ein Kreisverkehrsplatz. Nördlich davon liegen verengte Straßenverhältnisse aufgrund nahestehender Randbebauung vor; dort ist die St 2309 in Teilbereichen nur wechselseitig einspurig befahrbar.

Die in diesem Gutachten betrachtete Trasse der geplanten Ortsumfahrung von Sulzbach beginnt am südlichen Ortsrand von Sulzbach und verläuft überwiegend parallel auf der Westseite der bestehenden Bahnstrecke. Im Bereich des am südlichen Ortsausgang bestehenden Bahnübergangs ist eine Anschlussstelle der geplanten Trasse an die bestehende St 2309 mit Überführung der Anschlussstellenrampe über die Bahnstrecke mit einem Brückenbauwerk vorgesehen; der bestehende, plangleiche und über Bahnschranken geregelte Bahnübergang entfällt im Zuge der Planungen. In ihrem weiteren Verlauf folgt die geplante Trasse in nördlicher Richtung der bestehenden Bahnstrecke.

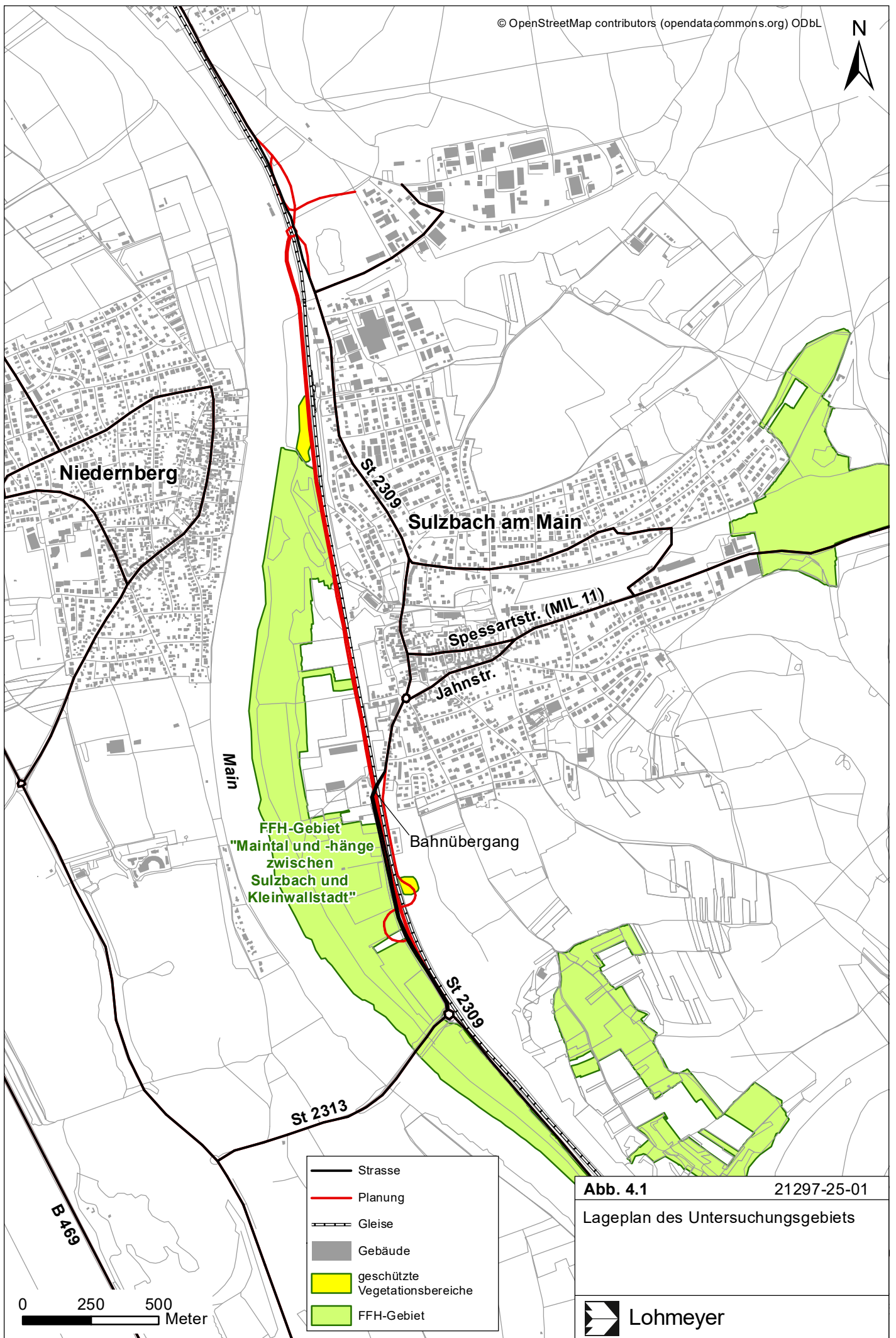


Abb. 4.1

21297-25-01

Lageplan des Untersuchungsgebiets



Lohmeyer

Entlang der Trasse sind in Teilbereichen Brückenbauwerke vorgesehen, die in den Ausbreitungsrechnungen entsprechend ihrer Länge und Höhe parametrisiert berücksichtigt werden. Am nördlichen Ortsausgang überquert die geplante Ortsumfahrung die Bahntrasse erneut. Dort ist eine Geländeaufschüttung und Überführung der geplanten Trasse über die Bahnstrecke mit einem Brückenbauwerk vorgesehen. Auf der geplanten Brücke ist ein Kreisverkehrsplatz mit Anschluss an die bestehende St 2309 geplant, wodurch das geplante Brückenbauwerk die bestehenden Bahngleise auf eine Länge von mehr als 50 m überdeckt. Zur Berücksichtigung dieser baulichen Anforderungen werden für die Betrachtungen des Planfalls die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Höhendaten der geplanten Trasse einschließlich aller Dammschüttungen auf das bestehende Geländemodell übertragen und in den Windfeld- und Kaltluftberechnungen für den Planfall berücksichtigt.

Die geplante Trasse sowie der südlich daran angrenzende Abschnitt der bestehenden St 2309 wird in diesem Gutachten fahrtrichtungsfein berücksichtigt. In Teilbereichen reicht die bestehende Bebauung bis auf ca. 20 m an die geplante Trasse heran. In diesen Bereichen sind Lärmschutzwände mit Höhen bis 4.5 m geplant, die in den Ausbreitungsrechnungen entsprechend ihrer Länge und Höhe parametrisiert berücksichtigt werden.

Im Bereich des Untersuchungsgebietes befindet sich das aus mehreren Teilbereichen bestehende FFH-Gebiet „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“. Das unmittelbar westlich der bestehenden Bahntrasse gelegene Teilgebiet reicht am südlichen Ortsausgang von Sulzbach bis nahe an die bestehende St 2309 heran. Mit der Planung rückt die parallel zur Bahntrasse geplante Ortsumfahrung bis an den östlichen Rand dieses Teilgebietes heran bzw. tangiert die Randbereiche dieser FFH-Flächen. Zudem bestehen geschützte Vegetationsfläche, an die die geplante Trasse heranrückt.

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten für die zu berücksichtigenden Straßen wurden in Form von Tagesverkehrsmengen vom Auftraggeber bzw. vom Verkehrsgutachter zur Verfügung gestellt (Gertz Gutsche Rümenapp GbR, 2024), ergänzt um eine Leistungsfähigkeitsprüfung Knotenpunkte (T+T, 2025). Die gelieferten Verkehrsbelastungen bestehen aus Angaben der durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärken (DTVw in KFZ/24h) und des werktäglichen LKW-Anteils (Schwerverkehr) für die zu betrachtende Planvariante und den Prognosenullfall (Trendszenario) im Prognosejahr 2035. Ergänzend sind in der schalltechnischen Untersuchung (KREBS+KIEFER, 2025) für einige Straßenabschnitte im Planfall DTV-Werte aufgeführt, aus

denen sich ein Umrechnungsfaktor für Kfz von 0.96 und für SV von 0.91 gegenüber Werktagswerten ableiten lässt und für die Emissionsberechnung Anwendung findet.

Die für die Emissions- und Immissionsberechnungen angesetzten Verkehrsdaten sind für den Prognosenullfall in **Abb. 4.2** und für den Planfall in **Abb. 4.3** aufgeführt. Im Bereich der geplanten Trasse sowie südlich davon an der St 2309 werden die Verkehrsdaten fahrtrichtungsfein berücksichtigt.

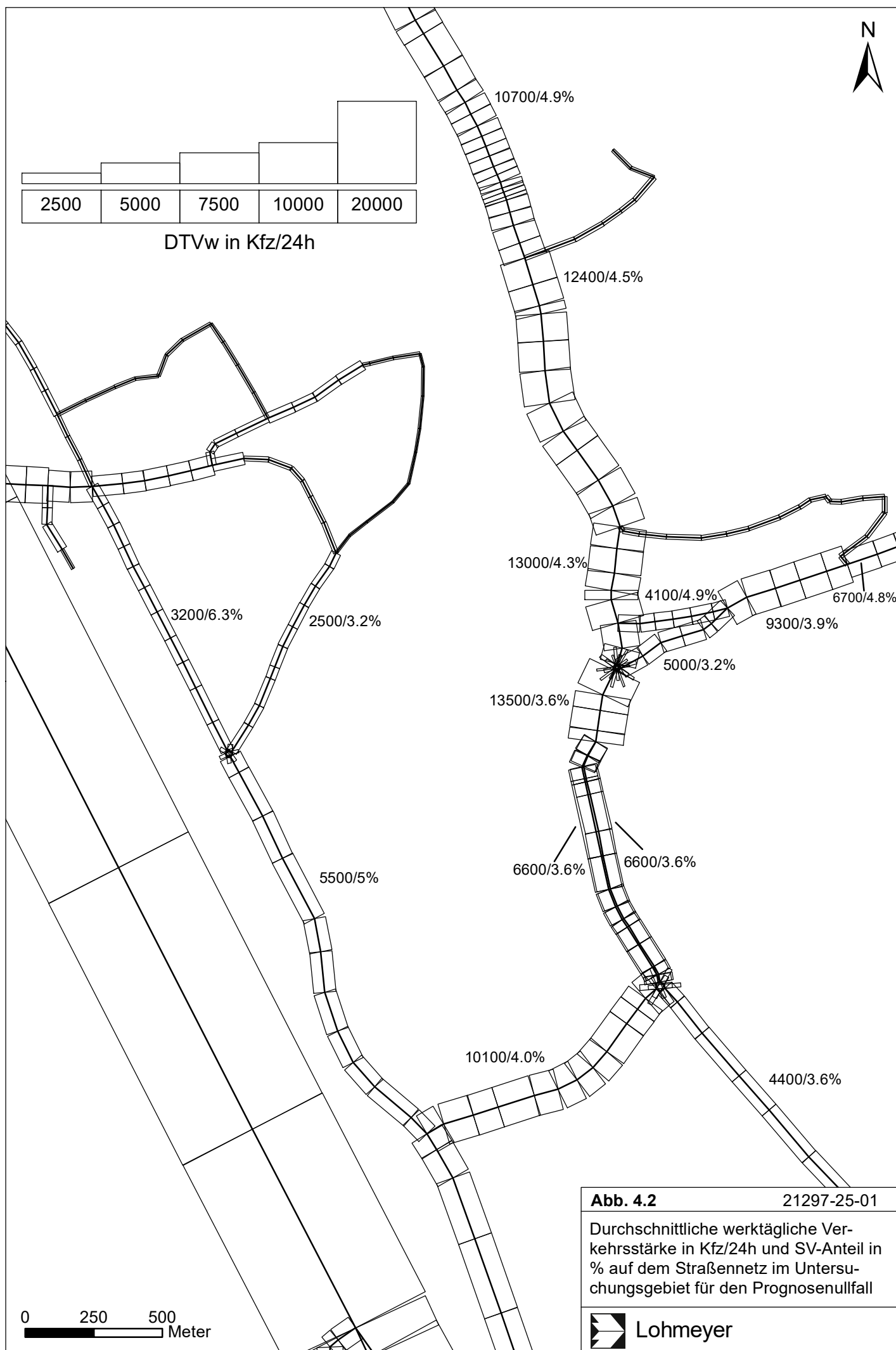
Die Verkehrsbelegungsdaten der Prognose 2035 werden für die Betrachtungen zum Schutz der menschlichen Gesundheit unverändert auf das Bezugsjahr 2028 übertragen, was einer konservativen Vorgehensweise entspricht, da somit eine Kombination aus hohen Verkehrsbelegungsdaten und hohen verkehrsbedingten Emissionen entsteht.

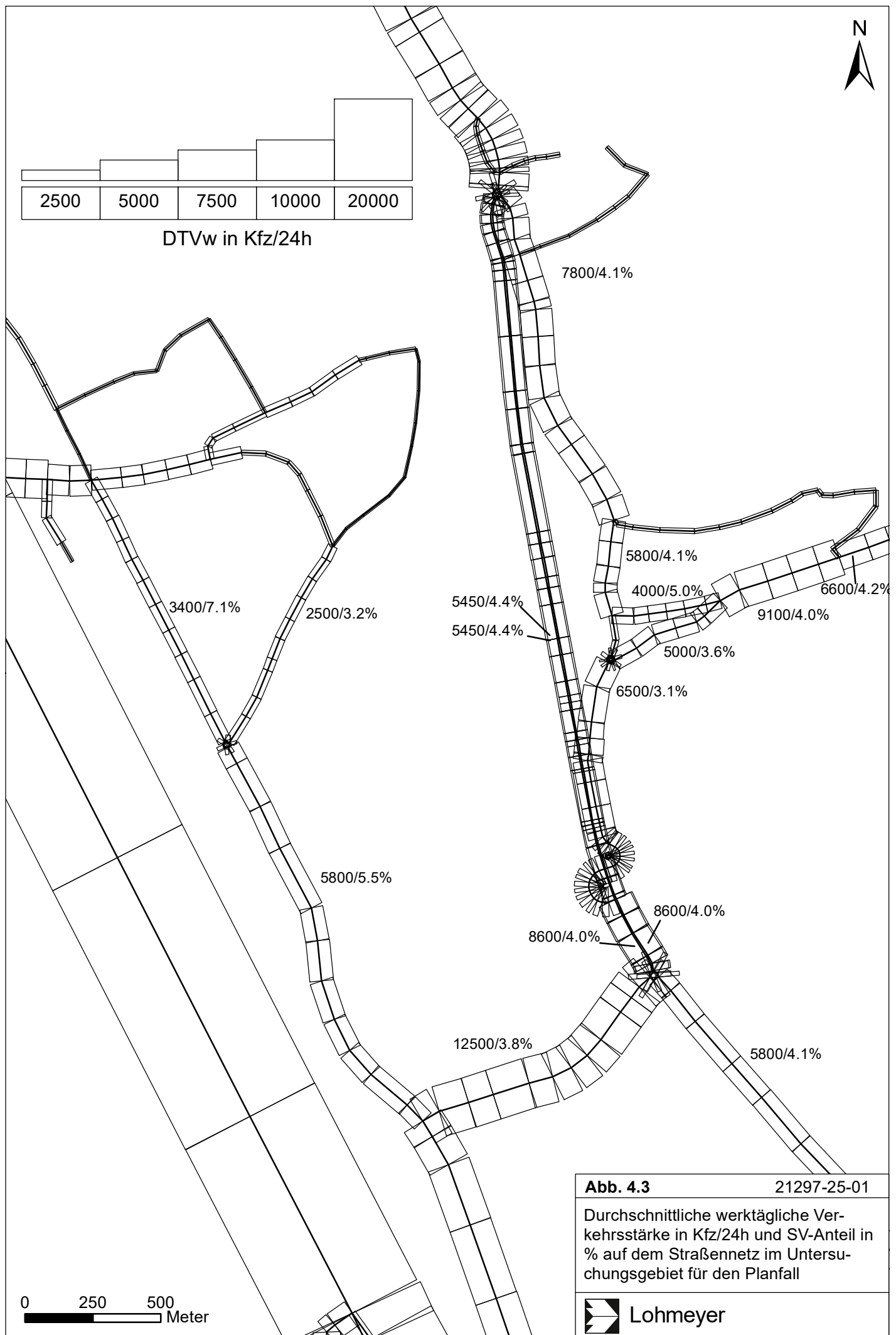
4.3 Meteorologische Daten

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.

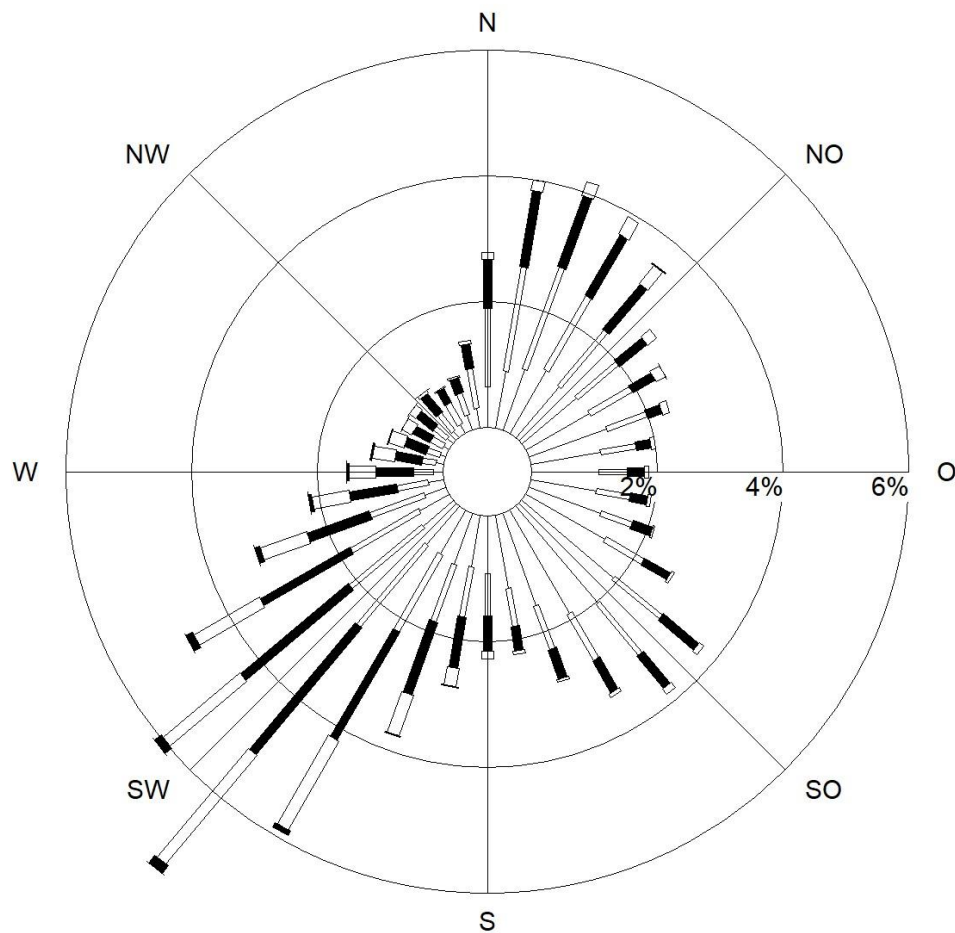
Die nächstgelegenen Windmessstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) befinden sich ca. 20 km südwestlich des Untersuchungsgebietes in Michelstadt-Vielbrunn, bzw. ca. 22 km nordöstlich in Neuhütten/Spessart. Beide Stationen sind aufgrund ihrer Lage auf einer Kuppe bzw. Anhöhe nicht auf das Untersuchungsgebiet im Maintal mit den angrenzenden Höhenzügen des Spessarts übertragbar. Des Weiteren erfolgen durch den DWD Windmessungen an der ca. 32 km nordwestlich des Untersuchungsgebietes gelegenen Station Offenbach-Wetterpark. Die Messstation befindet sich auf einer Freifläche im Bereich des Rhein-Main-Tieflandes. Die Windrichtungsverteilung für die Station Offenbach-Wetterpark ist in **Abb. 4.4** dargestellt. Winde aus südwestlichen Richtungen dominieren, Winde aus südöstlichen und nordnordöstlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in 10 m Höhe über Grund ca. 2.3 m/s.

Weiter liegen für die Umgebung des Untersuchungsgebietes regional repräsentative Winddaten auf Basis von modellierten Reanalysedaten des Hans-Ertel-Zentrums für Wetterforschung für ein ca. 2 x 2 km Raster und für den Zeitraum 2007-2013 vor.





Windverteilung in Prozent



Station	: Offenb.-W.	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Messhöhe	: 10.0 m	I : 15.4 %	▬	1.4 bis 2.3 m/s
Windgeschw.	: 2.3 m/s	II : 29.4 %	▬	2.4 bis 3.8 m/s
		III/1 : 26.4 %	▬	3.9 bis 6.9 m/s
		III/2 : 18.5 %	▬	7.0 bis 10 m/s
		IV : 6.6 %	▬	größer 10 m/s
		V : 3.6 %		

Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Offenbach-Wetterpark basierend auf Messdaten aus dem Zeitraum 2011 bis 2021 (Quelle: DWD).

Im Bereich des Untersuchungsgebietes weisen die modellierten Winddaten eine Windrichtungsverteilung auf, in der entsprechend der Ausrichtung des Maintals südsüdöstliche Windrichtungen dominieren, Winde aus südwestlichen und nordwestlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum (**Abb. 4.5**). Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in 10 m Höhe über Grund ca. 2.5 m/s.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die auf modellierten Reanalysedaten basierenden Winddaten als Referenz für die Windverhältnisse im Bereich des im Maintal gelegenen Untersuchungsgebietes herangezogen und unter Berücksichtigung der Rauigkeit in der Umgebung des Untersuchungsgebietes angewendet. Dazu wird aus diesen Reanalysedaten der Windrichtung und -geschwindigkeit in Verbindung mit Beobachtungsdaten des Wolkenbedeckungsgrades an der DWD-Station Offenbach-Wetterpark eine Ausbreitungsklassenstatistik erzeugt und für die Ausbreitungsrechnungen verwendet.

Das diagnostische Windfeldmodell von LASAT berechnet für das gesamte Untersuchungsgebiet die durch das Relief und die Landnutzung geprägte örtliche Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung. Hierfür werden für jede Ausbreitungsklasse die Basiswindfelder berechnet. Für die Schadstoffausbreitungsrechnungen werden die Anströmrichtungen um 2 Grad variiert. Hierfür werden aus den Basiswindfeldern die entsprechenden Windfelder abgeleitet. Die verwendete Ausbreitungsklassenstatistik repräsentiert in dieser Vorgehensweise, wie oben beschrieben, die Referenz für die Windverhältnisse im Bereich des im Maintal gelegenen Untersuchungsgebietes, die dann mit den mittels LASAT berechneten, örtlichen Windfeldern im Untersuchungsgebiet gekoppelt werden. Somit liegen für das Untersuchungsgebiet flächendeckend die Informationen zu den lokalen Windverhältnissen vor. Zusätzlich werden die episodisch auftretenden thermisch induzierten Winde (Kaltluftströmungen; siehe Anhang A4) bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Windverteilung in Prozent

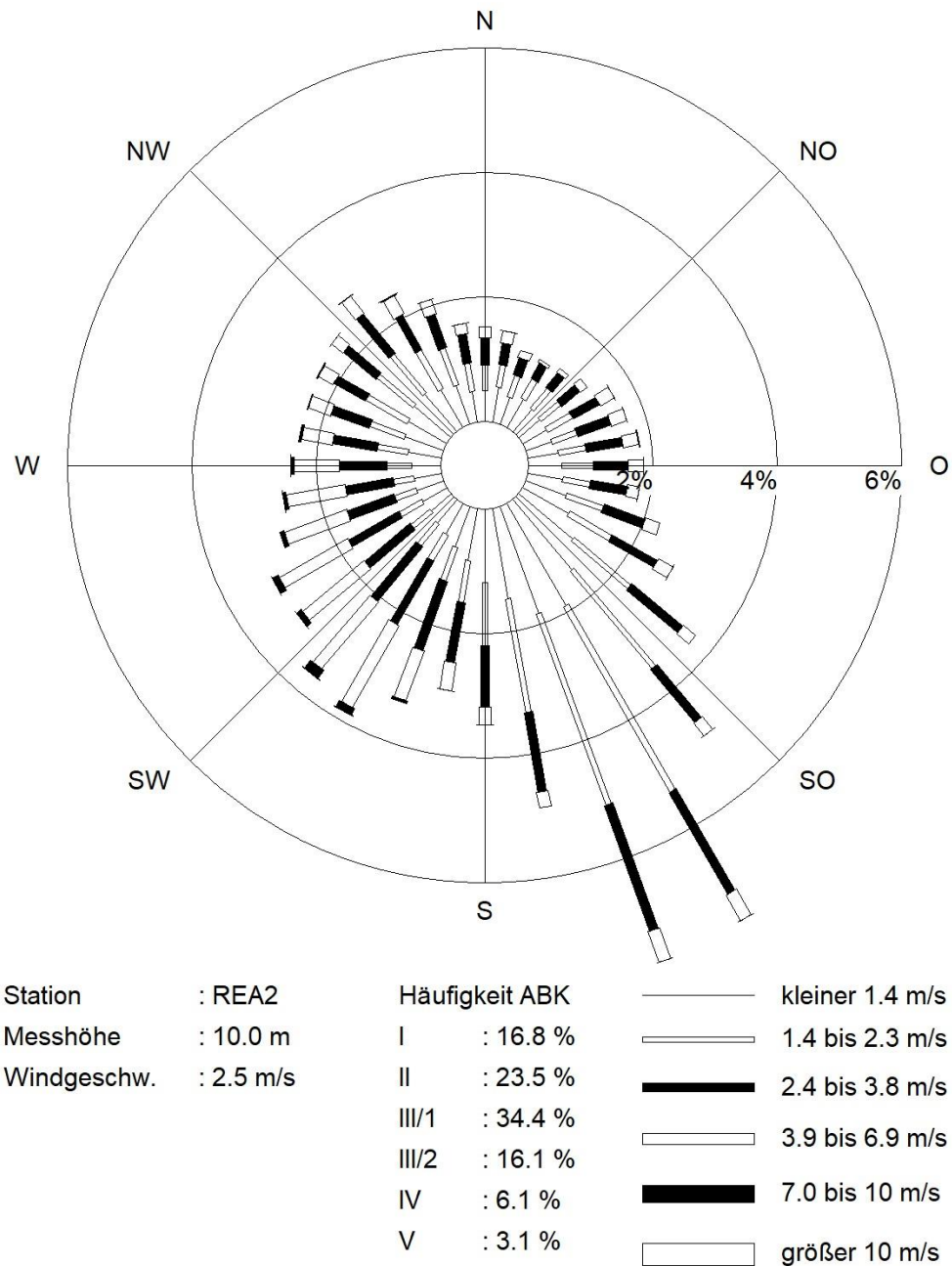


Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung im Bereich des Maintals bei Sulzbach am Main basierend auf Reanalysedaten für den Zeitraum 2007-2013 (Quelle: Hans-Ertel-Zentrums für Wetterforschung)

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Planung werden im vorliegenden Gutachten im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit die in Bezug auf die geltenden Grenzwerte kritischsten Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}) betrachtet.

Das Luftmessnetz für Bayern wird vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU Bayern) im Rahmen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) betrieben. Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt das Luftmessnetz Hessen. In den Lufthygienischen Jahresberichten sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LfU Bayern, 2013-2025; HLNUG, 2013-2025; HLNUG, 2025).

Die vorliegenden Daten für dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene kontinuierlich betriebene Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt. Die Station Kleinwallstadt, Hofstetter Straße, stellt die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Messstation dar und ist ca. 5 km südöstlich des Untersuchungsgebietes in vorstädtischem Gebiet gelegen. Die Station Aschaffenburg, Bussardweg, befindet sich ca. 9 km nördlich in vorstädtischem Gebiet. Die Station Michelstadt ist ca. 29 km südwestlich in städtischem Gebiet gelegen. Die Station Spessart, ca. 33 km nordöstlich gelegen, ist als Hintergrundmessstation ausgewiesen. Die Station Offenbach, Untere Grenzstraße I, befindet sich an einer Hauptverkehrsstraße ca. 34 km nordwestlich des Untersuchungsgebietes.

Interpretationen der NO₂-Messdaten hinsichtlich möglicher Entwicklungen sind mit Vorsicht zu verstehen, da insbesondere die Jahre 2020 bis 2022 außergewöhnliche Entwicklungen aufgrund intensiver Einschränkungen des öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens aufwiesen. Mittlerweile liegen für die Luftmessstationen gemessene Jahresmittelwerte bis zum Jahr 2024 vor. Diese weisen keinen Anstieg der Messwerte nach den Jahren mit intensiven Einschränkungen des öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens auf, sondern weitere Reduzierungen.

Unter Berücksichtigung der o. g. Ausführungen wird auf Grundlage der in **Tab. 4.1** aufgeführten Messwerte in Orientierung an der im vorstädtischen Gebiet gelegenen Stationen Kleinwallstadt und Michelstadt für das Untersuchungsgebiet eine NO₂-Hintergrundbelastung von 12 µg/m³ und eine PM₁₀-Hintergrundbelastung von 12 µg/m³ angesetzt. Dabei wurde der Einfluss der auf der Strecke der Maintalbahn fahrenden Dieseltriebwagen in der Festlegung der Hintergrundbelastung berücksichtigt.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Kleinwallstadt, Hofstetter Straße	Aschaffenburg, Bussardweg	Michelstadt	Spessart	Offenbach, Untere Grenzstraße I
NO ₂ Jahresmittel	2012	16	32	17	8	-
	2013	16	31	18	8	50
	2014	15	29	17	7	49
	2015	17	30	17	8	48
	2016	16	31	16	8	48
	2017	17	31	16	8	48
	2018	16	28	17	7	44
	2019	15	25	16	6	45
	2020	12	21	14	5	38
	2021	12	21	13	5	36
	2022	12	20	13	5	32
	2023	9	17	12	4	28
	2024	10	17	11	4	28
PM10 Jahresmittel	2012	-	-	18	-	-
	2013	-	-	18	-	-
	2014	-	-	16	-	-
	2015	-	-	17	-	-
	2016	-	-	15	-	-
	2017	-	-	16	-	-
	2018	-	-	17	-	-
	2019	-	-	15	-	-
	2020	-	-	14	-	-
	2021	-	-	14	-	-
	2022	-	-	15	-	-
	2023	-	-	12	-	-
	2024	-	-	12	-	-
PM10 - Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2012	-	-	3	-	-
	2013	-	-	6	-	-
	2014	-	-	3	-	-
	2015	-	-	3	-	-
	2016	-	-	0	-	-
	2017	-	-	5	-	-
	2018	-	-	2	-	-
	2019	-	-	1	-	-
	2020	-	-	1	-	-
	2021	-	-	2	-	-
	2022	-	-	0	-	-
	2023	-	-	1	-	-
	2024	-	-	0	-	-

Schadstoff-komponente	Zeit-raum	Klein-wallstadt, Hofstetter Straße	Aschaffenburg, Bussardweg	Michelstadt	Spessart	Offenbach, Untere Grenzstraße I
PM2.5 Jahresmittel	2012	13	13	-	-	-
	2013	14	13			
	2014	13	13	-	-	-
	2015	13	12	-	-	-
	2016	11	11	-	-	-
	2017	11	12	-	-	-
	2018	12	12	-	-	-
	2019	10	10	-	-	-
	2020	9	10	-	-	-
	2021	8	8	-	-	-
	2022	10	9	-	-	-
	2023	9	8	-	-	-
	2024	8	7	8	-	-

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LfU Bayern, 2013-2025; HLNUG, 2013-2025; HLNUG, 2025)

Entsprechend aktuellen Untersuchungen (De Leeuw und Horálek, 2009; Bruckmann et al., 2009) gibt es eine Korrelation zwischen PM10 und PM2.5. De Leeuw und Horálek (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.

Auf Grundlage dieser Verhältnisse von PM2.5 zu PM10 und der oben genannten Zusammenhänge wird für das Untersuchungsgebiet eine PM2.5-Hintergrundbelastung von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt. In **Tab. 4.2** sind die angesetzten Werte für die Schadstoffhintergrundbelastung dargestellt.

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	12
PM10	12
PM2.5	8
NO _x	17

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2024/2028

Für das Chemiemodell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion (Dürring et al., 2011) wird eine Hintergrundbelastung für Ozon von 46 µg/m³ angesetzt.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. 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.

Für die Betrachtungen zum Stickstoffeintrag in FFH-Gebiete sind entsprechend dem Stickstoffleitfaden H PSE die NO_x-Emissionen und Ammoniakemissionen (NH₃) zu betrachten.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Emissionsfaktoren der Partikel (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 Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) berechnet und enthalten auch nicht motorbedingte Emissionsfaktoren für Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung.

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

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2022) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgröße kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit der PM10- und der PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

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

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) berechnet, in 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 für das Betrachtungsgebiet berücksichtigen die an der ca. 13 km westlich gelegenen DWD-Station Schaaflheim-Schlierbach erfassten stündlichen Zeitreihen der Lufttemperatur im Zeitraum 2011-2021 (Quelle: DWD) mit einer mittleren Temperatur von 11.1°C, die gegenüber der im HBEFA berücksichtigten mittleren Temperatur von 9°C höher liegt. 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, dabei werden für Kreuzungsbereiche die Störungen des Verkehrsablaufes mit einem eingeschränkten Verkehrsfluss berücksichtigt:

AB120:	Autobahn, Tempolimit 120 km/h
AB100:	Autobahn, Tempolimit 100 km/h
AO-HVS100:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 100 km/h
AO-HVS70:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
AO-HVS70d:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
IO-HVS50:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IO-HVS50d:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IO-HVS50g:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IO-NS30:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h
IO-NS30d:	Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS30:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h
IOS-HVS30d:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS30g:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr

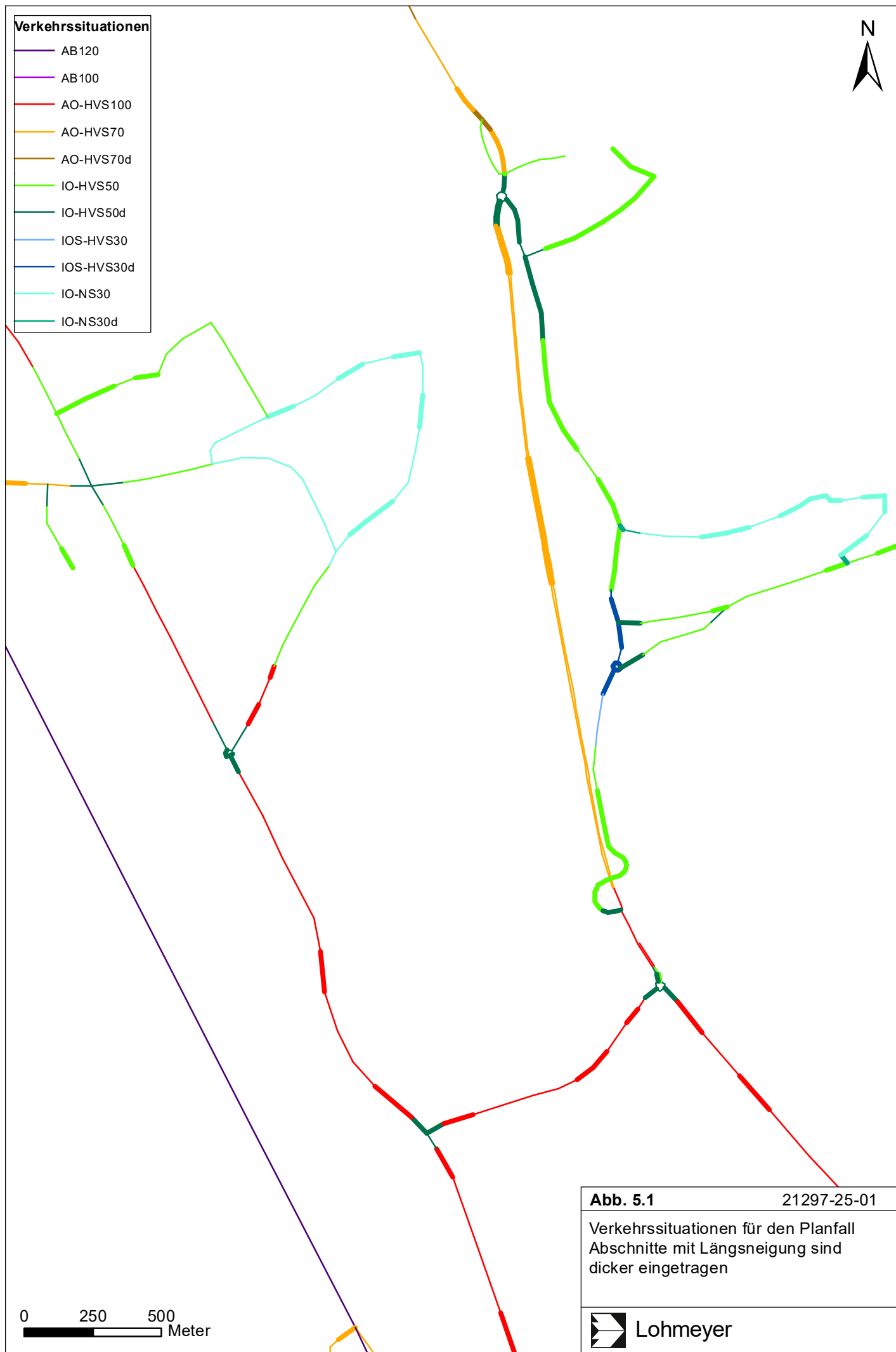
In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2028 aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Steigungs- und Gefällestrassen sowie Gegenverkehrsstrassen (gekennzeichnet durch vorangestellte „+“-Plus-, „-“-Minus- und „_“-Unterstrichzeichen). Die Emissionen werden auf der Grundlage der im Verkehrsgutachten genannten Verkehrsprognosen 2035 im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit für das Bezugsjahr 2028 berechnet. Mit jedem späteren Jahr der geplanten Verkehrsfreigabe sind geringere motorbedingte Emissionsfaktoren verbunden. Für den Stickstoffeintrag wird das Jahr der Verkehrsprognose angesetzt, hier 2035, um entsprechend des Stickstoffleitfadens H PSE (FGSV, 2019) bzw. des BAST-Forschungsberichts (BAST, 2013) der Wirkung langfristiger Einträge von Luftschadstoffen in Ökosysteme Rechnung zu tragen (**Tab. 5.2**). Die angesetzten Verkehrssituationen sind in **Abb. 5.1** exemplarisch für den Planfall dargestellt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2028									
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO _x		PM10 / PM2.5 (nur Abgase)		PM 10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)		NO ₂ direkt	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
AB120	122.0	0.159	0.399	0.0022	0.0055	0.030	0.130	0.009	0.044	0.0159	0.0689
AB120_2	122.0	0.182	0.686	0.0025	0.0049	0.030	0.130	0.009	0.044	0.0182	0.1275
AB100	102.0	0.110	0.399	0.0014	0.0055	0.030	0.130	0.009	0.044	0.0109	0.0689
AO-HVS100	94.0	0.124	0.511	0.0024	0.0068	0.030	0.130	0.009	0.048	0.0192	0.0826
AO-HVS100_2	94.0	0.134	0.605	0.0026	0.0062	0.029	0.130	0.009	0.048	0.0210	0.0977
AO-HVS100_4	94.0	0.167	0.553	0.0034	0.0063	0.030	0.130	0.009	0.048	0.0265	0.0866
AO-HVS100_6	94.0	0.217	0.528	0.0040	0.0078	0.029	0.130	0.009	0.048	0.0349	0.0783
AO-HVS70	67.0	0.088	0.493	0.0020	0.0063	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0135	0.0753
AO-HVS70_2	67.0	0.095	0.614	0.0020	0.0062	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0147	0.0949
AO-HVS70+2	67.0	0.132	0.645	0.0023	0.0093	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0203	0.1005
AO-HVS70-2	67.0	0.059	0.584	0.0017	0.0031	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0090	0.0893
AO-HVS70_4	67.0	0.117	0.558	0.0022	0.0067	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0181	0.0857
AO-HVS70+4	67.0	0.191	0.765	0.0029	0.0116	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0298	0.1149
AO-HVS70-4	67.0	0.042	0.349	0.0015	0.0018	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0065	0.0561
AO-HVS70_6	67.0	0.152	0.524	0.0027	0.0080	0.026	0.100	0.012	0.056	0.0239	0.0766
AO-HVS70d	53.8	0.114	0.569	0.0022	0.0068	0.033	0.350	0.013	0.064	0.0176	0.0831
AO-HVS70d_2	53.8	0.121	0.694	0.0022	0.0069	0.033	0.350	0.013	0.064	0.0187	0.1070
AO-HVS70d_6	53.8	0.174	0.609	0.0030	0.0088	0.033	0.350	0.013	0.064	0.0277	0.0925
IO-HVS50	49.0	0.113	0.707	0.0046	0.0070	0.026	0.100	0.014	0.066	0.0113	0.0984
IO-HVS50_2	49.0	0.119	0.818	0.0047	0.0074	0.026	0.100	0.014	0.066	0.0118	0.1302
IO-HVS50-2	49.0	0.088	0.863	0.0043	0.0040	0.026	0.100	0.014	0.066	0.0088	0.1403
IO-HVS50_4	49.0	0.134	0.678	0.0048	0.0080	0.026	0.100	0.014	0.066	0.0134	0.1045
IO-HVS50_6	49.0	0.162	0.681	0.0049	0.0092	0.026	0.100	0.014	0.066	0.0163	0.1019
IO-HVS50d	39.6	0.141	0.870	0.0048	0.0083	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0141	0.1210
IO-HVS50d_2	39.6	0.145	0.975	0.0049	0.0087	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0145	0.1530
IO-HVS50d+2	39.6	0.179	0.851	0.0052	0.0122	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0179	0.1281
IO-HVS50d_4	39.6	0.161	0.872	0.0050	0.0094	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0162	0.1392
IO-HVS50d+4	39.6	0.233	0.991	0.0056	0.0152	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0236	0.1517
IO-HVS50d-4	39.6	0.089	0.753	0.0043	0.0035	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0089	0.1267
IO-HVS50g	24.9	0.196	1.241	0.0054	0.0140	0.039	0.700	0.015	0.068	0.0197	0.1534
IO-NS30	33.6	0.175	1.010	0.0051	0.0108	0.026	0.280	0.015	0.068	0.0166	0.1323
IO-NS30_2	33.6	0.178	1.026	0.0052	0.0109	0.026	0.280	0.015	0.068	0.0168	0.1398
IO-NS30_4	33.6	0.190	0.935	0.0052	0.0113	0.026	0.280	0.015	0.068	0.0181	0.1297
IO-NS30_6	33.6	0.212	0.886	0.0054	0.0123	0.026	0.280	0.015	0.068	0.0204	0.1238
IO-NS30d	26.5	0.194	1.162	0.0053	0.0126	0.034	0.500	0.015	0.068	0.0185	0.1485
IO-NS30d_2	26.5	0.196	1.213	0.0053	0.0129	0.034	0.500	0.015	0.068	0.0187	0.1632
IOS-HVS30	31.0	0.130	1.020	0.0049	0.0098	0.026	0.100	0.015	0.068	0.0130	0.1459
IOS-HVS30d	24.8	0.140	1.298	0.0050	0.0106	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0138	0.1932
IOS-HVS30d_2	24.8	0.144	1.021	0.0050	0.0110	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0142	0.1511
IOS-HVS30d_4	24.8	0.151	0.880	0.0051	0.0123	0.032	0.350	0.015	0.068	0.0148	0.1326
IOS-HVS30g	16.1	0.182	1.781	0.0056	0.0150	0.039	0.700	0.015	0.068	0.0184	0.2276
IOS-HVS30g_2	16.1	0.184	1.998	0.0056	0.0153	0.039	0.700	0.015	0.068	0.0185	0.2782

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2028

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren 2035 je Kfz in g/km			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit	NO _x		NH ₃	
	PKW	LV	SV	LV	SV
AB120	122.0	0.063	0.291	0.014	0.012
AB120_2	122.0	0.073	0.590	0.014	0.012
AB100	102.0	0.042	0.291	0.014	0.012
AO-HVS100	94.0	0.050	0.324	0.012	0.011
AO-HVS100_2	94.0	0.054	0.395	0.012	0.011
AO-HVS100_4	94.0	0.067	0.359	0.012	0.011
AO-HVS100_6	94.0	0.089	0.309	0.012	0.011
AO-HVS70	67.0	0.034	0.308	0.008	0.011
AO-HVS70_2	67.0	0.037	0.406	0.008	0.011
AO-HVS70+2	67.0	0.051	0.430	0.008	0.011
AO-HVS70-2	67.0	0.023	0.382	0.008	0.011
AO-HVS70_4	67.0	0.045	0.372	0.008	0.011
AO-HVS70+4	67.0	0.074	0.483	0.008	0.011
AO-HVS70-4	67.0	0.017	0.260	0.008	0.011
AO-HVS70_6	67.0	0.059	0.313	0.008	0.011
AO-HVS70d	53.8	0.044	0.328	0.008	0.011
AO-HVS70d_2	53.8	0.046	0.448	0.008	0.011
AO-HVS70d_6	53.8	0.068	0.393	0.008	0.011
IO-HVS50	49.0	0.055	0.368	0.007	0.010
IO-HVS50_2	49.0	0.057	0.566	0.007	0.010
IO-HVS50-2	49.0	0.045	0.639	0.007	0.010
IO-HVS50_4	49.0	0.063	0.426	0.007	0.010
IO-HVS50_6	49.0	0.073	0.400	0.007	0.010
IO-HVS50d	39.6	0.065	0.442	0.007	0.010
IO-HVS50d_2	39.6	0.067	0.652	0.007	0.010
IO-HVS50d+2	39.6	0.080	0.505	0.007	0.010
IO-HVS50d_4	39.6	0.073	0.608	0.007	0.010
IO-HVS50d+4	39.6	0.101	0.595	0.007	0.010
IO-HVS50d-4	39.6	0.045	0.622	0.007	0.010
IO-HVS50g	24.9	0.087	0.593	0.012	0.014
IO-NS30	33.6	0.096	0.488	0.012	0.014
IO-NS30_2	33.6	0.097	0.556	0.012	0.014
IO-NS30_4	33.6	0.102	0.521	0.012	0.014
IO-NS30_6	33.6	0.111	0.498	0.012	0.014
IO-NS30d	26.5	0.103	0.549	0.012	0.014
IO-NS30d_2	26.5	0.104	0.669	0.012	0.014
IOS-HVS30	31.0	0.060	0.571	0.007	0.010
IOS-HVS30d	24.8	0.063	0.785	0.007	0.010
IOS-HVS30d_2	24.8	0.065	0.623	0.007	0.010
IOS-HVS30d_4	24.8	0.068	0.535	0.007	0.010
IOS-HVS30g	16.1	0.079	0.949	0.012	0.014
IOS-HVS30g_2	16.1	0.079	1.342	0.012	0.014

Tab. 5.2: Emissionsfaktoren für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2035



Im Prognosenullfall wird entlang der Ortsdurchfahrt von Sulzbach vom Kreisverkehrsplatz bis nördlich der Einmündung der Spessartstraße aufgrund der verengten Straßenverhältnisse und unter Berücksichtigung des prognostizierten Verkehrsaufkommens ein gesättigter Verkehrsfluss angesetzt. Entlang der Ortsdurchfahrt bestehende Tempolimits auf 30 km/h werden ebenfalls in den Emissionsberechnungen berücksichtigt.

Auf den zufahrenden Straßenabschnitten im Bereich des Bahnübergangs werden im Prognosenullfall Störungen des Verkehrsablaufes durch den Bahnbetrieb berücksichtigt. Auf Grundlage der täglichen Zugaufkommen von ca. 45 Zügen (DB AG, 2022) und den damit verbundenen Schrankenschließzeiten wird eine Störungsdauer von ca. 3 min pro Zugdurchfahrt angesetzt. Von diesen Störungen sind ca. 11 % der werktäglichen Fahrleistung betroffen; dementsprechend wird für die Straßenabschnitte im Bereich des Bahnübergangs fahrtrichtungsfein ein dichter Verkehrsfluss angesetzt.

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 A5 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ dargestellt.

Die **Tab. 5.3** zeigt exemplarisch für die Ortsdurchfahrt von Sulzbach nördlich der Einmündung der Spessartstraße sowie für einen Abschnitt der geplanten Ortsumfahrung die Verkehrskenn- und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten für das Bezugsjahr 2028. Mit den Planungen sind im betrachteten Streckenabschnitt der Ortsdurchfahrt von Sulzbach gegenüber dem Prognosenullfall Reduktionen der Schadstofffreisetzungen verbunden, die mit den entsprechenden planungsbedingten Abnahmen der Verkehrsbelastung vergleichbar sind. So ist das Verkehrsaufkommen im Planfall mit Ortsumfahrung an der Ortsdurchfahrt um ca. 35 % und der LKW-Anteil um ca. 50% verringert. Damit verbunden sind Abnahmen der NO_x - und $\text{NO}_{2\text{direkt}}$ -Emissionen von ca. 30 % und der PM_{10} -Emissionen von ca. 25 %. Die Abnahme der $\text{PM}_{2.5}$ -Emissionen beträgt am betrachteten Straßenabschnitt ca. 34 %.

Untersuchungs- fall	DTVw in Kfz/24h	SVw- Anteil	DTV in Kfz/24h	SV- Anteil	Verkehrs- situation	Mittlere Emissionsdichte in mg/(m*s)			
						NO _x	PM10	PM2.5	NO ₂ direkt
Ortsdurchfahrt Sulzbach am Main									
Prognosenullfall	10 700	4.9%	10 272	4.6%	IO-HVS50	0.017	0.0040	0.0025	0.0018
Planfall	5 800	4.1%	5 568	3.9%	IO-HVS50_4	0.010	0.0022	0.0014	0.0011
Ortsumfahrung (OU)									
Fahrtrichtung Süd	5 500	4.4%	5 221	4.2%	AO-HVS70+2	0.009	0.0019	0.0010	0.0014
Fahrtrichtung Nord	5 400	4.4%	5 221	4.2%	AO-HVS70-2	0.005	0.0018	0.0009	0.0007
Summe OU	10 900	4.4%	10 442	4.2%	-	0.014	0.0037	0.0020	0.0022

Tab. 5.3: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2028 für die Ortsdurchfahrt von Sulzbach nördlich der Einmündung der Spessartstraße, sowie für einen Abschnitt der geplanten Ortsumfahrung.

In **Tab. 5.4** sind die entsprechenden Verkehrskennndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten, für das Bezugsjahr 2035 aufgeführt.

Untersuchungsfall	DTVw in Kfz/24h	SVw-Anteil	DTV in Kfz/24h	SV-Anteil	Verkehrssituation	Mittlere Emissionsdichte in mg/(m*s)	
						NO _x	NH ₃
Ortsdurchfahrt Sulzbach am Main							
Prognosenullfall	10 700	4.9%	10 272	4.6%	IO-HVS50	0.008	0.0009
Planfall	5 800	4.1%	5 568	3.9%	IO-HVS50_4	0.00496	0.00049
Ortsumfahrung (OU)							
Fahrtrichtung Süd	5 500	4.4%	5 221	4.2%	AO-HVS70+2	0.00406	0.00048
Fahrtrichtung Nord	5 400	4.4%	5 221	4.2%	AO-HVS70-2	0.00230	0.00048
Summe OU	10 900	4.4%	10 442	4.2%	-	0.00636	0.00096

Tab. 5.4: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2035 für die Ortsdurchfahrt von Sulzbach nördlich der Einmündung der Spessartstraße, sowie für einen Abschnitt der geplanten Ortsumfahrung.

6 IMMISSIONEN

Im Untersuchungsgebiet, d. h. im Plangebiet, wurden Schadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. Das Rechengebiet deckt eine Fläche von ca. 4.7 km x 6.0 km ab. Für die Ausbreitungsrechnung wird entsprechend der Ausprägung und räumlichen Verteilung der bestehenden Landnutzung eine mittlere Rauigkeit von 0.5 m angesetzt. Im Untersuchungsgebiet wurden für die betrachteten Untersuchungsfälle die Luftschadstoffimmissionen in Bodennähe bei einer horizontalen Auflösung von 10 m x 10 m bestimmt.

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.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Prognosenullfalls und des Planfalls dargestellt und diskutiert.

6.1 Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) im Bezugsjahr 2028 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 zusammensetzt.

In den grafischen Ergebnisdarstellungen sind den beurteilungsrelevanten Kenngrößen einheitliche Farben zugeordnet. Damit werden Grenzwerte der 39. BImSchV mit roten Farben für NO₂-Jahresmittelwerte sowie für PM₁₀- und PM_{2.5}-Jahresmittelwerte dargestellt; der Schwellenwert für PM₁₀-Kurzzeitbelastungen und der Zielwert für PM_{2.5}-Jahresmittelwerte werden mit der gelben Farbe belegt.

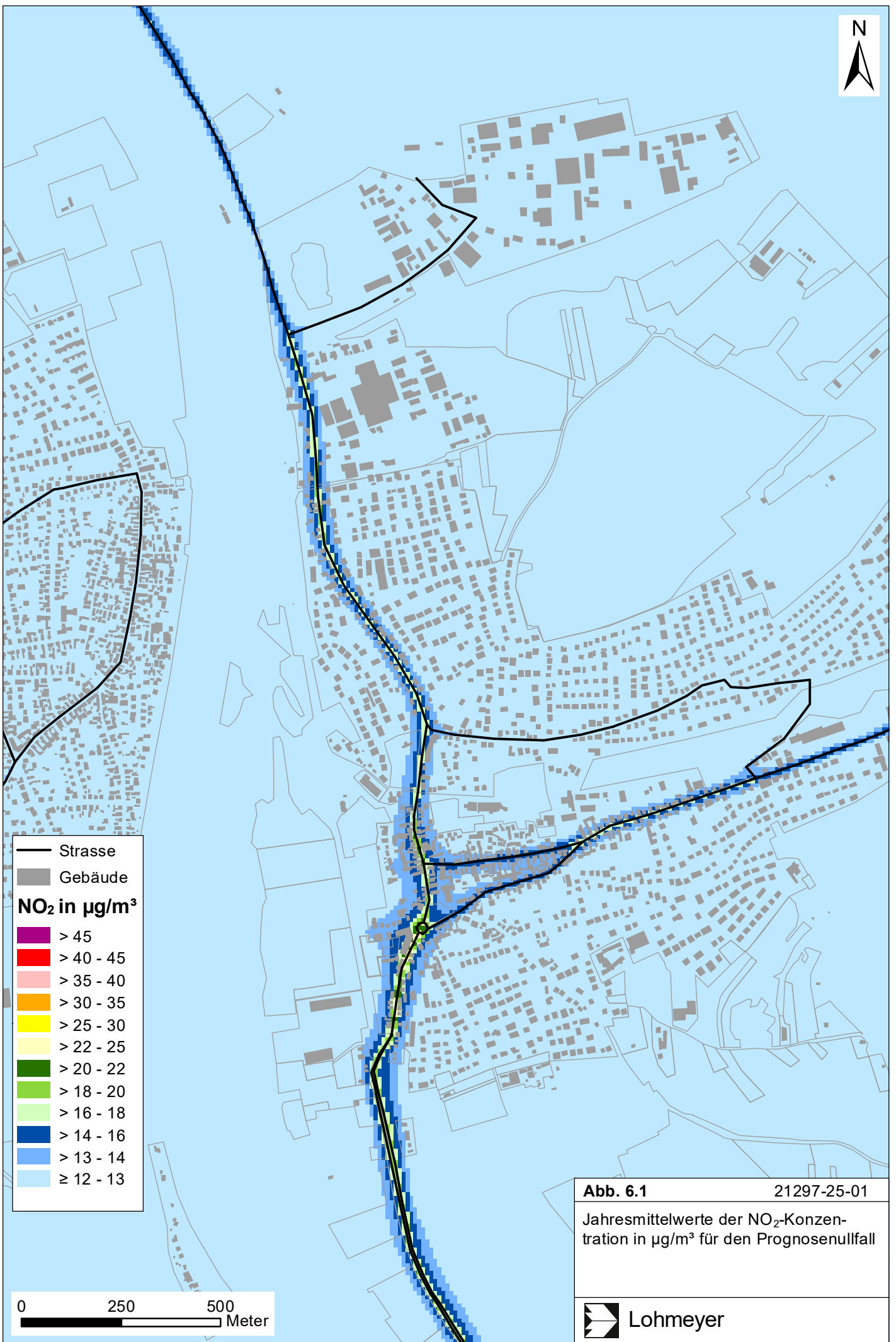
6.1.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

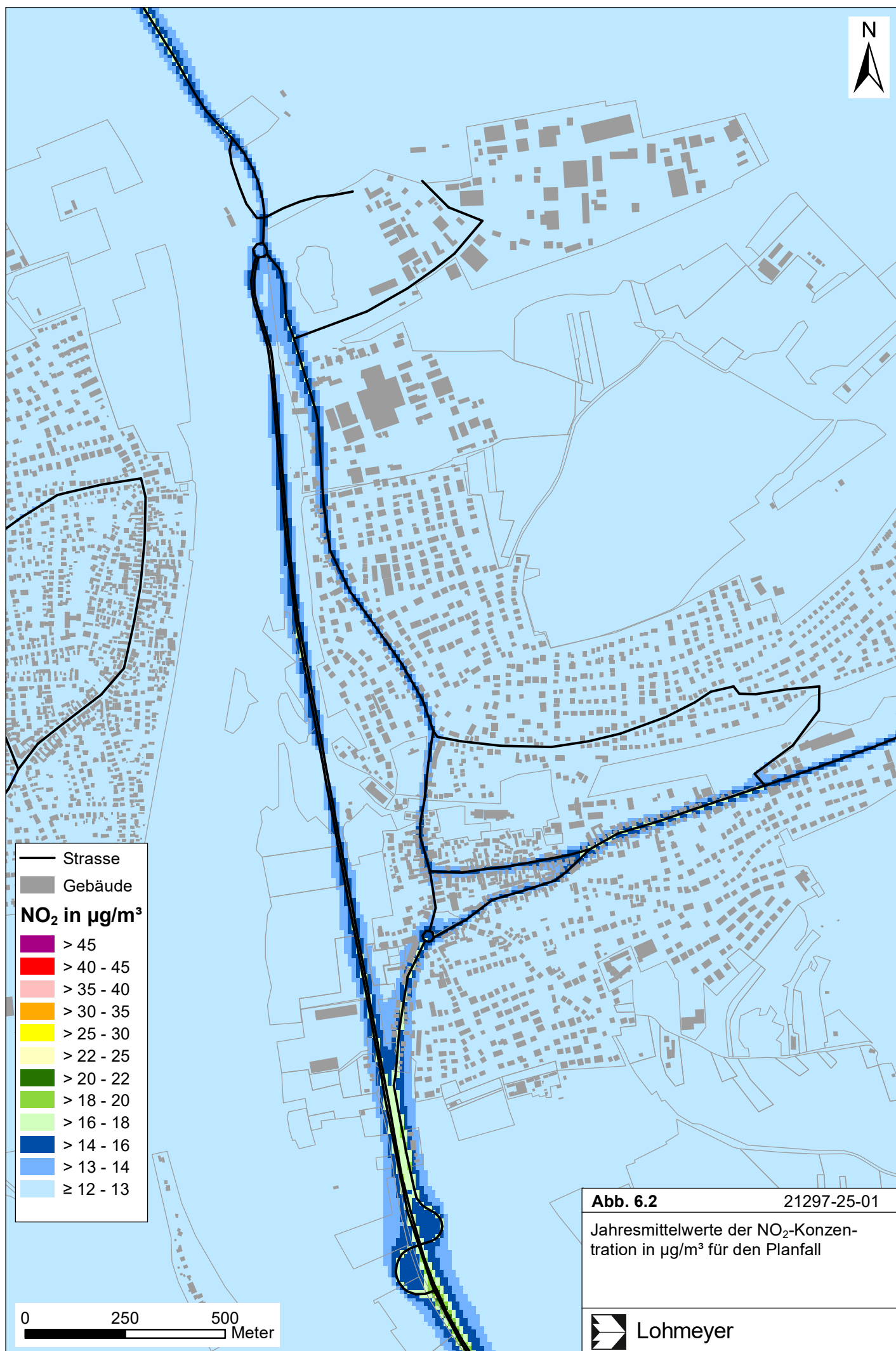
Die für den Prognosenullfall berechneten Jahresmittelwerte der NO₂-Immissionen sind in **Abb. 6.1** dargestellt. Die höchsten NO₂-Immissionen werden im Prognosenullfall entlang der St 2309 im Bereich der Ortsdurchfahrt von Sulzbach am Main berechnet. Dort werden im Streckenabschnitt von südlich des Kreisverkehrsplatzes bis zum bestehenden Bahnübergang am südlichen Ortsrand von Sulzbach NO₂-Immissionen bis 26 µg/m³ prognostiziert. Nördlich des Kreisverkehrs und der Einmündung der Spessartstraße (MIL 11) sind im Prognosenullfall entlang der St 2309 NO₂-Jahresmittelwerte bis 22 µg/m³ berechnet. Entlang der Spessartstraße (MIL 11) und der Jahnstraße sind NO₂-Immissionen bis 18 µg/m³ ausgewiesen. Südlich von Sulzbach sind entlang der St 2309 im Außerortsbereich bis in einen Abstand von ca. 50 m beiderseits der Straße NO₂-Jahresmittelwerte über 13 µg/m³ und vereinzelt bis 21 µg/m³ im Nahbereich der Straße berechnet. Nördlich von Sulzbach sind bis in einen Abstand von ca. 20 m zur St 2309 NO₂-Konzentrationen bis 18 µg/m³ ermittelt. Die verkehrsbedingten Beiträge der westlich des Mains verlaufenden B 469 tragen zu keinen wesentlichen Schadstoffbelastungen im Bereich von Sulzbach bei.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, z. B. Wohnbebauung führen. Die Bewertung der Luftqualität auf dem Gelände von Arbeitsstätten ist in der 39. BImSchV ausgeschlossen. Im Prognosenullfall werden südlich des Kreisverkehrsplatzes im Innerortsbereich von Sulzbach an der zur St 2309 nächstgelegenen Wohnbebauung NO₂-Gesamtbelastungen bis 26 µg/m³ berechnet. Nördlich des Kreisverkehrs sind an der Randbebauung im Mündungsbereich der Spessartstraße in die L 2309 NO₂-Immissionen bis 22 µg/m³ prognostiziert. An der übrigen zur St 2309 nächstgelegenen Wohnbebauung von Sulzbach sind im Prognosenullfall NO₂-Jahresmittelwerte bis 18 µg/m³ ausgewiesen, so auch an der zur Spessartstraße nächstgelegenen Wohnbebauung.

Damit wird im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 der derzeit geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ an der beurteilungsrelevanten Wohnbebauung deutlich unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von 20 µg/m³ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 überschritten.

Die **Abb. 6.2** zeigt die im Planfall mit Ortsumfahrung berechneten NO₂-Immissionen für das Bezugsjahr 2028.





Im Planfall ist aufgrund der mit der Ortsumfahrung verbundenen verkehrlichen Entlastung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach (St 2309) dort eine Abnahme der verkehrsbedingten Schadstoffbelastungen verbunden. Entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall Zunahmen der verkehrsbedingten Immissionen prognostiziert, da dort bislang noch keine Straße verläuft. Nördlich und südlich der geplanten Trasse sind an der bestehenden St 2309 aufgrund des gesteigerten Verkehrsaufkommens ebenfalls Zunahmen der NO_2 -Immissionen prognostiziert.

Bezogen auf die beurteilungsrelevante Bebauung sind im Planfall an der zur Ortsdurchfahrt nächstgelegenen Wohnbebauung im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzierte NO_2 -Immissionen mit Jahresmittelwerten bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Nördlich des Kreisverkehrsplatzes sind im weiteren Verlauf der St 2309 an der Randbebauung im Vergleich zum Prognosenullfall um ca. $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzierte NO_2 -Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Am südlichen Ortsrand Richtung geplanter Anschlussstelle der Ortsumfahrung an die St 2309 sind an der zum Straßenrand nächstgelegenen Bebauung bis um ca. $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöhte NO_2 -Gesamtbelastungen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel prognostiziert. An der nördlich davon zur Ortsumfahrung nächstgelegenen Wohnbebauung sind unter Berücksichtigung der geplanten Lärmschutzwände im Planfall Jahresmittelwerte bis $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen.

Damit wird auch im Planfall mit Ortsumfahrung der derzeit geltende Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowohl an der zur Ortsdurchfahrt als auch zur geplanten Ortsumfahrung nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Wohnbebauung deutlich unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Planfall schon im Bezugsjahr 2028 unterschritten.

6.1.2 Feinstaub (PM10)

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

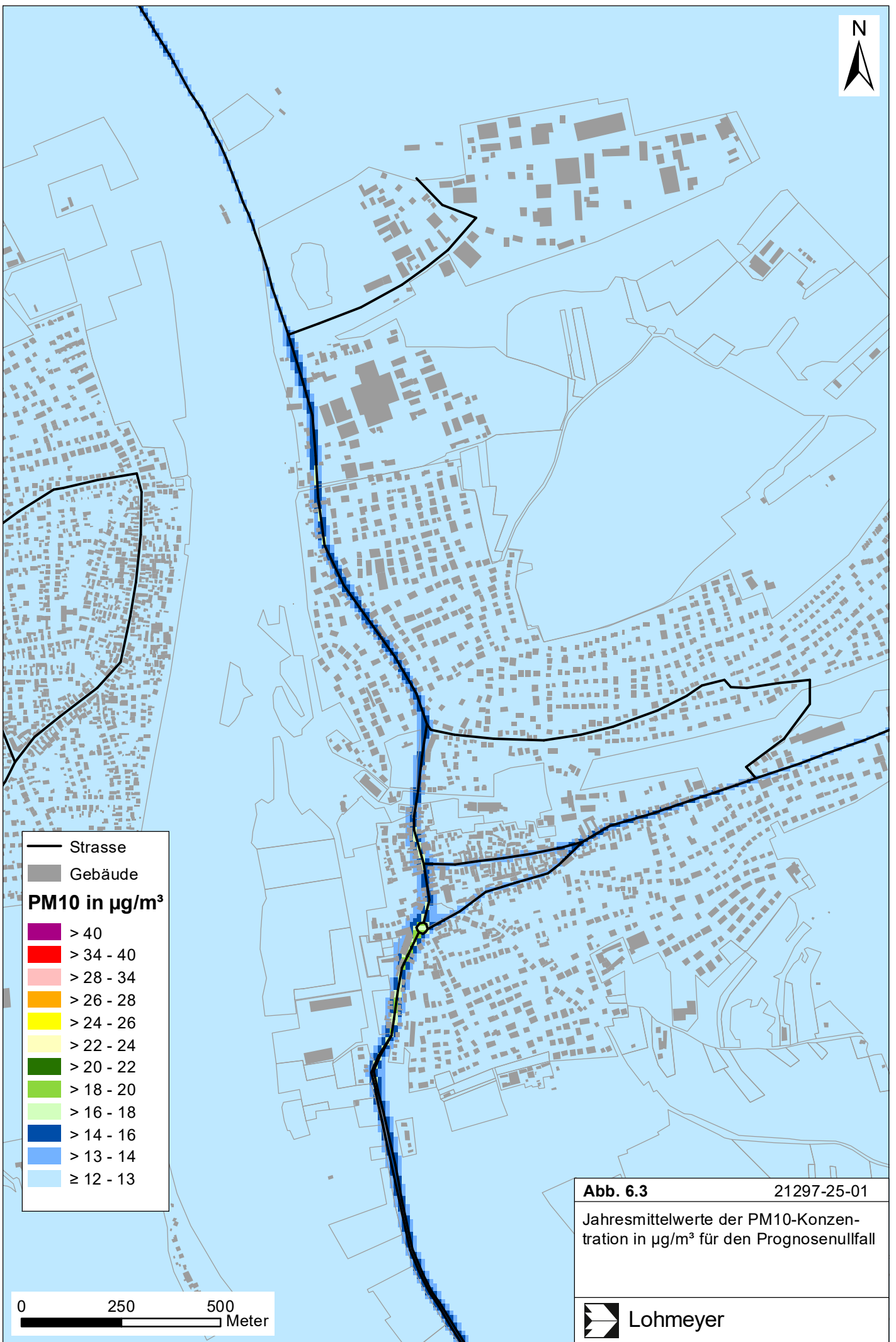
Prognosenullfall in **Abb. 6.3** aufgeführt. Die höchsten PM10-Immissionen werden im Prognosenullfall entlang der Ortsdurchfahrt von Sulzbach (St 2309) im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes berechnet mit PM10-Jahresmittelwerten bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nördlich des Kreisverkehrsplatzes sind an der Ortsdurchfahrt im Mündungsbereich der Spessartstraße PM10-Gesamtbelastungen bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Entlang den übrigen berücksichtigten Straßenabschnitten der Ortsdurchfahrt sind PM10-Jahresmittelwerte bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert, so auch entlang der Spessart- und Jahnstraße.

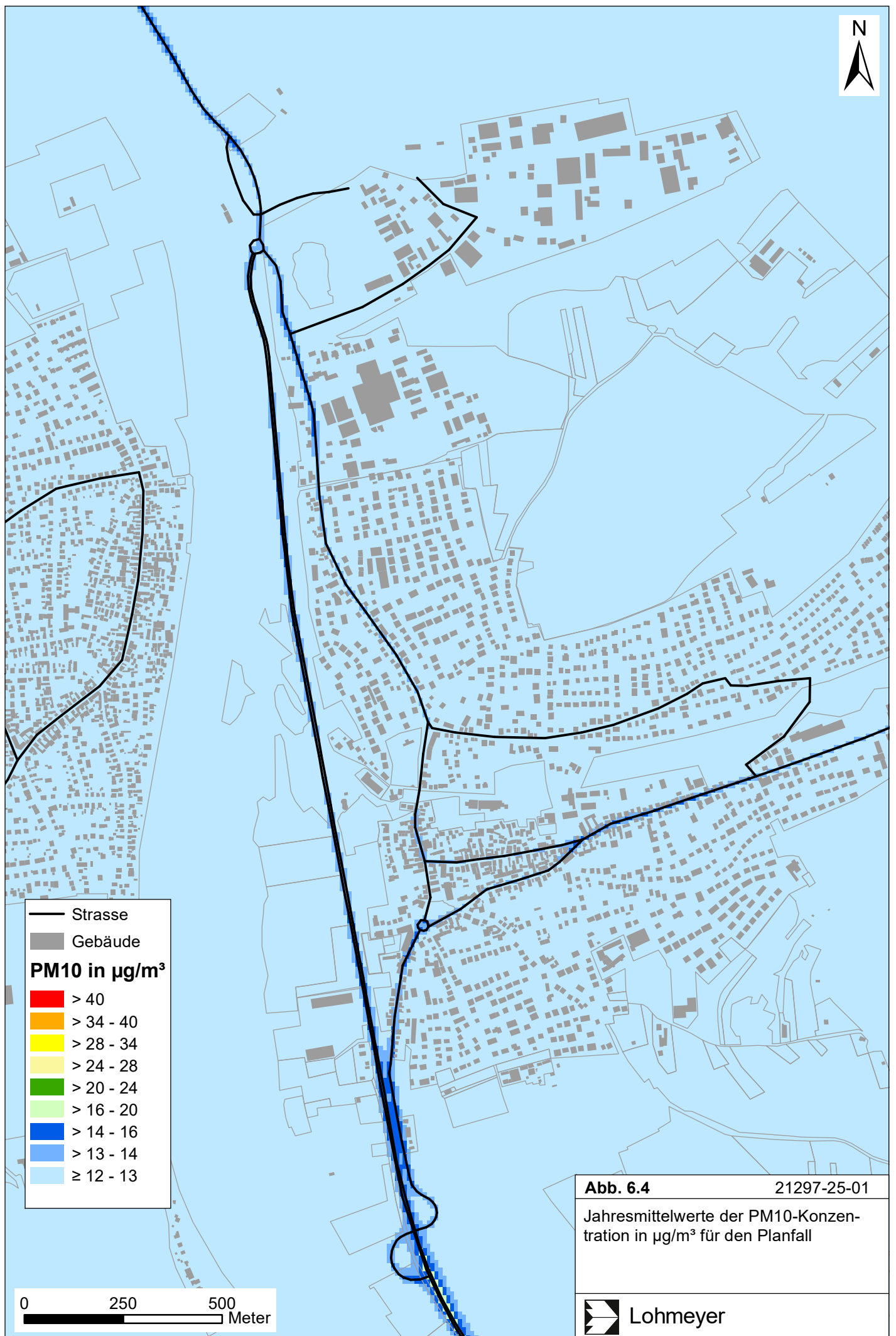
An der beurteilungsrelevanten Bebauung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach sind im Straßenabschnitt südlich des Kreisverkehrsplatzes im Prognosenullfall PM10-Jahresmittelwerte bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nördlich des Kreisverkehrsplatzes bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An den darüber hinaus zu den berücksichtigten Straßen nächstgelegenen Wohngebäuden sind PM10-Immissionen bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet.

Damit wird im Prognosenullfall der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich unterschritten; der Schwellenwert von $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird ebenfalls unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 teilweise überschritten.

Die **Abb. 6.4** zeigt die im Planfall mit Ortsumfahrung berechneten PM10-Immissionen. Die mit der geplanten Ortsumfahrung verbundene verkehrliche Entlastung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach führt im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall entlang der innerörtlichen Straßenabschnitte der St 2309 zu einer Abnahme der PM10-Immissionen auf Jahresmittelwerte überwiegend bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Entlang der geplanten Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sind im Planfall bis in einen Abstand von ca. 20 m zur Fahrbahn PM10-Gesamtbelastungen bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten.

An der beurteilungsrelevanten Bebauung entlang der Ortsdurchfahrt von Sulzbach sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um bis zu $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzierte PM10-Immissionen mit Jahresmittelwerten bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der zur geplanten Ortsumfahrung nächstgelegenen Wohnbebauung sind im Planfall PM10-Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vereinzelt bis $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.





Damit wird im Planfall mit Ortsumfahrung der Grenzwert für PM₁₀-Jahresmittelwerte deutlich unterschritten, der Schwellenwert von 28 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird ebenfalls unterschritten. Der zukünftige EU-Grenzwert von 20 µg/m³ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Planfall schon im Bezugsjahr 2028 unterschritten.

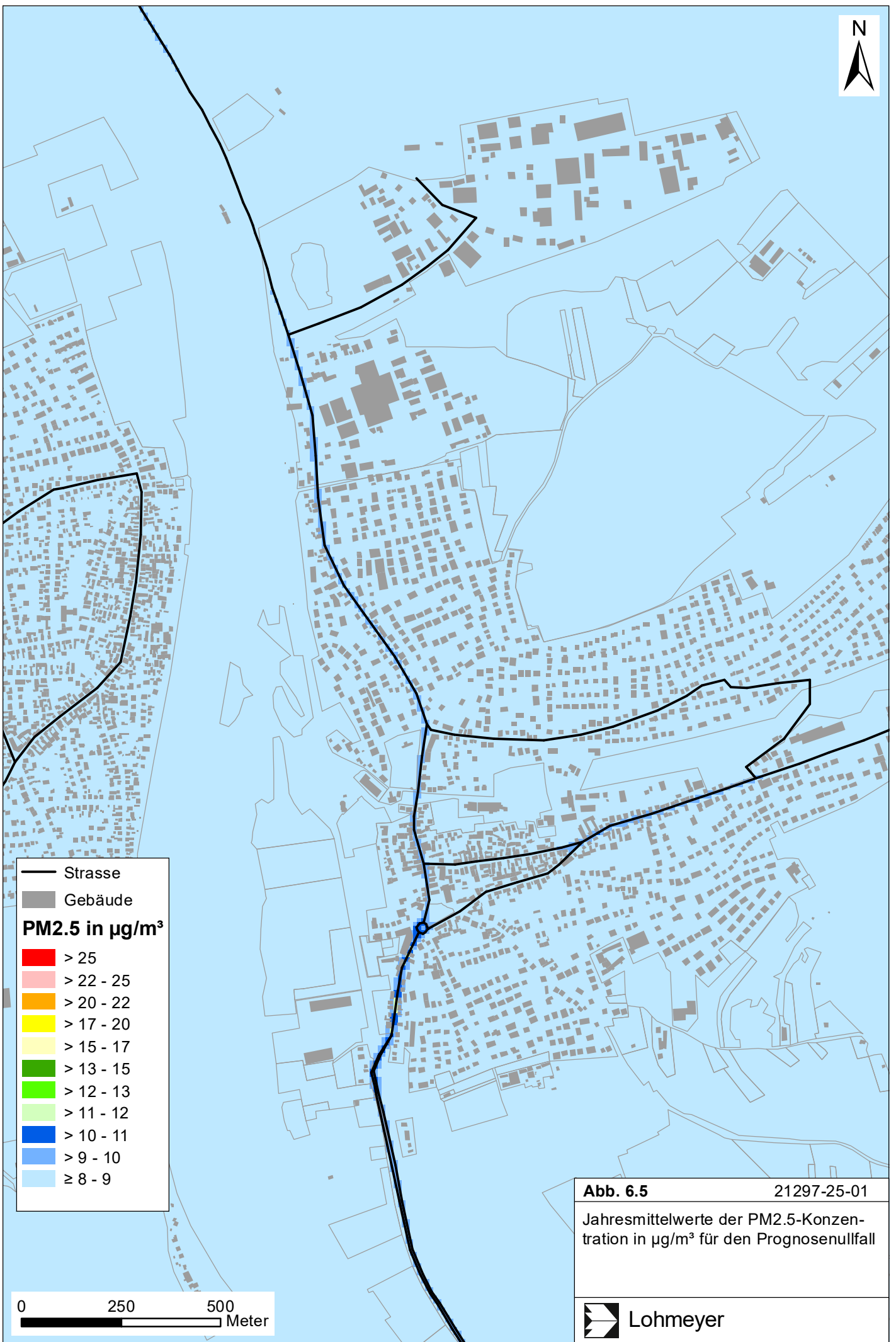
6.1.3 Feinstaub (PM_{2.5})

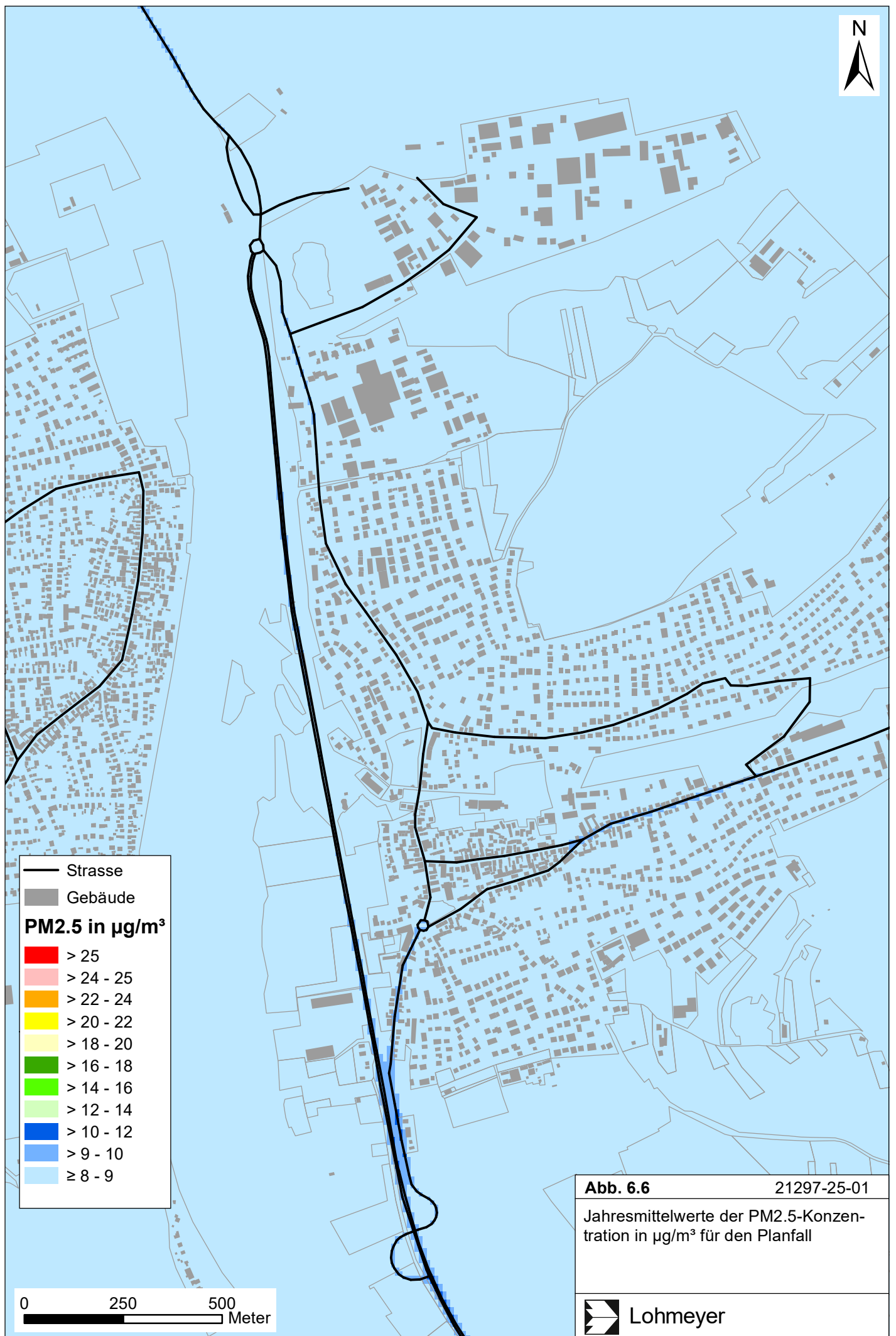
Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen (PM_{2.5}) werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert), der seit dem Jahr 2015 einzuhalten ist, und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert), der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM_{2.5}-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 25 µg/m³ und 20 µg/m³ diskutiert.

Die Ergebnisse der PM_{2.5}-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind für die betrachteten Untersuchungsfälle in **Abb. 6.5** und **Abb. 6.6** dargestellt. Im Prognosenullfall (**Abb. 6.5**) sind im überwiegenden Bereich des Untersuchungsgebietes mit der angesetzten Hintergrundbelastung vergleichbare PM_{2.5}-Immissionen mit Jahresmittelwerten unter 10 µg/m³ berechnet. Nur entlang den innerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 sind erhöhte PM_{2.5}-Konzentrationen zu verzeichnen, die an der beurteilungsrelevanten Bebauung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach zu PM_{2.5}-Gesamtbelastungen bis 12 µg/m³ im Straßenabschnitt südlich der Kreisverkehrsplatzes führen.

Im Planfall (**Abb. 6.6**) sind mit der verkehrlichen Entlastung der Ortsdurchfahrt von Sulzbach dort gegenüber dem Prognosenullfall Abnahmen der PM_{2.5}-Immissionen berechnet, die an der zur St 2309 nächstgelegenen beurteilungsrelevanten Bebauung zu um bis zu 2 µg/m³ reduzierten PM_{2.5}-Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis 10 µg/m³ führen. Entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sind geringe Zunahmen der PM_{2.5}-Immissionen prognostiziert, die an der zur geplanten Trasse nächstgelegenen Bebauung um weniger als 1 µg/m³ erhöhte PM_{2.5}-Immissionen mit Jahresmittelwerten unter 10 µg/m³ hervorrufen.

Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM_{2.5}-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ gemäß 39. BImSchV wird entsprechend den Immissionsberechnungen sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall im Bezugsjahr 2028 deutlich unterschritten; der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ wird in allen Untersuchungsfällen ebenfalls unterschritten.





Der zukünftige EU-Grenzwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an der Bebauung der bestehenden Ortsdurchfahrt im Prognosenullfall im Bezugsjahr 2028 teilweise überschritten, im Planfall schon im Bezugsjahr 2028 nicht überschritten.

6.2 Ergebnisse hinsichtlich des Schutzes der Vegetation

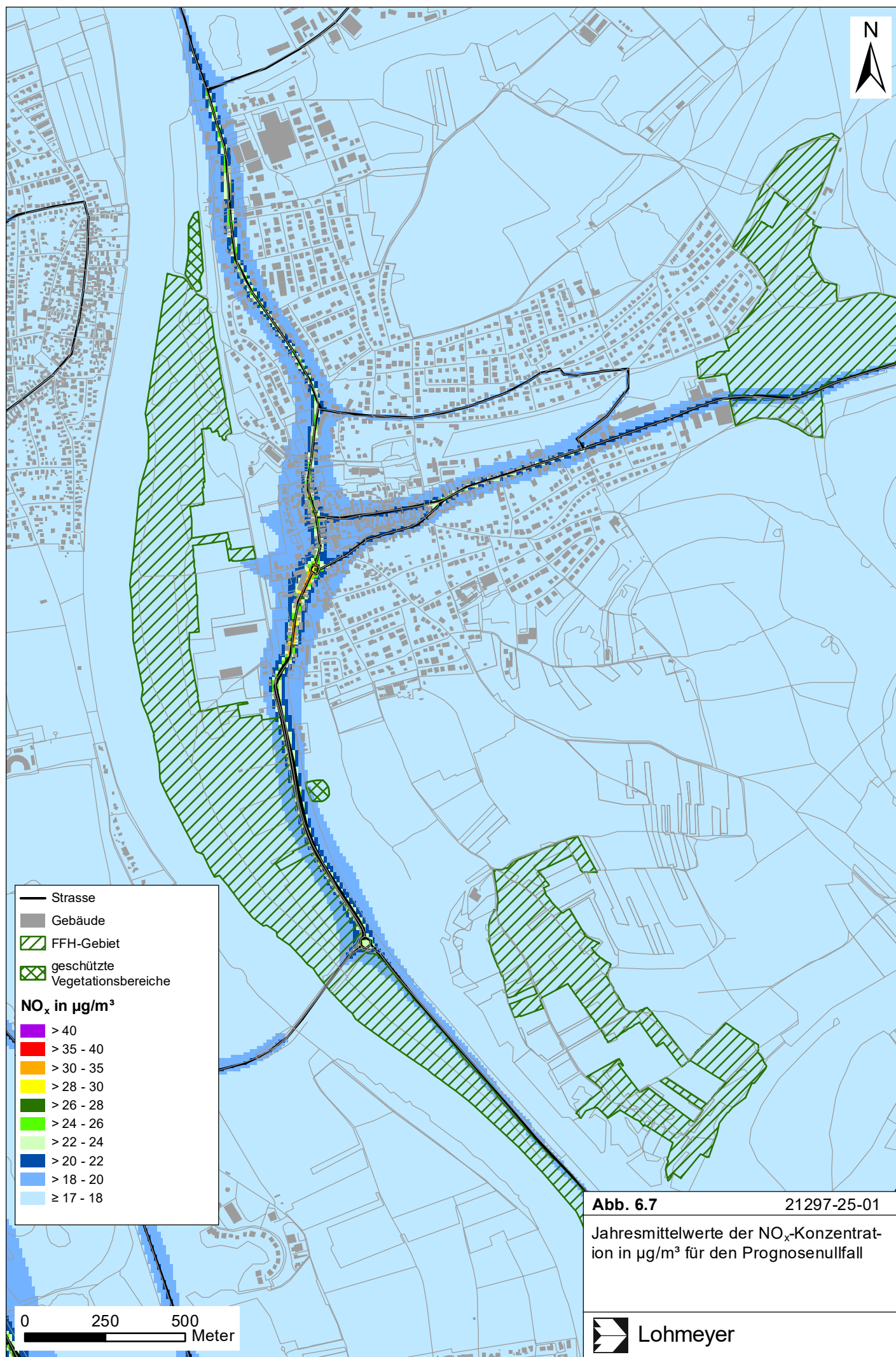
Für die Betrachtungen zum Schutz der Vegetation wird entsprechend den Empfehlungen des Stickstoffleitfadens H PSE (FGSV, 2019) bzw. des BASt-Forschungsberichtes „Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“ (BASt, 2013) und im Hinblick auf die Wirkung langfristiger Stickstoffeinträge das Bezugsjahr 2035 angesetzt.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge im Bezugsjahr 2035 (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet.

6.2.1 Stickstoffoxid (NO_x)

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO_x ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel angeführt. Der kritische Wert zum Schutz des Ökosystems bezieht sich auf die Gesamtbelastung. Die Anwendung dieses kritischen Wertes zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind. Im Folgenden wird für NO_x die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus der Überlagerung der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung (Kap. 4) und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes zusammensetzt.

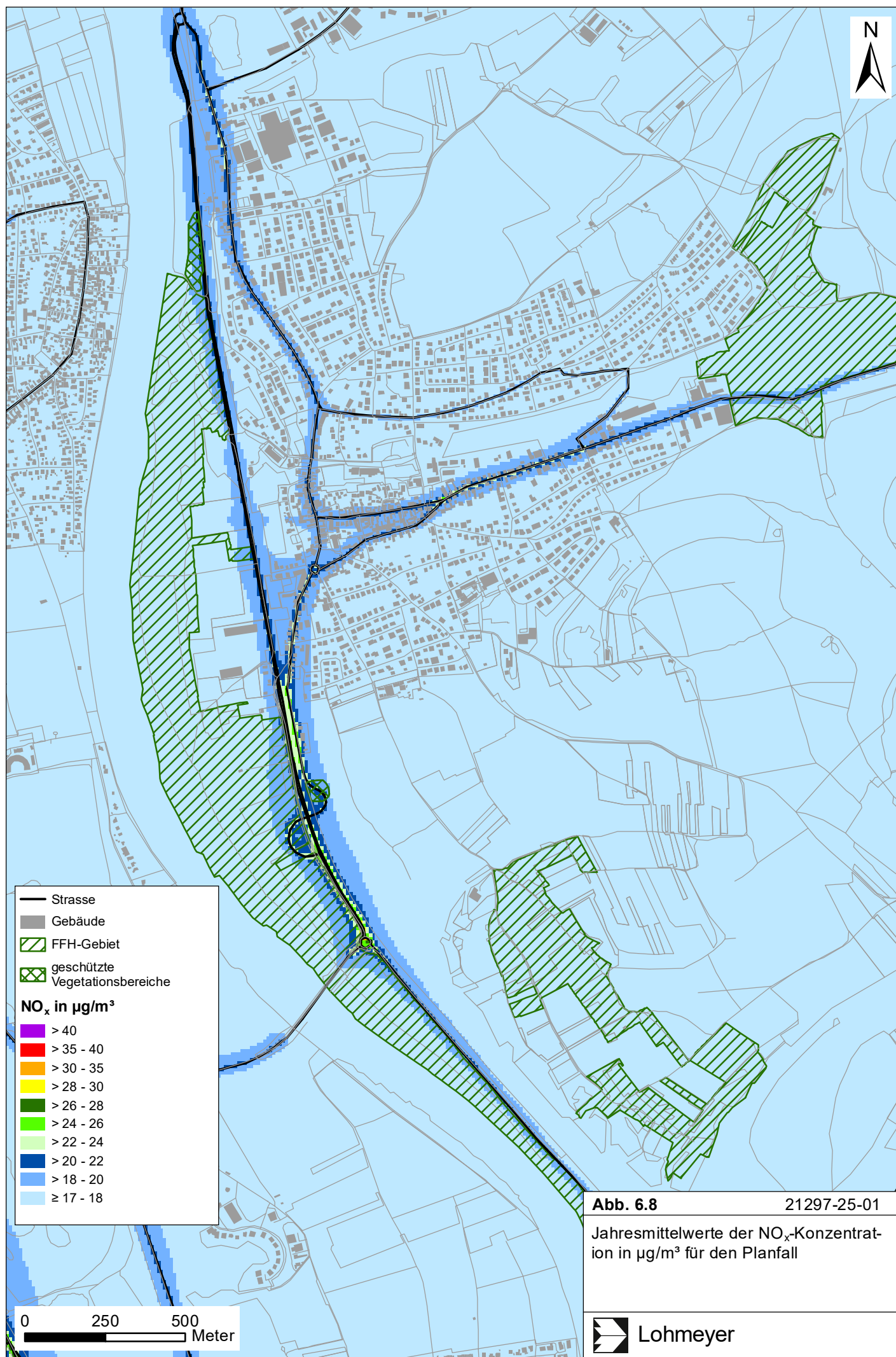
Die **Abb. 6.7** zeigt die im Prognosenullfall 2035 berechneten Jahresmittelwerte der bodennahen NO_x -Konzentrationen (Gesamtbelastung aus Hintergrundbelastung und verkehrsbedingter Zusatzbelastung) innerhalb des FFH-Gebietes bzw. der geschützten Vegetationsbereiche und deren Umgebung. Die im Untersuchungsgebiet gelegenen geschützten Vegetationsbereiche sind in den Darstellungen grün schraffiert umrandet.



Im Prognosenullfall werden die höchsten NO_x-Immissionen entlang den innerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 berechnet, mit NO_x-Jahresmittelwerten bis 37 µg/m³ südlich des Kreisverkehrsplatzes. Entlang den außerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 südlich von Sulzbach sind im Nahbereich der Straße NO_x-Immissionen bis 28 µg/m³ im über einen Kreisverkehr geregelten Mündungsbereich der St 2313 in die St 2309 prognostiziert. In dem auf der Westseite der St 2309 bis nahe an die Straße heranreichenden Teilbereich des FFH-Gebietes „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“ werden im Prognosenullfall NO_x-Immissionen bis 28 µg/m³ berechnet. Ab einem Abstand von ca. 60 m westlich der St 2309 sind NO_x-Immissionen unter 20 µg/m³ ermittelt. In den bis auf ca. 190 m an die innerörtlichen Straßenabschnitte der St 2309 heranreichenden FFH-Flächen werden im Prognosenullfall unter Berücksichtigung der lenkenden Wirkung der Kaltlufteinflüsse vereinzelt NO_x-Jahresmittelwerte bis 19 µg/m³ berechnet.

Auf der Ostseite der St 2309 südlich von Sulzbach befindet sich eine geschützte Vegetationsfläche, die mit den westlichen Randbereichen bis auf ca. 20 m an die St 2309 heranreicht. In dieser Vegetationsfläche sind im Prognosenullfall bis in einen Abstand von ca. 60 m östlich der Staatsstraße NO_x-Gesamtbelastungen bis 19 µg/m³ ermittelt. Des Weiteren besteht ein weiterer Teilbereich des FFH-Gebietes „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“, der von der MIL 11 durchquert wird. Dort sind im Prognosenullfall beiderseits der Straße NO_x-Konzentrationen bis 23 µg/m³ im Nahbereich der Fahrbahn ausgewiesen. In den übrigen betrachteten FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen werden im Prognosenullfall mit der angesetzten Hintergrundbelastung vergleichbare NO_x-Immissionen unter 18 µg/m³ prognostiziert.

Die **Abb. 6.8** zeigt die im Planfall mit Ortsumfahrung berechneten NO_x-Immissionen. Im Planfall sind mit der geplanten Ortsumfahrung entlang den innerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 aufgrund der verkehrlichen Entlastung der Ortsdurchfahrt dort Abnahmen der NO_x-Immissionen verbunden. Demgegenüber sind entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung und deren Anschlussstellenrampen sowie entlang den außerörtlichen Straßenabschnitten der St 2309 nördlich bzw. südlich der geplanten Trasse Zunahmen der NO_x-Konzentrationen prognostiziert. Die geplante Ortsumfahrung reicht im Streckenverlauf bis nahe an die östlichen Randbereiche des FFH-Teilgebietes und bestehender geschützter Vegetationsflächen heran; im Bereich der geplanten Anschlussstelle südlich von Sulzbach reichen die Zufahrtsrampen in das FFH-Gebiet hinein. Dort sind in den unmittelbar an die Fahrbahn angrenzenden FFH-Flächen NO_x-Jahresmittelwerte bis 28 µg/m³ berechnet.



Ab einem Abstand von ca. 20 m bis ca. 50 m westlich der geplanten Trasse sind in den FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen NO_x -Immissionen unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

In den südlich von Sulzbach und südlich der geplanten Anschlussstelle auf der Westseite der bestehenden St 2309 bis nahe an die Straße heranreichenden FFH-Flächen sind im Planfall NO_x -Gesamtbelastungen bis $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im über einen Kreisverkehr geregelten Mündungsbereich der St 2313 in die St 2309 vereinzelt bis $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. In der auf der Ostseite der St 2309 auf Höhe der geplanten Anschlussstelle gelegenen geschützten Vegetationsfläche sind im Planfall NO_x -Jahresmittelwerte bis $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. In dem am östlichen Ortsrand von Sulzbach gelegenen FFH-Teilgebiet sind im Planfall beiderseits der Straße NO_x -Konzentrationen bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgewiesen.

Der kritische NO_x -Wert zum Schutz der Vegetation von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel, der hier aufgrund der Nähe zu den Hauptverkehrsstraßen und den Siedlungsgebieten nicht direkt anwendbar ist (siehe Anhang A1.4), wird somit sowohl Prognosenullfall als auch im Planfall im überwiegenden Bereich der betrachteten Flächen des FFH-Gebietes „Maintal und -hänge zwischen Sulzbach und Kleinwallstadt“ sowie in den geschützten Vegetationsbereichen nicht erreicht und nicht überschritten. Nur in den unmittelbar an den Kreisverkehrsplatz im Mündungsbereich der St 2313 in die St 2309 angrenzenden FFH-Flächen wird der kritische NO_x -Wert zum Schutz der Vegetation im Planfall erreicht und vereinzelt leicht überschritten.

6.2.2 Stickstoffdeposition

Die hier zu ermittelnden verkehrsbedingten N-Depositionen werden von den Hauptverkehrsstraßen im Untersuchungsgebiet geprägt. Die ökologische Beurteilung der berechneten N-Depositionen bezüglich der FFH-Gebiete ist nicht Gegenstand des vorgelegten Gutachtens.

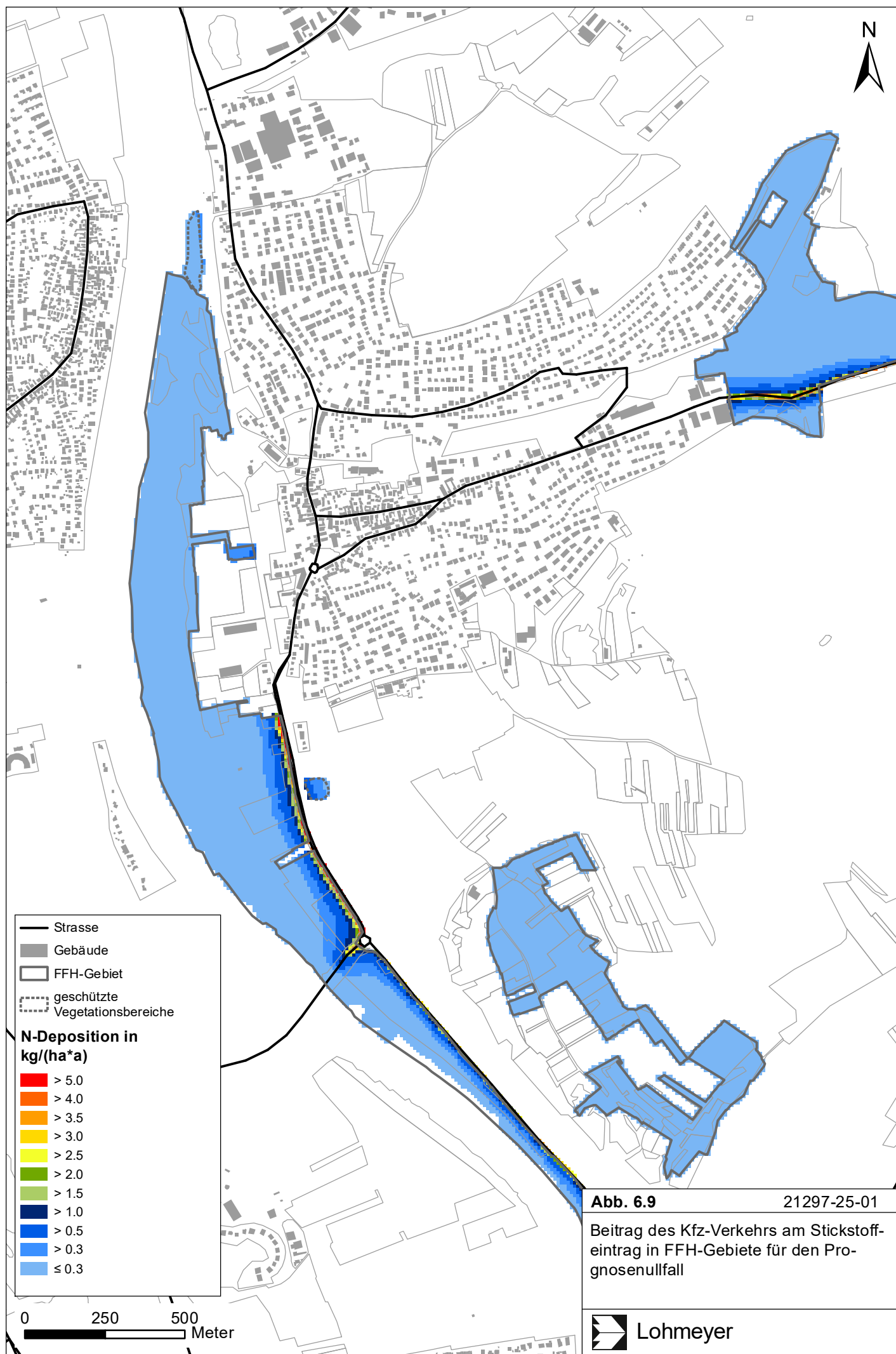
Als fachlichen Maßstab gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte zum Schutz von Vegetationseinheiten durch erhöhte Stickstoffdepositionen darstellen. Im Untersuchungsgebiet werden, resultierend aus verkehrsbedingten NO_x - und NH_3 -Einträgen, die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag (N-Deposition) mit einer horizontalen Auflösung von $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ berechnet und innerhalb der untersuchten geschützten Vegetationsflächen wie FFH-Bereiche unter Berücksichtigung der Landnutzung ausgewertet und grafisch dargestellt.

In Abhängigkeit von der Landnutzung ergeben sich unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeiten (s. Kap. 3), die in unterschiedlichen Stickstoffdepositionen resultieren. Für bewaldete Bereiche wurden für NH_3 höhere Depositionsgeschwindigkeiten angesetzt als für die Bereiche mit Wiesen und Weiden. In den Ergebnisabbildungen ist dies teilweise durch Farbwechsel innerhalb der geschützten Vegetationsflächen entsprechend der zugrundeliegenden Nutzung bei gleichem Abstand zur Straße zu erkennen. Für geschützte Bereiche ohne vegetationsbestandene Flächen werden rechnerisch keine Stickstoffentnahmen berücksichtigt.

Für die jeweiligen Untersuchungsfälle werden die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag (N-Deposition) in Böden sowie die Differenzen des Planfalls gegenüber dem Prognosenullfall, das sind die vorhabeninduzierten Änderungen, innerhalb der geschützten Vegetationsflächen grafisch dargestellt.

Die Farblegende zur Darstellung des verkehrsbedingten zusätzlichen Stickstoffeintrags wird mit einer Unterteilung in Schritten von $0.5 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ gewählt und wird um die geringste Stufe von $0.3 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ entsprechend der Konvention des BAST-Berichtes (2013) ergänzt. Die geringen berechneten Stickstoffeinträge entsprechen in den vorliegenden Berechnungen einer verkehrsbedingten NO_x -Zusatzbelastung (Jahresmittel) von weniger als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Solch geringe Konzentrationen sind im Zusammenhang mit Messdaten kaum von Schwankungen der Hintergrundbelastung zu unterscheiden. Damit ist bei dieser geringen Konzentration ein Vergleich von berechneten Immissionen mit Messdaten mit Unsicherheiten verbunden (vgl. **Tab. 4.1**). Für geringere Konzentrationen bzw. Stickstoffeinträge sind noch weniger belastbare Aussagen gegeben. Die berechneten Stickstoffeinträge werden in $\text{kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ mit einer Nachkommastelle ausgegeben; gerundet entsprechend DIN 1333 (1992).

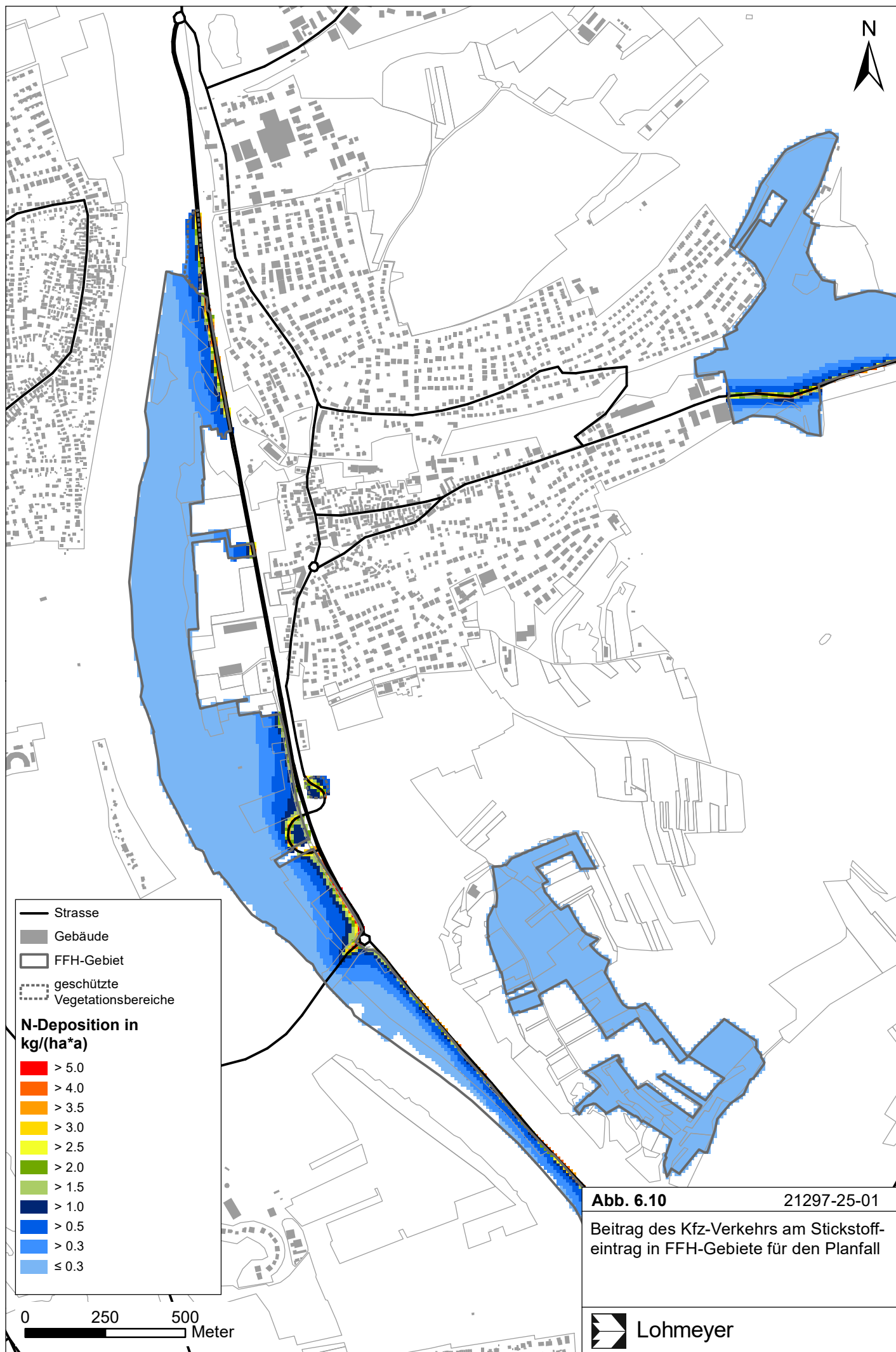
Die **Abb. 6.9** zeigt die im Prognosenullfall im Bereich der betrachteten FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereiche berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag. Im Prognosenullfall sind in den unmittelbar an die St 2309 angrenzenden FFH-Flächen südlich von Sulzbach bis in einen Abstand von ca. 30 m westlich der Straße verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über $1.0 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und vereinzelt bis $8.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet. Ab einem Abstand von ca. 90 m westlich der freien Strecke der St 2309 sind verkehrsbedingte N-Einträge unter $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ermittelt. In den an die St 2313 angrenzenden FFH-Flächen sind N-Depositionen bis $5.2 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet; in den von der St 2313 in Brückenlage überquerten FFH-Flächen sind in Bodennähe geringere Stickstoffeinträge ermittelt.



In der südlich von Sulzbach auf der Ostseite der St 2309 gelegenen geschützten Vegetationsfläche sind im Prognosenullfall bis in einen Abstand von ca. 50 m östlich der St 2309 Stickstoffeinträge über $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $1.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet. In den westlich von Sulzbach bis auf ca. 180 m an die Ortsdurchfahrt heranreichenden FFH-Flächen sind im Prognosenullfall unter Berücksichtigung der Kaltlufterinflüsse verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und vereinzelt bis $0.7 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ermittelt. In der nördlich an das FFH-Teilgebiet angrenzenden und ca. 90 m westlich der Ortsdurchfahrt von Sulzbach gelegenen geschützten Vegetationsfläche sind überwiegend N-Depositionen unter $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und nur vereinzelt bis $0.4 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ zu erwarten. In der am östlichen Ortsrand von der MIL 11 durchquerten FFH-Teilfläche sind bis in einen Abstand von ca. 50 m beiderseits der Straße N-Einträge über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $3.9 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ prognostiziert. In den übrigen betrachteten FFH-Flächen sind im Prognosenullfall verkehrsbedingte Stickstoffeinträge unter $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet.

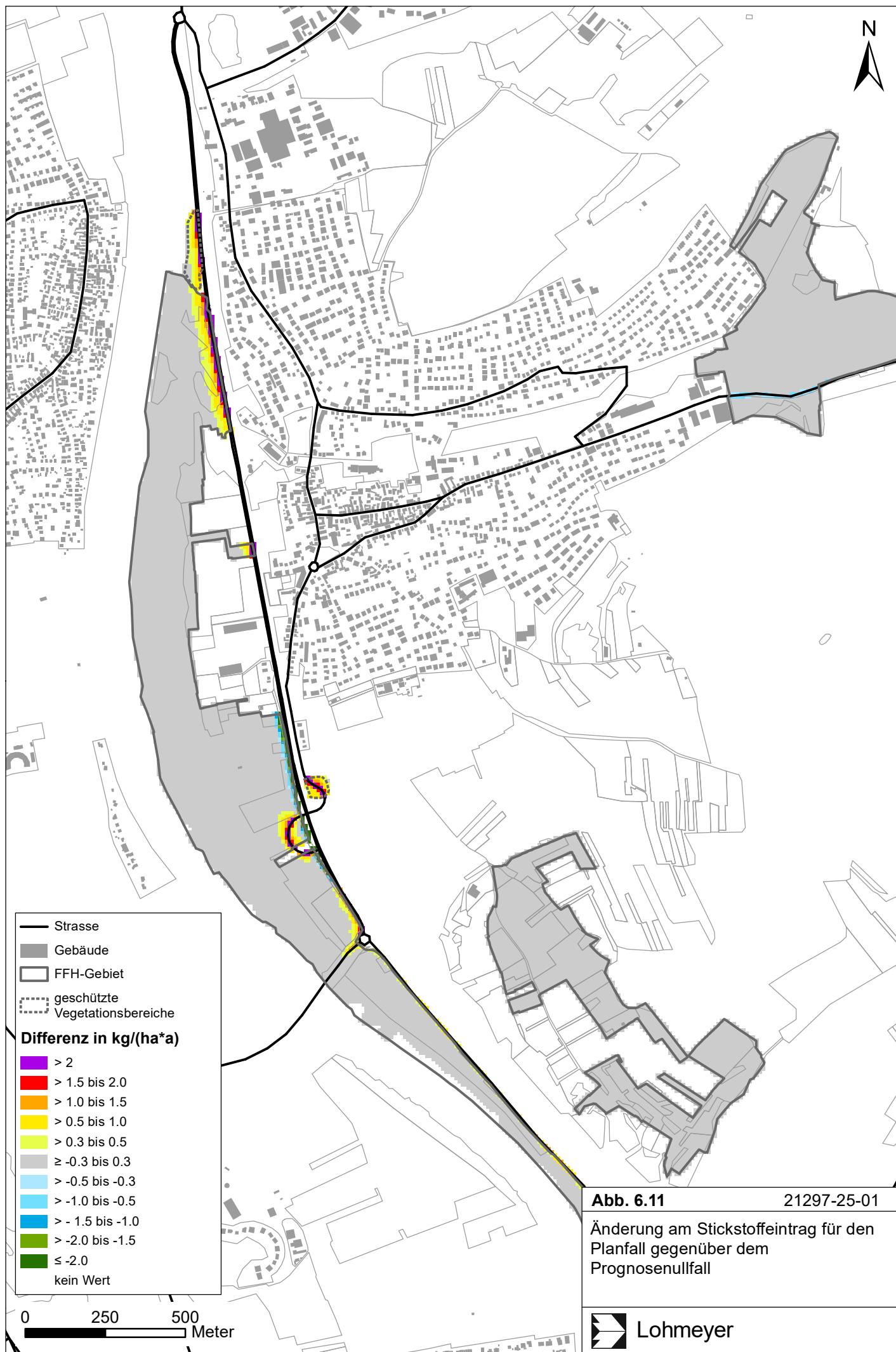
Im Planfall (**Abb. 6.10**) sind entlang den unmittelbar an die geplante Trasse sowie südlich von Sulzbach an die bestehende St 2309 und St 2313 angrenzenden FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen gegenüber dem Prognosenullfall Zunahmen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge prognostiziert. Im Bereich der am südlichen Ortsrand von Sulzbach geplanten Anschlussstelle sind im Planfall bis in eine Entfernung von ca. 70 m zur Zufahrtsrampe verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $5.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ermittelt. In der auf der Ostseite der St 2309 der mit der geplanten Anschlussstelle gequerten geschützten Vegetationsfläche sind im Planfall bis $1.8 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet. Südlich davon sind in den unmittelbar an die bestehende St 2309 angrenzenden FFH-Flächen im Planfall bis in einen Abstand von ca. 60 m westlich der Straße verkehrsbedingte Stickstoffeinträge über $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und vereinzelt bis $10 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ausgewiesen. Ab einem Abstand von ca. 90 m westlich der freien Strecke der St 2309 sind verkehrsbedingte N-Einträge unter $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ermittelt. In den an die St 2313 angrenzenden FFH-Flächen sind bis $6.7 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ berechnet; in den von der St 2313 in Brückenlage überquerten FFH-Flächen sind in Bodennähe geringere Stickstoffeinträge ermittelt.

In den nördlich der geplanten Anschlussstelle auf Höhe des Ortsbereichs von Sulzbach bis unmittelbar an die geplante Trasse der Ortsumfahrung angrenzenden FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen sind im Planfall bis in einen Abstand von ca. 50 m westlich der Fahrbahn verkehrsbedingten N-Depositionen über $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $5.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ prognostiziert.



In der am östlichen Ortsrand von der MIL 11 durchquerten FFH-Teilfläche sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall reduzierte N-Einträge berechnet, die bis in einen Abstand von ca. 50 m beiderseits der Straße zu Werten über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $4.4 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ führen. In den übrigen betrachteten FFH-Flächen sind im Planfall verkehrsbedingte Stickstoffeinträge unter $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ prognostiziert.

Die Änderung der verkehrsbedingten Zusatzbelastung an Stickstoffdeposition im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall ist in **Abb. 6.11** dargestellt. In den an die Trasse der Ortsumfahrung unmittelbar angrenzenden FFH-Flächen und geschützten Vegetationsbereichen sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall bis in einem Abstand von 60 m westlich der Fahrbahn um mehr als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ erhöhte verkehrsbedingte Stickstoffeinträge berechnet. Im Bereich der am südlichen Ortsausgang geplanten Anschlussstelle sind bis in eine Entfernung von ca. 40 m zur Anschlussstellenrampe Zunahmen der Stickstoffeinträge um mehr als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $4 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ermittelt. Südlich davon werden in den auf der Westseite der bestehenden St 2309 angrenzenden FFH-Flächen bis in einen Abstand von ca. 20 m westlich der Straße um mehr als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $2.7 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ erhöhte N-Depositionen berechnet. In der östlich der St 2309 bestehenden geschützten Vegetationsfläche sind im Planfall durch die Querung gegenüber dem Prognosenullfall bis $4.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ erhöhte Stickstoffeinträge prognostiziert. An der St 2313 sind Zunahmen der verkehrsbedingten Stickstoffeinträge um mehr als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $1.5 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ ausgewiesen. In der am östlichen Ortsrand Sulzbach gelegenen und von der MIL 11 durchquerten FFH-Teilfläche sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall im Nahbereich der Straße um mehr als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ und bis $0.7 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ reduzierte N-Einträge berechnet. In den übrigen betrachteten FFH-Flächen sind im Planfall gegenüber dem Prognosenullfall um weniger als $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ veränderte verkehrsbedingte Stickstoffeinträge ermittelt.



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.
- Bachhiesl, M., Narodoslawsky, M., Sturm, P.-J. (2002): Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen. UVP-report 1+2/2002.
- Bächlin, W., Bösing, 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.
- BAST (2013): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope. Bericht zum FE 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Band 1099. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn; Carl Schünemann Verlag, Bremen, 2013.
- Bäumer, D. (2003): Transport und chemische Umwandlung von Luftschadstoffen im Nahbereich von Autobahnen – Numerische Simulationen. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe Nr. 32. Juni 2003.
- 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.
- DB AG (2022): Kursbuch der Deutschen Bahn 2022, 781 Aschaffenburg - Miltenberg - Wertheim (Maintalbahn), Deutsche Bahn AG, www.bahn.de/kursbuch, abgerufen am 05.10.2022.
- De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of 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.
- DIN 1333 (1992): Zahlenangaben. Hrsg.: Normenausschuss Einheiten und Formelgrößen (AEF) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuss Qualitätssicherung und angewandte Statistik (AQS) im DIN. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.

EU-Richtlinie 2024/2881/EG (2024): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2024 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Neufassung). Amtsblatt der Europäischen Union vom 20.11.2024,
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=OJ:L_202402881.

FGSV (2019): Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (H PSE) – Stickstoffleitfaden Straße. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2019.

FGSV (2021): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Ausgabe 2012, Fassung 2020, veröffentlicht 2021.

Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.

Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.
www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.

HLNUG (2013-2025): Lufthygienischer Jahresbericht 2012-2024. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden.

HLNUG (2025): Lufthygienischer Jahreskurzbericht 2024. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden.

Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.

- Janicke, L. (2017): Ausbreitungsmodell LASAT, Referenzbuch zu Version 3.4. Ing.-Büro Dr. Lutz Janicke, Dunum, April 2017.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- 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.
- LAI (2012): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen, LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz, 1. März 2012.
- LfU Bayern (2013-2025): Lufthygienischer Jahresbericht 2012-2024. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO₂-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Lohmeyer (2022): Luftschadstoffgutachten für den Neubau der Ortsumfahrung Sulzbach am Main. Lohmeyer GmbH, Karlsruhe. Projekt 20004-20-01, Dezember 2022. Gutachten im Auftrag von: Krebs+Kiefer Ingenieure GmbH, Darmstadt.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de.
- RLuS (2020): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012, Fassung 2020. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 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., Niemann, H.-J., Brilon, W., Hölscher, N. (1986): Windkanaluntersuchungen über die Ausbreitung von Abgasen an Hochleistungsstraßen. 3. Teilstufe: Parameterstudie. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen vom Institut für Konstruktiven Ingenieurbau und Lehrstuhl für Verkehrswesen I, Ruhr-Universität Bochum.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G. und Lohmeyer, A. (1994): Simulation of nocturnal drainage flows on personal computers. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 3 167-171 (Juli 1994).
- 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).
- Stern, R. und Yamartino, R.J. (2001): Development and first evaluation of micro-calgrid: a 3-D, urban-canopy-scale photochemical mode. Atmospheric Environment 35: S149-S165, ISSN: 13522310.
- TA Luft (1986): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft). In: GMBI., 37, Nr. 7, 28.02.1986, S. 95-143.
- TA Luft (2021): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 18. August 2021 (GMBI. Nr. 48 bis 54, S. 1050), in Kraft getreten am 01.12.2021.
- TREMOT (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMOT“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.
- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

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

VDI 3782 Blatt 5 (2006): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 5. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2006.

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

VDI 3945 Blatt 3 (2020): Umweltmeteorologie. Atmosphärische Ausbreitungsmodelle. Partikelmodell. Richtlinie VDI 3945 Blatt 3. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) - Normenausschuss, Düsseldorf, April 2020.

WHO (2021): WHO global air quality guidelines – particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide – Executive summary. WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, September 2021.

7.2 Materialien und Unterlagen

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

- Lageplan, Stand September 2022
- Digitales Höhendaten der Planung, Stand März 2022
- FFH-Gebietsabgrenzungen und Abgrenzung geschützter Vegetationsbereiche, Stand November 2022
- Verkehrsdaten von Gertz Gutsche Rümenapp GbR (2022)
 - Trendszenario Plots für Luftschadstoffberechnung großräumig, Stand 23.08.2022
 - Trendszenario Plots für Luftschadstoffberechnung Detail Sulzbach, Stand 23.08.2022
 - Variante 1a_neu Plots für Luftschadstoffberechnung großräumig, Stand 23.08.2022
 - Variante 1a_neu Plots für Luftschadstoffberechnung Detail Sulzbach, Stand 23.08.2022
- Verkehrsgutachten: Planfallberechnungen zur Ortsumgehung Sulzbach der St 2309, Aktualisierung der Modellberechnung für die Variante „Südanschluss“ anhand der Straßenverkehrszählung 2022. Gertz Gutsche Rümenapp GbR, Mai 2025
- Verkehrsgutachten: St 2309 OU Sulzbach am Main - Leistungsfähigkeitsprüfung Knotenpunkte, Zusammenstellung der Ergebnisse. T+T Verkehrsmanagement GmbH, Juni 2025
- Schalltechnische Untersuchung zur Prüfung von Vorsorgeansprüchen auf Grundlage der Verkehrslärmschutzverordnung (16. BImSchV). KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Februar 2025

A N H A N G A1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF-
KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 39. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und

Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der 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. In der 39. BImSchV wurden u. a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der seit dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

A1.2 Vorsorgewerte

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

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 umsetzt.

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.

A1.4 Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von 30 µg/m³ im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann. Die Erfassung und Anwendung ist für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind.

A N H A N G A2

BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR

IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2.1 PROKAS / LASAT- Berechnungsverfahren zur Bestimmung verkehrserzeugter Schadstoffbelastungen

Für die Berechnung der Emissionen wird das mathematische Modell PROKAS verwendet, welches das umgebende Straßennetz bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Schadstoffbelastungen durch Ferntransport und andere Quellen (z. B. Industrie) werden durch PROKAS in der Hintergrundbelastung berücksichtigt.

Für die Rechnung wird das gesamte Straßennetz in kurze Linienquellen zerlegt. Mit diesem Aufteilen in Einzelquellen kann auch der Fall berücksichtigt werden, dass sich die Emissionen im Verlauf einer Straße ändern, zum Beispiel bei Geschwindigkeitsbeschränkung auf einem Teil einer Straße. Dann emittieren die Quellen, die dieses Straßenstück repräsentieren, mit einer anderen Quellstärke als die Quellen auf dem Straßenstück ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. Für eine Bestimmung von Kurzzeitwerten ist es notwendig, die mit der Tageszeit veränderliche Verkehrsstärke zu berücksichtigen.

Strömungs- und Ausbreitungsmodellierung

Die Ausbreitung wird mit dem Lagrangeschen Partikelmodell LASAT (Janicke, 2017) simuliert. Das Ausbreitungsmodell LASAT (Beschreibung unten) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der unteren Atmosphäre im mikro- und mesoskaligen Bereich. Es basiert auf einem Lagrange-Modell (Teilchensimulation), bei dem die Dispersion der Stoffteilchen in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird. Für komplexes Gelände ist im meteorologischen Präprozessor ein diagnostisches Windfeldmodell integriert. Dreidimensionale Wind- und Turbulenzfelder, in denen z. B. der Einfluss von Gebäuden oder Unebenheiten des Geländes berücksichtigt sind, können auch explizit vorgegeben werden. Es können beliebig viele Emissionsquellen als Punkt-, Linien-, Flächen-, Raster- oder Volumenquellen definiert werden. Die meteorologischen Parameter der Ausbreitungsrechnung können als Zeitreihe vorgegeben werden. Es wird die über fortlaufende Zeitintervalle gemittelte dreidimensionale Konzentrationsverteilung der emittierten Spurenstoffe und die Massenstromdichte ihrer Deposition am Erdboden berechnet. Liegen die meteorologischen Daten als Zeitreihe über ein Jahr oder als Jahresstatistik vor, können auch Jahresmittelwert und Perzentile

berechnet werden. Im Nahbereich von Quellen kann die Ausbreitungsrechnung mit erhöhter räumlicher Auflösung durchgeführt werden.

Lärmschutzmaßnahmen

Auch der Einfluss von Lärmschutzmaßnahmen endlicher Länge kann entsprechend der Arbeiten von Romberg et al. (1986) für die Bundesanstalt für Straßenwesen berücksichtigt werden. Die Wirkung der Lärmschutzwand wird als Anfangsverdünnung interpretiert, indem der Quellboxhöhe ein Wert σ_{z0} als additiver Term zugeschlagen wird. Das Ausbreitungsmodell ist in der Lage, für jede der Linienquellen einen eigenen Wert für σ_{z0} zu berücksichtigen.

Meteorologie

Bezüglich der Meteorologie wird mit 36 verschiedenen Windrichtungsklassen, 9 verschiedenen Windgeschwindigkeitsklassen und 6 verschiedenen Ausbreitungsklassen gerechnet. Die Ausbreitungsklassen berücksichtigen, dass die Verdünnung der Abgase für eine gegebene Windrichtung und Windgeschwindigkeit auch noch von der Stabilität der Atmosphäre abhängt. So ist z. B. die Verdünnung bei "Inversionswetterlagen" schlechter als bei sonnigen "Normalwetterlagen". Insgesamt werden also $36 \times 9 \times 6 = 1\,944$ Wetterlagen mit den jeweiligen Häufigkeiten berücksichtigt.

Als Rechenergebnis erhält man somit für jeden betrachteten Punkt unterschiedliche Konzentrationswerte mit der zugehörigen Häufigkeit, also der Angabe darüber, wie häufig die jeweiligen Konzentrationen pro Jahr auftreten. Aus diesen Ergebnissen wird dann eine Häufigkeitsverteilung hergestellt und es wird derjenige Wert bestimmt, der z. B. in 98% der Zeit unterschritten wird. Dies ist der gesuchte 98-Perzentilwert der Zusatzbelastung.

Ermittlung der Gesamtbelastung

Die Ermittlung der Immissionskenngrößen für die Gesamtbelastung aus den Kenngrößen für die Hintergrundbelastung und die Zusatzbelastung erfolgt nach dem in der TA Luft (1986) in Anhang D angegebenen Verfahren.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996). Diese Vorgehensweise wurde durch Auswertungen von Messdaten der letzten Jahre bestätigt (Bächlin et al., 2006).

A2.2 Beschreibung des Modells LASAT (Auszug aus dem Handbuch)

LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol-Transport) ist ein Modell zur Berechnung der Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, das in einem Computerprogramm realisiert ist. LASAT ist ein Episodenmodell, d. h. es berechnet den zeitlichen Verlauf der Stoffkonzentration in einem vorgegebenen Rechengebiet.

Bei der Ausbreitungsrechnung wird für eine Gruppe repräsentativer Stoffteilchen der Transport und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert (Lagrange-Simulation).

LASAT ist konform mit der Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 „Partikelmodelle“ (2020) und ist Grundlage des Ausbreitungsmodells AUSTAL der neuen TA Luft (2021), das vom Ing.-Büro Janicke im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellt wurde.

Das Ausbreitungsmodell LASAT berechnet die Ausbreitung passiver Spurenstoffe in der unteren Atmosphäre (bis ca. 2000 m Höhe) im lokalen und regionalen Bereich (bis ca. 150 km Entfernung). Es basiert auf einem Lagrange-Modell (Teilchensimulation), bei dem die Dispersion der Stoffteilchen in der Atmosphäre durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird. Dies ist — seit der Version 2.00 — ein Markov-Prozess für die Orts- und Geschwindigkeitskomponenten eines Simulationsteilchens, der Zeitschritte bis zum Doppelten der Lagrange-Korrelationszeit zulässt.

Es werden folgende physikalische Vorgänge zeitabhängig simuliert:

- • Transport durch den mittleren Wind,
- • Dispersion in der Atmosphäre,
- • Sedimentation schwerer Aerosole,
- • Deposition am Erdboden (trockene Deposition),
- • Auswaschen der Spurenstoffe durch Regen und nasse Deposition,
- • Chemische Umwandlungen erster Ordnung,
- • Gamma-Submersion (Wolkenstrahlung) bei radioaktiven Stoffen.

Eine Abgasfahnenüberhöhung wird parametrisch erfasst. Das Gelände kann eben oder gegliedert sein und Gebäude enthalten, deren Umströmung berücksichtigt wird. In ebenem

Gelände werden die zeitabhängigen meteorologischen Größen durch ein ebenes Grenzschichtmodell beschrieben. Dieses greift auf einfache Parameter zur Charakterisierung der Wettersituation zurück, wie z. B. eine Klassierung nach TA Luft oder KTA, oder es wird direkt über die Monin-Obukhov-Länge und die Mischungsschichthöhe parametrisiert. Darüber hinaus können aber auch Vertikalprofile, wie sie von SODAR-Geräten zur Verfügung gestellt werden, oder Messreihen eines Ultraschall-Anemometers verarbeitet werden.

Für komplexes Gelände ist im meteorologischen Präprozessor ein diagnostisches Windfeldmodell integriert, das für indifferente und stabile Schichtung einsetzbar ist. Das diagnostische Windfeldmodell kann auch die Umströmung von Gebäuden berechnen und dabei die im Lee auftretende Rezirkulation und die erhöhte Turbulenz modellieren. Gebäude dürfen auch in gegliedertem Gelände stehen. Dreidimensionale Wind- und Turbulenzfelder können auch explizit vorgegeben werden. Die Struktur der hierfür benötigten Datendateien ist voll dokumentiert.

Es können beliebig viele Emissionsquellen als Punkt-, Linien-, Flächen-, Raster- oder Volumenquellen definiert werden. Die meisten Parameter der Ausbreitungsrechnung — insbesondere die Quellstärken bzgl. der einzelnen Stoffkomponenten, Quellorte, Umwandlungsraten, Depositionsgeschwindigkeiten — können als Zeitreihe vorgegeben werden.

Es wird die über fortlaufende Zeitintervalle gemittelte dreidimensionale Konzentrationsverteilung der emittierten Spurenstoffe und die Stoffstromdichte ihrer Deposition am Erdboden berechnet. Die Größe des Mittelungsintervalles ist vorgebar.

Die horizontale räumliche Auflösung beträgt typischerweise 1 bis 3% des gesamten Rechengebietes. Für den bei Teilchensimulationen immer auftretenden Stichprobenfehler (er kann durch Erhöhung der Teilchenzahl beliebig verringert werden) wird während der Ausbreitungsrechnung ein Schätzwert berechnet. Diese Schätzung ermöglicht es dem Programm, die Fluktuationen in der berechneten Konzentrationsverteilung ohne systematische Verfälschung zu glätten. Neben der vollen dreidimensionalen Verteilung wird für vorgebbare Monitorpunkte die Zeitreihe von Konzentration und Deposition ausgerechnet.

Liegen die meteorologischen Daten als Zeitreihe über ein Jahr oder als Jahresstatistik vor, können auch Jahresmittelwert und Perzentile berechnet werden. Im Nahbereich von Quellen kann die Ausbreitungsrechnung mit erhöhter räumlicher Auflösung durchgeführt werden. Hierzu werden mehrere Rechennetze ineinander geschachtelt, deren Maschenweite sich von

Netz zu Netz um einen Faktor 2 ändert. Die berechnete Konzentrationsverteilung kann auf jedem der Netze dargestellt werden.

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 Vorbelastung.

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

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

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor gibt Kühlwein (2004) auf der Basis der Ermittlungen des TÜV Rheinland Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen an. 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 Vorbelastung, d. h., dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A3
BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM

A3 BESCHREIBUNG DES KALTLUFTABFLUSSMODELLS KALM

A3.1 Allgemeines

Unter bestimmten meteorologischen Bedingungen können sich nachts über geneigtem Gelände sogenannte Kaltluftabflüsse bilden; dabei fließt in Bodennähe (bzw. bei Wald über dem Kronenraum) gebildete kalte Luft hangabwärts. Die Dicke solcher Kaltluftschichten liegt meist zwischen 1 m und 50 m, in Kaltluftsammelgebieten, in denen sich die Kaltluft staut, kann die Schicht auf über 100 m anwachsen. Die typische Fließgeschwindigkeit der Kaltluft liegt in der Größenordnung von 1 m/s bis 3 m/s. Die folgenden beiden meteorologischen Bedingungen müssen für die Ausbildung von Kaltluftabflüssen erfüllt sein:

- i) wolkenarme Nächte: durch die aufgrund fehlender Wolken reduzierte Gegenstrahlung der Atmosphäre kann die Erdoberfläche kräftig auskühlen
- ii) großräumig windschwache Situation: dadurch kann sich die Tendenz der Kaltluft, an geneigten Flächen abzufließen, gegenüber dem Umgebungswind durchsetzen.

Die Produktionsrate von Kaltluft hängt stark vom Untergrund ab: Freilandflächen weisen beispielsweise hohe Kaltluftproduktion auf, während sich bebaute Gebiete bezüglich der Kaltluftproduktion neutral bis kontraproduktiv (städtische Wärmeinsel) verhalten.

Unter Umweltgesichtspunkten hat Kaltluft eine doppelte Bedeutung: zum einen kann Kaltluft nachts für Belüftung und damit Abkühlung thermisch belasteter Siedlungsgebiete sorgen. Zum anderen sorgt Kaltluft, die aus Reinluftgebieten kommt, für die nächtliche Belüftung schadstoffbelasteter Siedlungsräume. Kaltluft kann aber auch auf ihrem Weg Luftbeimengungen (Autoabgase, Geruchsstoffe etc.) aufnehmen und transportieren. Nimmt sie zu viele Schadstoffe auf, kann ihr Zufluss von Schaden sein. Vom Standpunkt der Regional- und Stadtplanung her ist es daher von großer Bedeutung, eventuelle Kaltluftabflüsse in einem Gebiet qualitativ und auch quantitativ bestimmen zu können. Als Hilfsmittel dazu ist das im Folgenden beschriebene Modell erstellt worden.

A3.2 Modellbeschreibung

Das Modell verwendet die sogenannten Flachwassergleichungen, eine vereinfachte (vertikal integrierte) Form der Grundgleichungen der Strömungsmechanik. Durch diese Vereinfachung ist es möglich, das Modell mit relativ geringem Rechenzeit- und Speicherbedarf auch auf Personal Computern zu betreiben.

Die Bezeichnung "Flachwassergleichungen" hat sich eingebürgert; die Gleichungen eignen sich jedoch genauso zur Beschreibung der Strömung jedes relativ zur Umgebung schweren Fluids, z. B. von Wasser oder von kalter Luft. Eine solche Strömung hat folgende Charakteristika:

- Abfluss über geneigtem Gelände entsprechend der Hangneigung
- Weiterbewegen der "Kaltluftfront" auch über ebenem Gelände
- Auffüllen von Becken (Kaltluftseen)
- Einfluss der Schichtdicke auf Strömungsrichtung und -geschwindigkeit (Druckgradienten).

Angetrieben wird die Strömung durch die auftriebskorrigierte Erdbeschleunigung. Innerhalb der Flachwassergleichungen werden folgende Einflüsse auf die Strömung berücksichtigt:

- Advektion (Transport der Kaltluft mit der Strömung)
- Reibung zwischen Erdoberfläche und Luft: diese Reibung variiert mit der Landnutzung (Freiland: niedrige Reibung, Siedlung: hohe Reibung)
- Beschleunigung oder Abbremsen der Strömung durch Änderung der Geländehöhe und/oder der Kaltluftschichtdicke
- von der Landnutzung abhängige Nullpunktsverschiebung des Geländeniveaus zusätzlich zur topographischen Geländehöhe
- von der Landnutzung abhängige Kaltluftproduktion.

Das Lösungsverfahren ist ein Differenzenverfahren mit variabler Gitterpunktzahl und Gitterweite, d. h. Topografie und Landnutzung müssen an den einzelnen Gitterpunkten digitalisiert vorliegen; es wird ein versetztes Gitter verwendet. Um großskalige Einflüsse (z. B. Flusstäler) bei gleichzeitiger hoher Auflösung im interessierenden Gebiet zu berücksichtigen, kann das Modell auf einem geschachtelten Gitter ("Nesting") betrieben werden.

Falls keine Kaltluftseebildung auftritt, wird die Rechnung nach etwa 1 h simulierter Zeit stationär, d. h. die berechneten Werte ändern sich dann nicht mehr signifikant. Im allgemeinen Fall ist es sinnvoll, etwa 3 h bis 6 h zu simulieren; dies entspricht den Verhältnissen in der Natur.

A3.3 Eingabedaten und Ergebnisse des Modells

Vorausgesetzt wird die für Kaltluftabflüsse optimale Situation, d. h. eine klare und windstille Nacht. Das Modell berechnet die zeitliche Entwicklung der Kaltluftströmung, ausgehend vom Ruhezustand (keine Strömung) bei gegebener zeitlich konstanter Kaltluftproduktionsrate. Diese, ebenso wie die Reibungskoeffizienten, werden über die Art der Landnutzung gesteuert. Zur Zeit werden 8 Landnutzungsklassen berücksichtigt: dichte Bebauung, lockere Bebauung, gewerbliche Nutzungen, Wald, Freiland, Wasser, Gleisanlagen und Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze). Für die Kaltluftproduktionsraten, Reibungskoeffizienten und Nullpunktsverschiebungen sind Standardwerte vorgesehen, welche aber bei Bedarf geändert werden können. Die Kaltluftproduktionsrate von Wald wird in Abhängigkeit von der lokalen Hangneigung variiert. Weiterhin benötigt das Modell die Topografie in digitalisierter Form. Die Skala des Modells ist beliebig (i. a. etwa 10 km x 10 km) und entspricht der Mesoskala, die Auflösung liegt zwischen wenigen Dekametern bis einigen Hektometern.

Berechnet wird die Dicke der Kaltluftschicht sowie die beiden horizontalen Geschwindigkeitskomponenten (West-Ost und Süd-Nord), gemittelt über die Dicke der Kaltluftschicht. Aus diesen Größen kann dann auch der Kaltluftvolumenstrom berechnet werden.

Zur Weiterverarbeitung der Modellergebnisse stehen Postprozessoren u. a. zur graphischen Darstellung der berechneten Felder (Vektor- und Rasterdarstellung), zur Berechnung und Darstellung von Kaltluftvolumenströmen durch wählbare Schichten, zur Visualisierung der Strömung durch Vorwärts- und Rückwärtstrajektorien und zur Darstellung von Zeitreihen an ausgewählten Punkten zur Verfügung.

Durch Kopplung der von KALM berechneten Windfelder mit Eulerschen oder Lagrangeschen Ausbreitungsmodellen, wie z. B. LASAT, kann die Schadstoffausbreitung in Kaltluftabflüssen berechnet und z. B. in Immissionsstatistiken eingearbeitet werden.

A N H A N G A4
ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATION

A4 ERGEBNISSE DER KALTLUFTSIMULATIONEN

Im Zusammenhang mit den Ausbreitungsberechnungen für den geplanten Neubau der Ortsumfahrung von Sulzbach sind die Einflüsse der lokalen thermisch induzierten Winde, die Kaltluftströmungen, zu berücksichtigen. Nächtliche Kaltluftströmungen bilden sich an sogenannten windarmen und wolkenarmen Strahlungstagen in Gebieten mit unterschiedlichen Geländehöhen. Die flächenhafte Erfassung und Darstellung der Kaltluftströmungen werden mit dem dafür geeigneten Kaltluftabflussmodell KALM (Schädler, Lohmeyer, 1994) durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber digital zur Verfügung gestellten Daten der Geländehöhen und der Landnutzungen wurde ein digitales Geländemodell mit Landnutzung erstellt. Damit werden Kaltluftsimulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KALM durchgeführt. Das Untersuchungsgebiet bzw. Rechengebiet umfasst ein Rechteck, in dem das Plangebiet enthalten ist.

Aufgrund der Lage des Betrachtungsgebietes im Bereich der Untermainebene des Rhein-Main-Tieflandes mit den östlich angrenzenden Höhenzügen des Spessarts führen dort die örtlichen Gegebenheiten zur Ausbildung von lokalen Windströmungen, den Kaltluftabflüssen. Unmittelbar östlich der St 2309 steigt das Gelände um ca. 80 Höhenmeter an. Dort finden sich neben den Geländeeinschnitten des Sulzbachs weitere Geländeeinschnitte, die lenkende Funktionen für Winde haben. Südlich von Sulzbach verengt sich das Maintal. Dabei steigt das Gelände westlich des Maintals bis auf ca. 460 m und östlich des Maintals bis auf ca. 350 m an. Dort befinden sich ebenfalls mehrere Geländeeinschnitte mit Wind lenkender Funktion.

Diese örtlichen Gegebenheiten prägen die lokalklimatischen Verhältnisse und Kaltluftströmungen. Damit die Modellierung der Kaltluftströmungen die örtlichen Verhältnisse zufriedenstellend berücksichtigen kann, wird die Modellierung für ein Gebiet von 143 km² durchgeführt. Das Gebiet erstreckt sich in westöstlicher Richtung 13 km und in nordsüdlicher Richtung 11 km. Dieses Gebiet wurde mit einem Raster der Maschenweite von 20 m x 20 m berücksichtigt. **Abb. A4.1** zeigt den Lageplan des Untersuchungsgebietes für die Kaltluftsimulationen. Die digitalen Gelände- und Landnutzungsdaten wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt und mit CORINE-Daten ergänzt. Im Planfall wurden zudem vorliegende Höheninformationen über geplante Dammschüttungen entlang der geplanten Trasse der Ortsumfahrung in den Gelände- und Landnutzungsdaten berücksichtigt.

Landnutzung

- lockere Bebauung
- Gewerbe
- dichte Bebauung
- Freiland
- Verkehr
- Wald
- Wasser
- FFH-Gebiet
- Straße

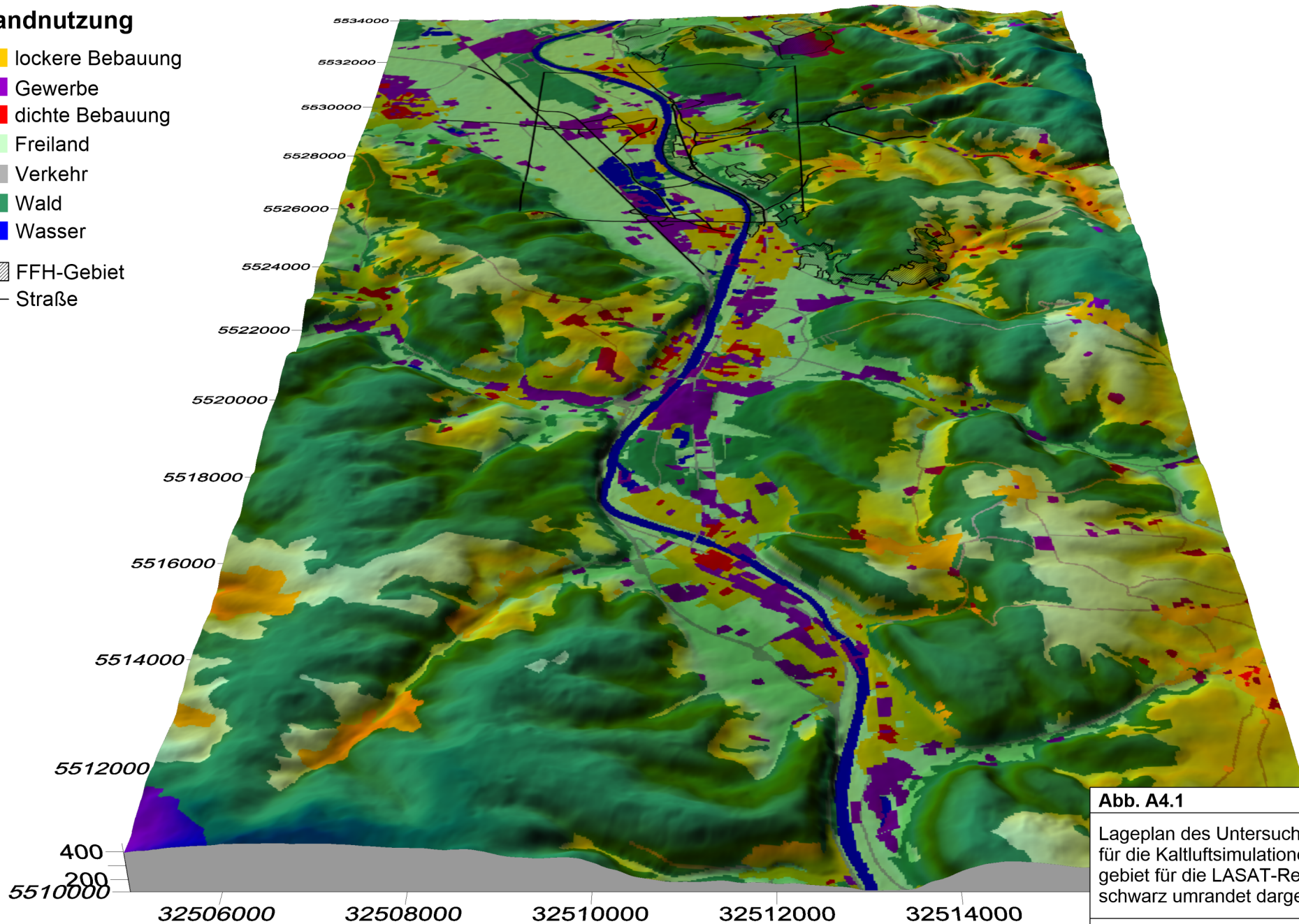


Abb. A4.1

21297-25-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes für die Kaltluftsimulationen. Das Detailgebiet für die LASAT-Rechnungen ist schwarz umrandet dargestellt.



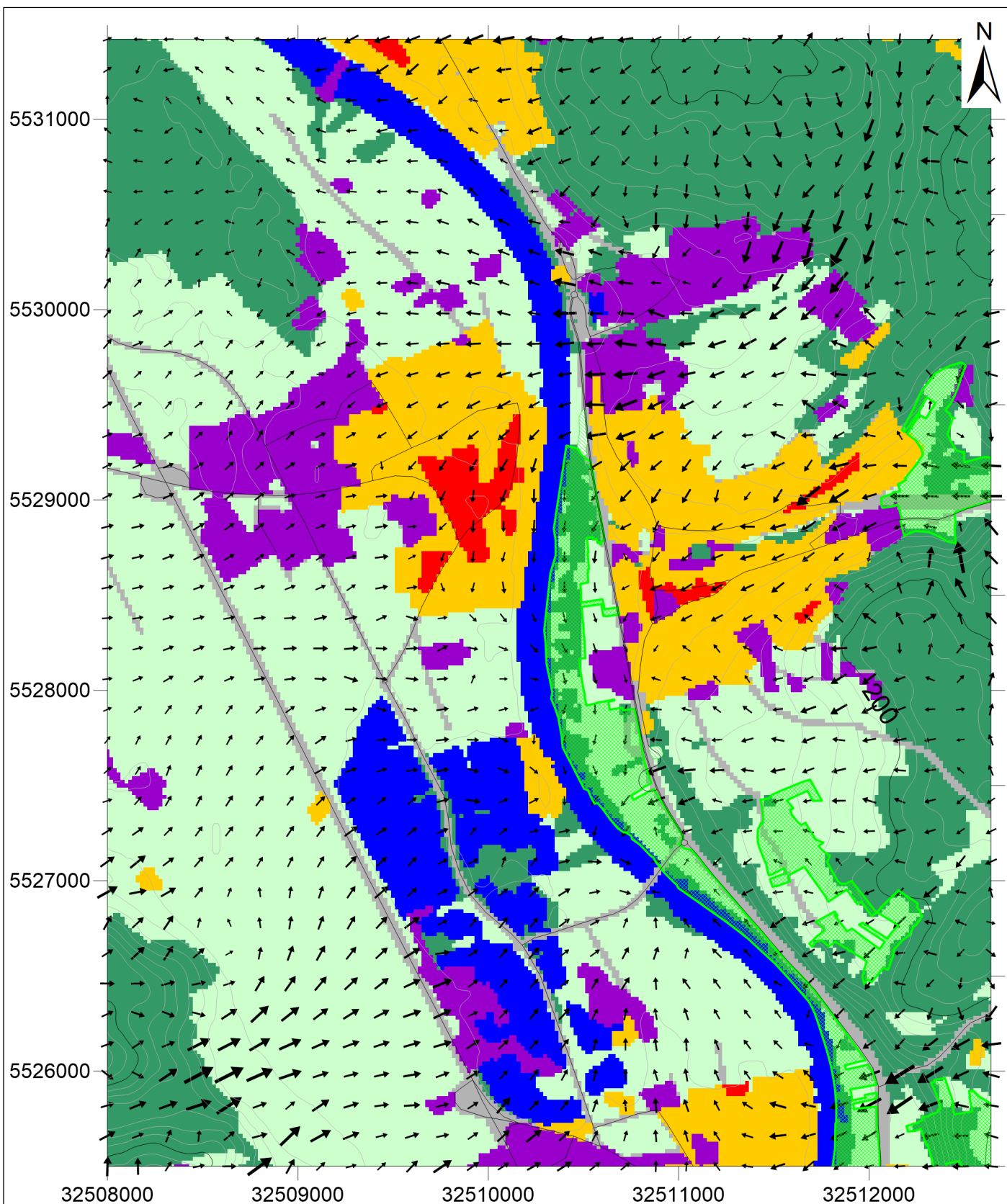
Lohmeyer

Die Ergebnisse der Kaltluftberechnungen beinhalten die Richtung und Geschwindigkeit des Kaltluftstroms, die Mächtigkeit der Kaltluft und die Kaltluftvolumenstromdichte. Die Kaltluftvolumenstromdichte beschreibt die Kaltluftmenge in m^3 , die pro Sekunde durch einen 1 m breiten Streifen zwischen der Erdoberfläche und der Oberkante der Schichtdicke, die senkrecht zur Strömung steht, fließt; die Einheit ist $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$ bzw. m^2/s . Falls die Volumenstromdichte über einen Querschnitt konstant ist, lässt sich der Volumenstrom direkt und einfach als Volumenstromdichte mal Länge der Grundlinie dieser Fläche berechnen.

Im betrachteten Untersuchungsgebiet dominiert als Landnutzung neben bebautem Gebiet und Gewerbeflächen vegetationsbestandenes Freiland bestehend aus Wald, Ackerflächen, Grünlandflächen etc., sodass eine intensive Kaltluftentstehung bei den entsprechenden Wetterlagen stattfindet. Zur Orientierung sind in den Ergebnisabbildungen die Ortschaften, Waldgebiete, Hauptverkehrsstraßen und die mit grober Auflösung eingezeichneten Höhenlinien des digitalen Höhenmodells dargestellt. Kleinere Einschnitte oder Aufschüttungen werden nicht dargestellt, sind aber im digitalen Geländemodell enthalten. Die Ergebnisdarstellungen werden für das Untersuchungsgebiet im Bereich von Sulzbach am Main grafisch aufgezeigt.

Die **Abb. A4.2** zeigt die Geschwindigkeit und Richtung der Kaltluftströmung in der Anfangsphase der Kaltluftbildungen für den Planfall im Bereich um Sulzbach am Main. Dargestellt ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der bodennahen Kaltluftschicht. In der Anfangsphase der Kaltluftbildung dominieren Hangabwinde, die entsprechend der größten Hangneigung in die Täler strömen, um dann der Geländeneigung folgend weiter zu fließen. Dabei treten im Bereich des Untersuchungsgebietes Strömungsgeschwindigkeiten überwiegend bis 2 m/s und vereinzelt bis 3 m/s auf.

Die **Abb. A4.3** zeigt die flächenhafte Darstellung der Kaltluftmächtigkeit und der Kaltluftvolumenstromdichte für die Anfangsphase der Kaltluftbildung. In der Anfangsphase beginnt die Kaltluft sich in den am tiefsten gelegenen Talbereichen zu sammeln, dort treten auch die höchsten Kaltluftvolumenstromdichten auf. In den Hangbereichen, in denen entsprechend **Abb. A4.2** die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, sind die Volumenstromdichten sehr gering, da dort die Kaltluftflüsse in der Anfangsphase der Kaltluftbildung eine geringe Mächtigkeit aufweisen.



Landnutzung

- lockere Bebauung
- Gewerbe
- dichte Bebauung
- Freiland
- Verkehr
- Wald
- Wasser
- FFH-Gebiet
- Straße

Kaltluftströmungs- geschwindigkeit

- 3 m/s
- 2 m/s
- 1 m/s

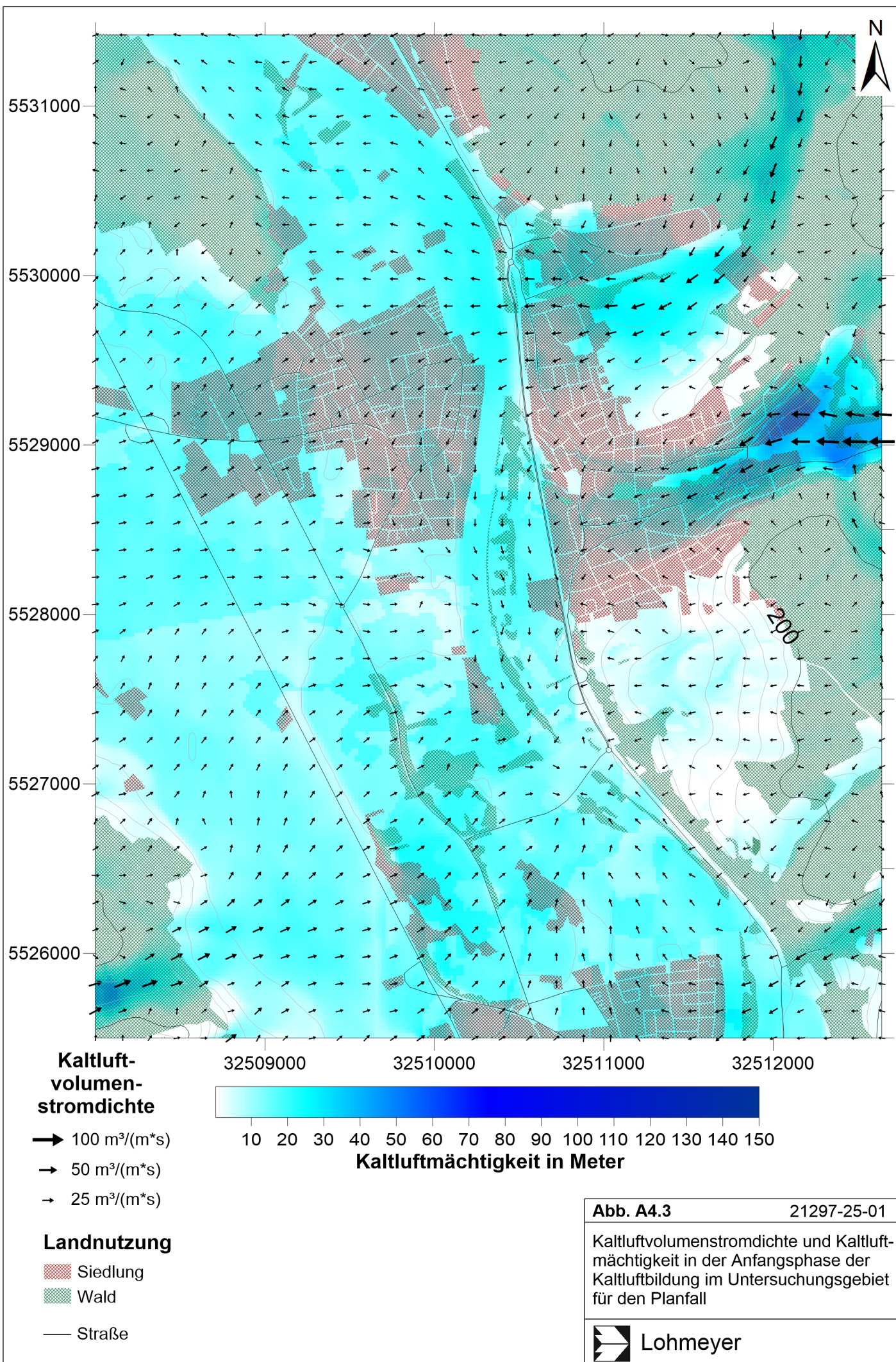
Abb. A4.2

21297-25-01

Kaltluftströmungsgeschwindigkeit in der Anfangsphase der Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Planfall

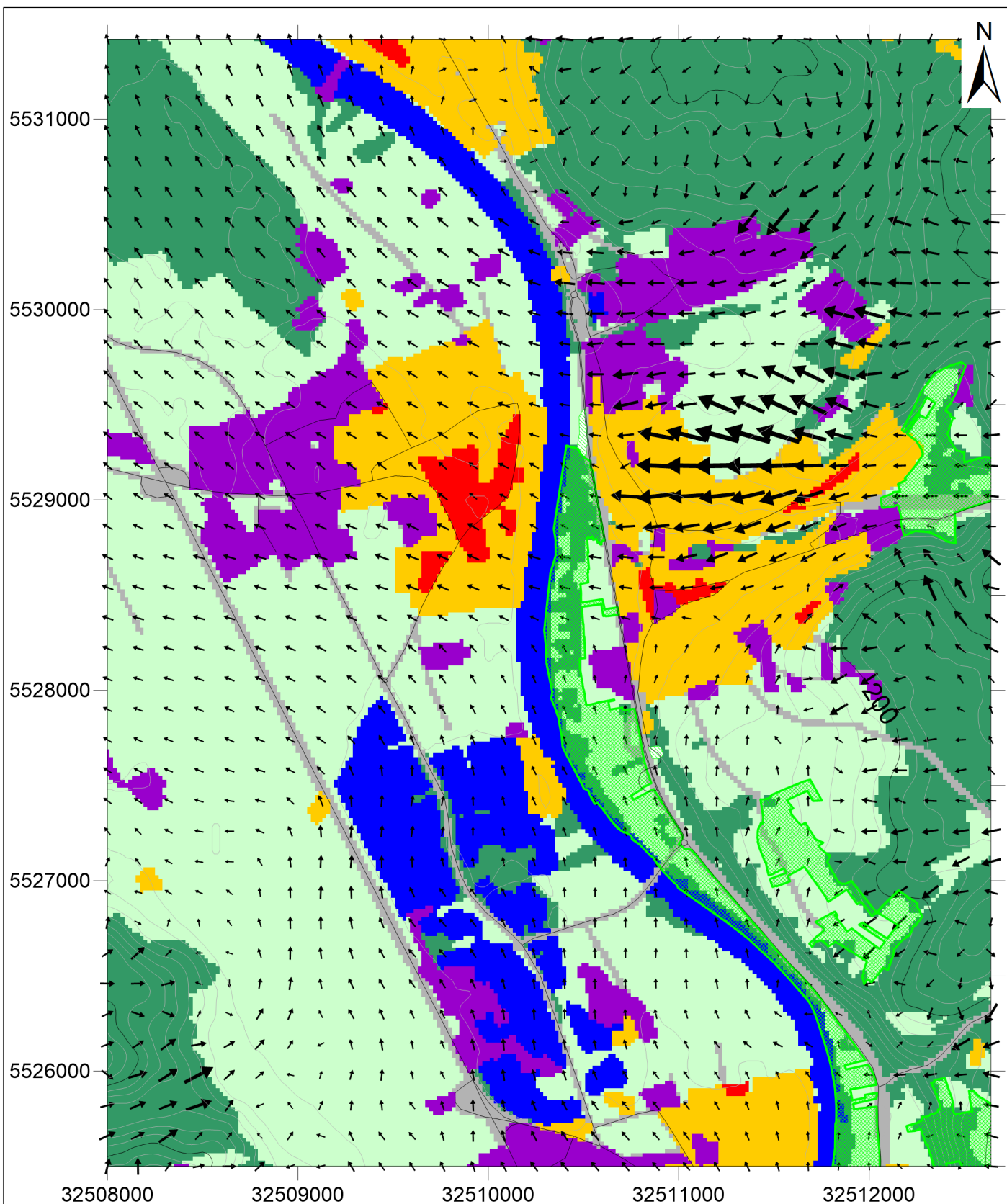


Lohmeyer



Die **Abb. A4.4** zeigt die Geschwindigkeit und Richtung der Kaltluftströmung bei ausgeprägten Kaltluftbildungen für den Planfall im Bereich um Sulzbach am Main. Dargestellt ist die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der bodennahen Kaltluftschicht. Bei ausgeprägter Kaltluftbildung treten die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich der Anhöhen und Hangbereiche östlich von Sulzbach auf mit Geschwindigkeiten über 2 m/s und bis 4 m/s. In den tiefer gelegenen Geländebereichen sind geringere Strömungsgeschwindigkeiten modelliert.

Dies wird in **Abb. A4.5** durch die flächenhaften Darstellungen der Kaltluftmächtigkeit und der Kaltluftvolumenstromdichte bei ausgeprägter Kaltluftbildung verdeutlicht. Im Bereich des Maintals sowie den angrenzenden Taleinschnitten sammelt sich die Kaltluft intensiv mit Mächtigkeiten von mehreren Dekametern und über- und durchströmt auch die darin gelegenen Siedlungsbereiche von Sulzbach. Im Bereich der Anhöhen und Hangbereiche östlich der St 2309, in denen entsprechend **Abb. A4.4** die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, sind die Volumenstromdichten geringer, da dort die Kaltluftflüsse eine geringere Mächtigkeit aufweisen.



Landnutzung

- lockere Bebauung
- Gewerbe
- dichte Bebauung
- Freiland
- Verkehr
- Wald
- Wasser
- FFH-Gebiet
- Straße

Kaltluftströmungs- geschwindigkeit

- 3 m/s
- 2 m/s
- 1 m/s

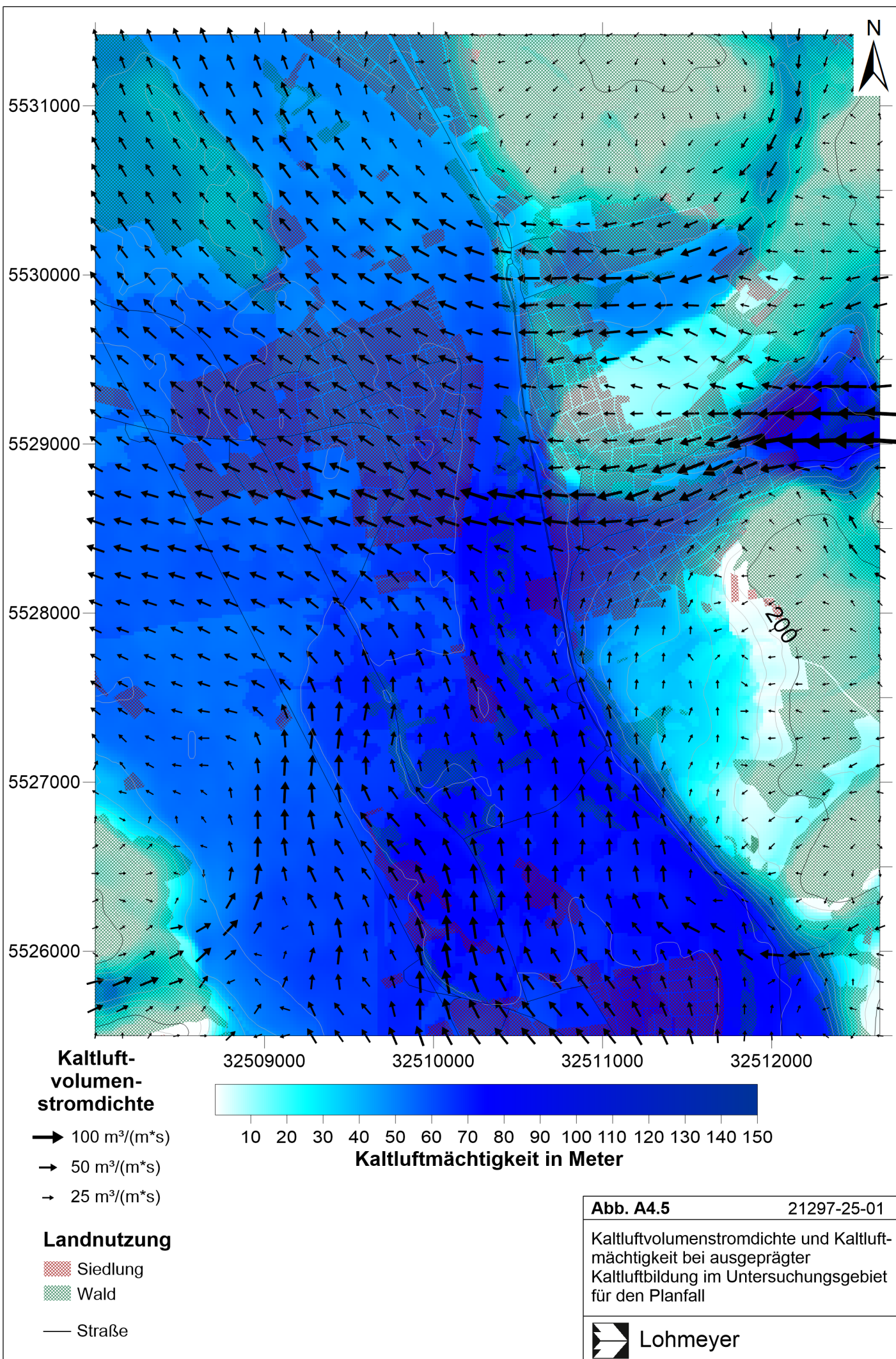
Abb. A4.4

21297-25-01

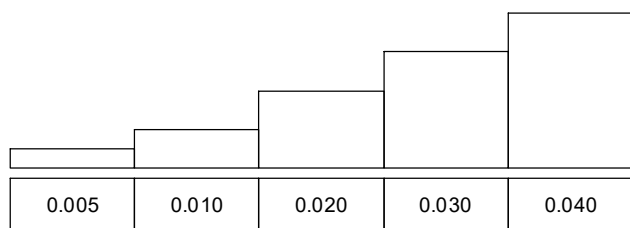
Kaltluftströmungsgeschwindigkeit bei ausgeprägter Kaltluftbildung mit Landnutzung im Untersuchungsgebiet für den Planfall



Lohmeyer



A N H A N G A5
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE
FÜR DAS BEZUGSJAHR 2028



Emission in $\text{mg}/(\text{m} \cdot \text{s})$

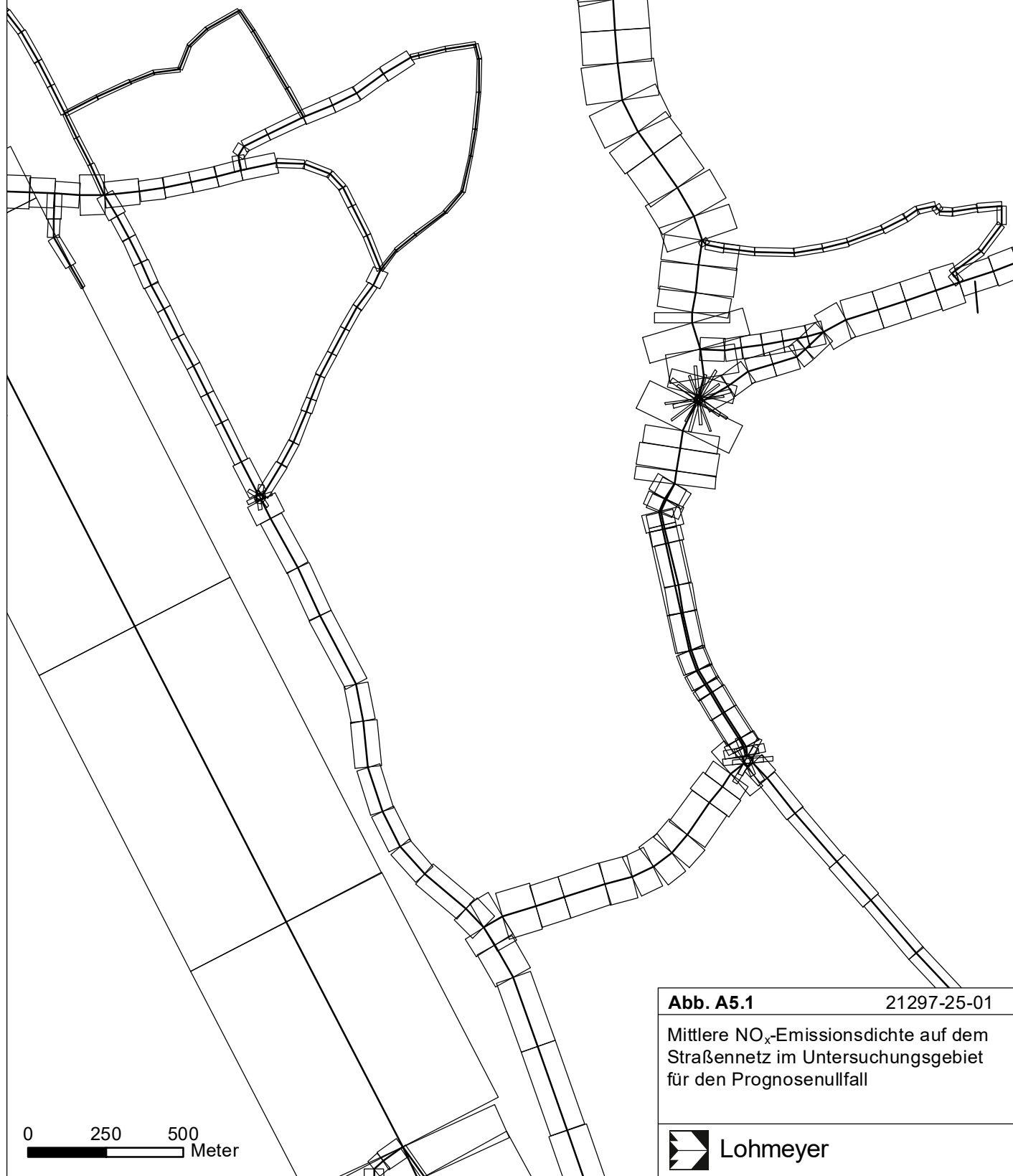


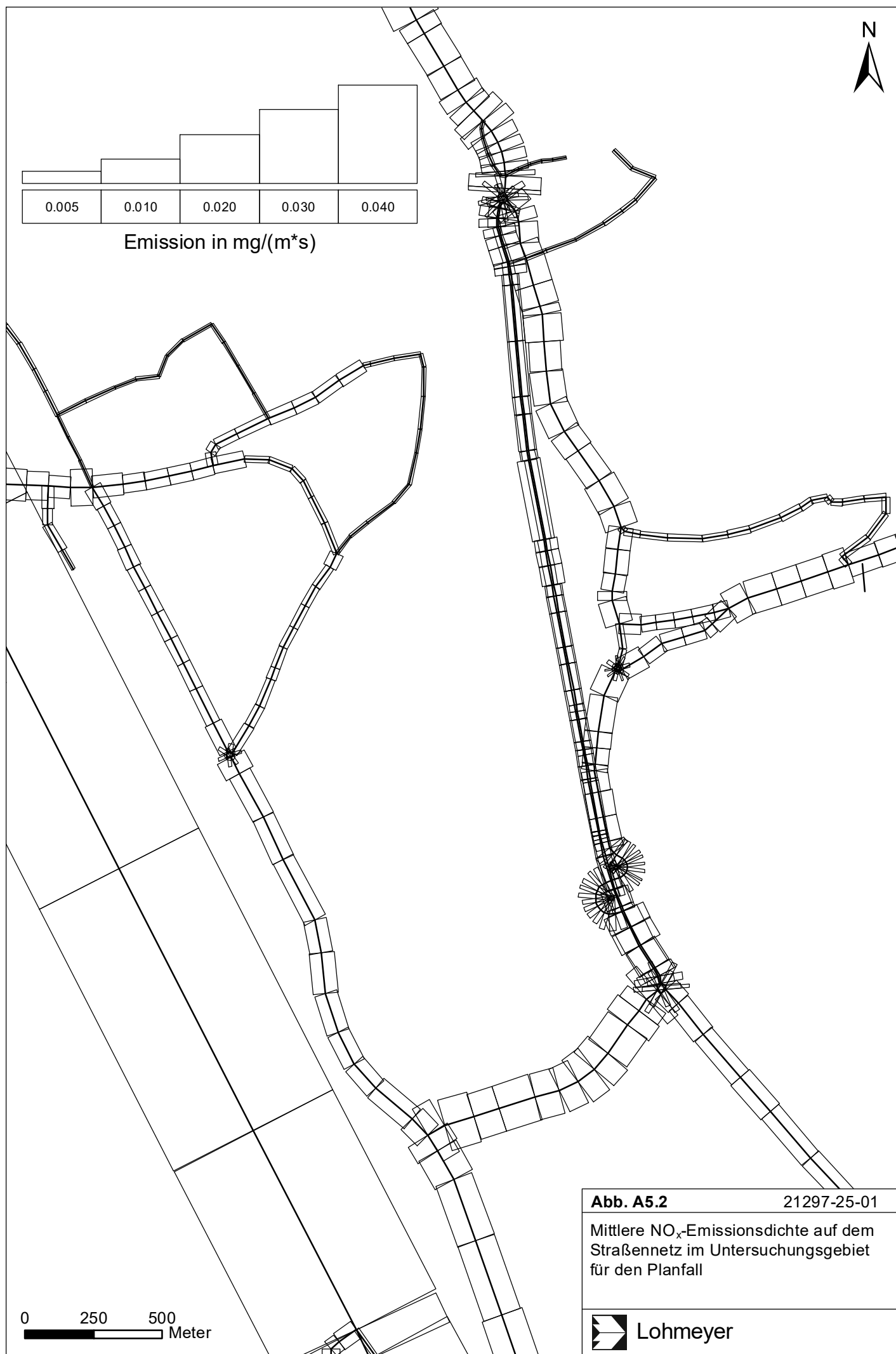
Abb. A5.1

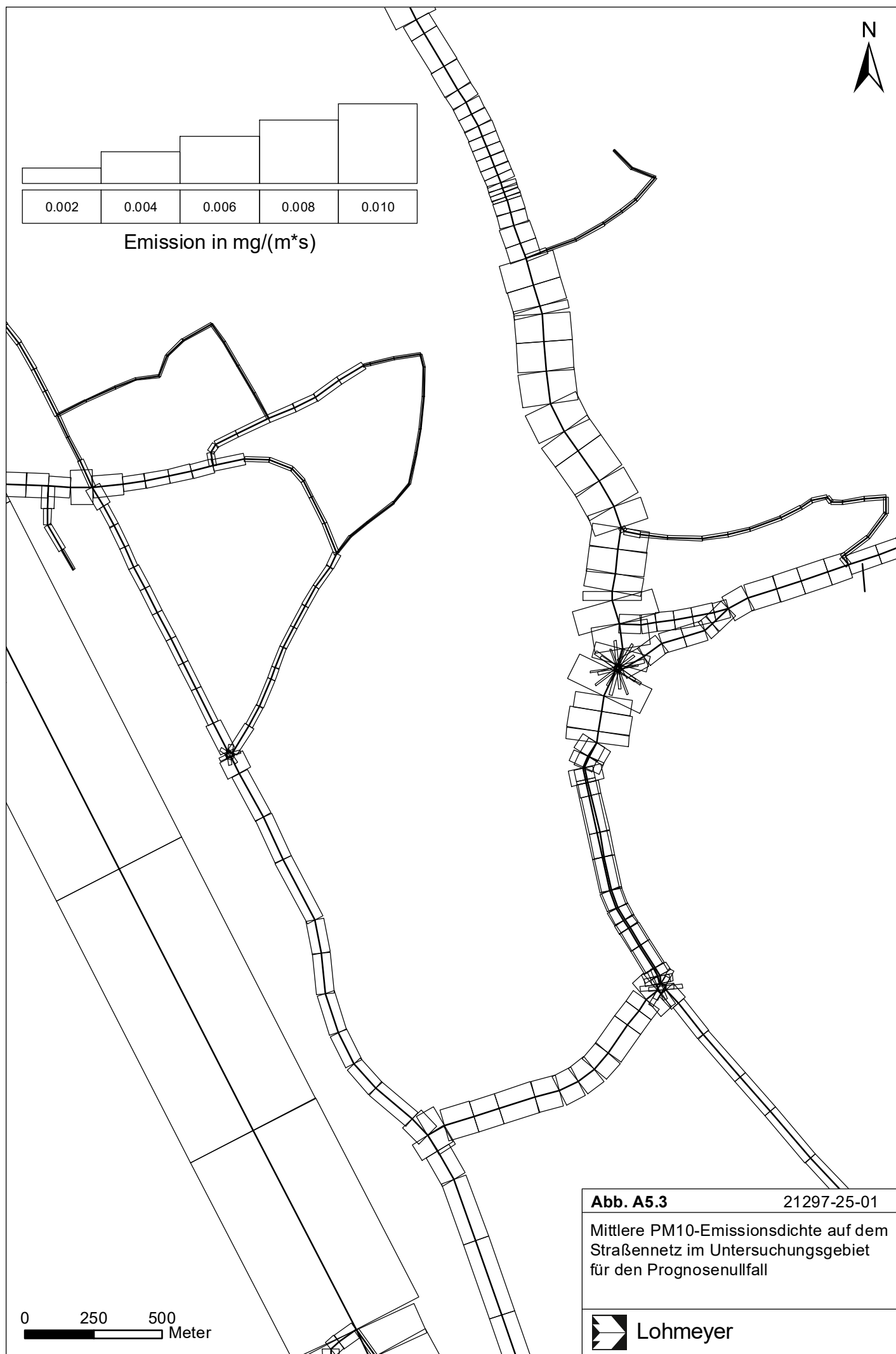
21297-25-01

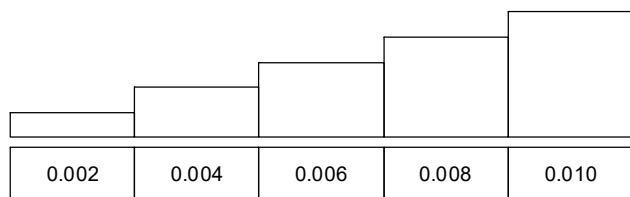
Mittlere NO_x -Emissionsdichte auf dem
Straßennetz im Untersuchungsgebiet
für den Prognosenullfall



Lohmeyer







Emission in $\text{mg}/(\text{m} \cdot \text{s})$

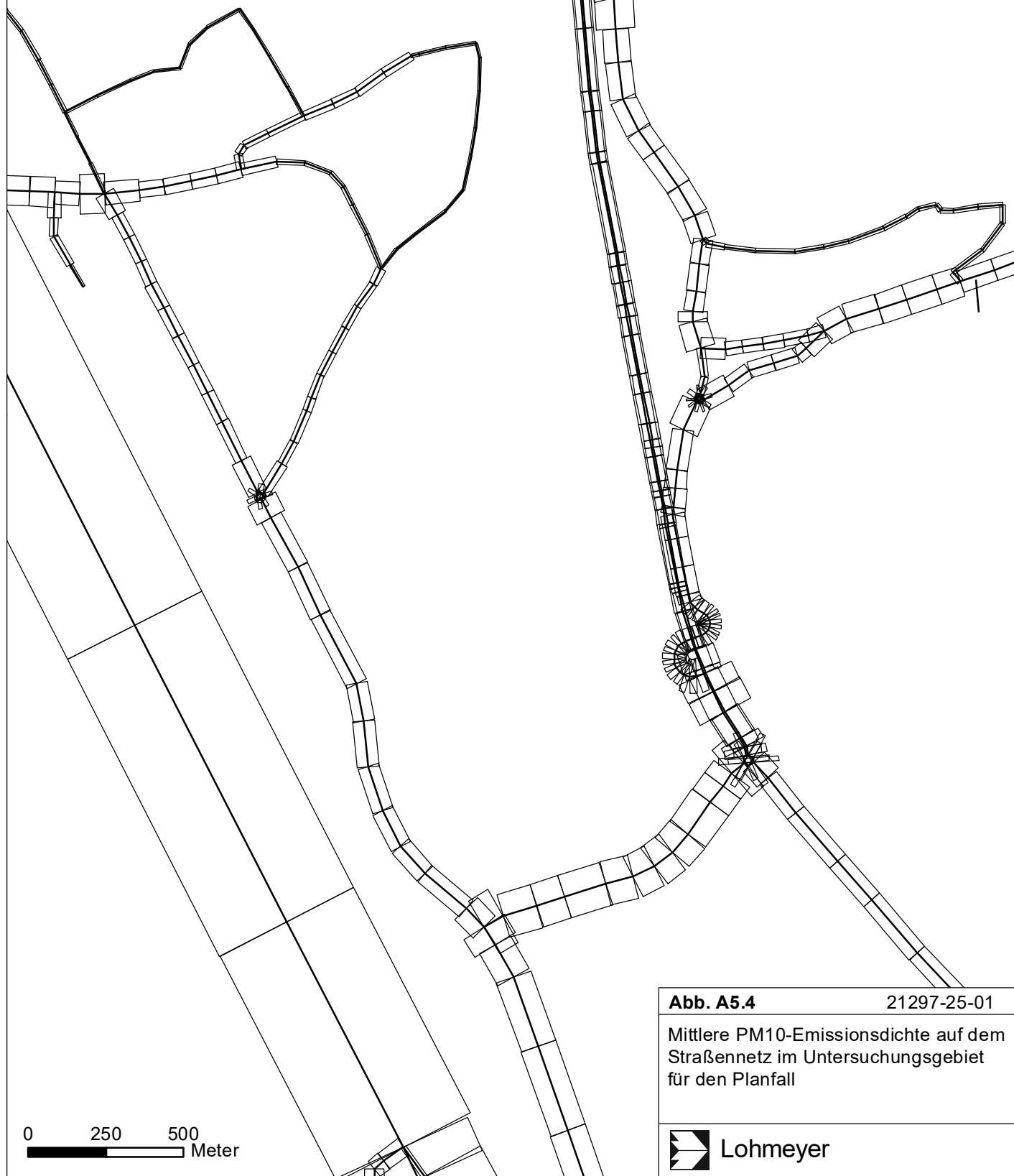


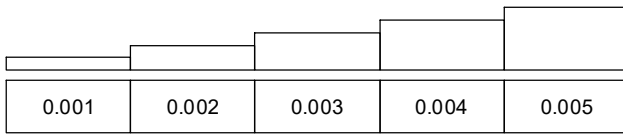
Abb. A5.4

21297-25-01

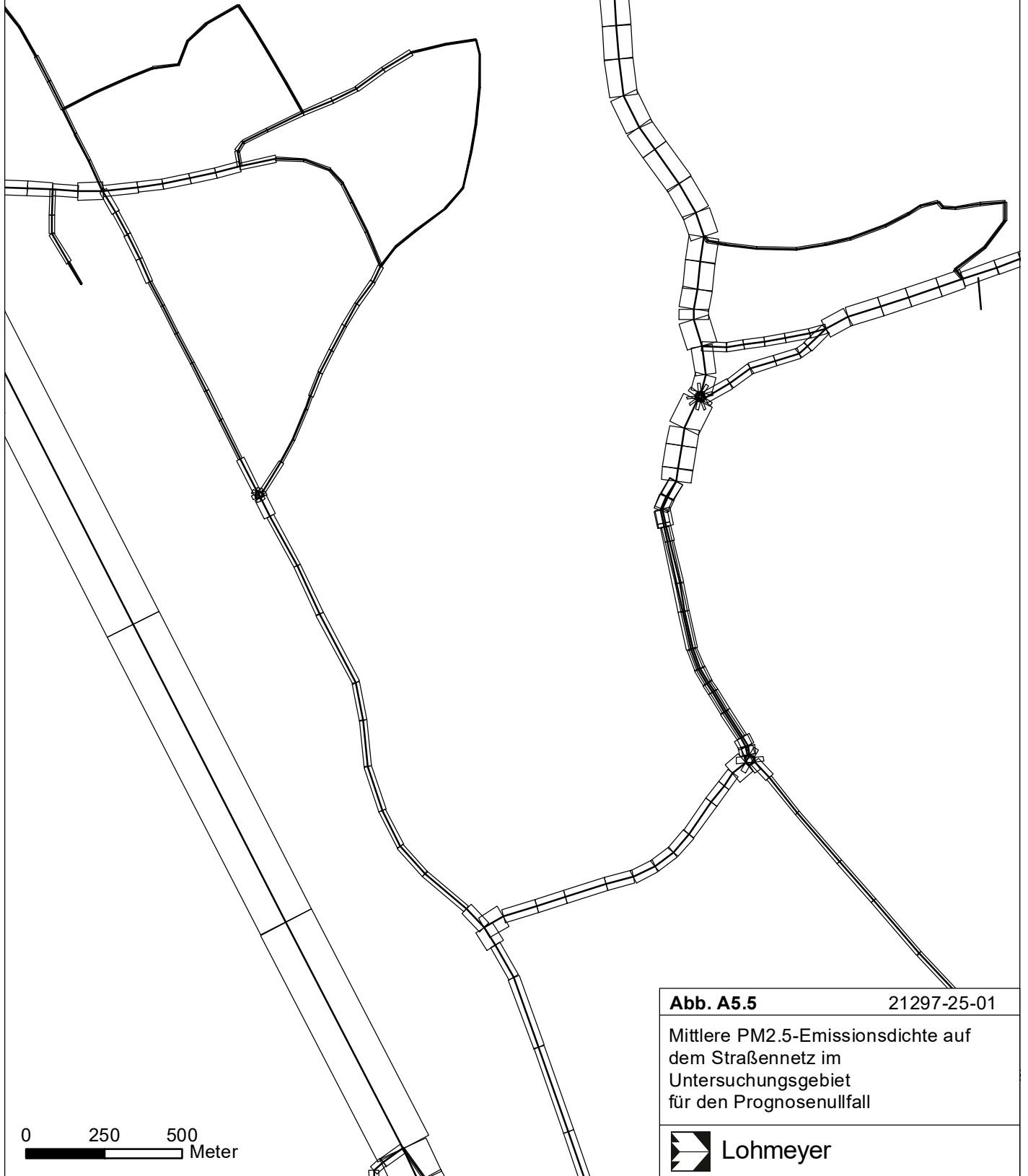
Mittlere PM₁₀-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall



Lohmeyer



Emission in $\text{mg}/(\text{m} \cdot \text{s})$



0 250 500
Meter

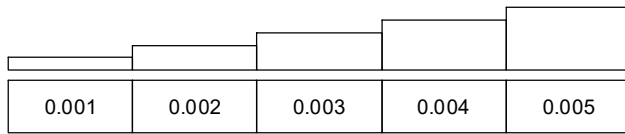
Abb. A5.5

21297-25-01

Mittlere PM_{2.5}-Emissionsdichte auf
dem Straßennetz im
Untersuchungsgebiet
für den Prognosenullfall



Lohmeyer



Emission in $\text{mg}/(\text{m} \cdot \text{s})$

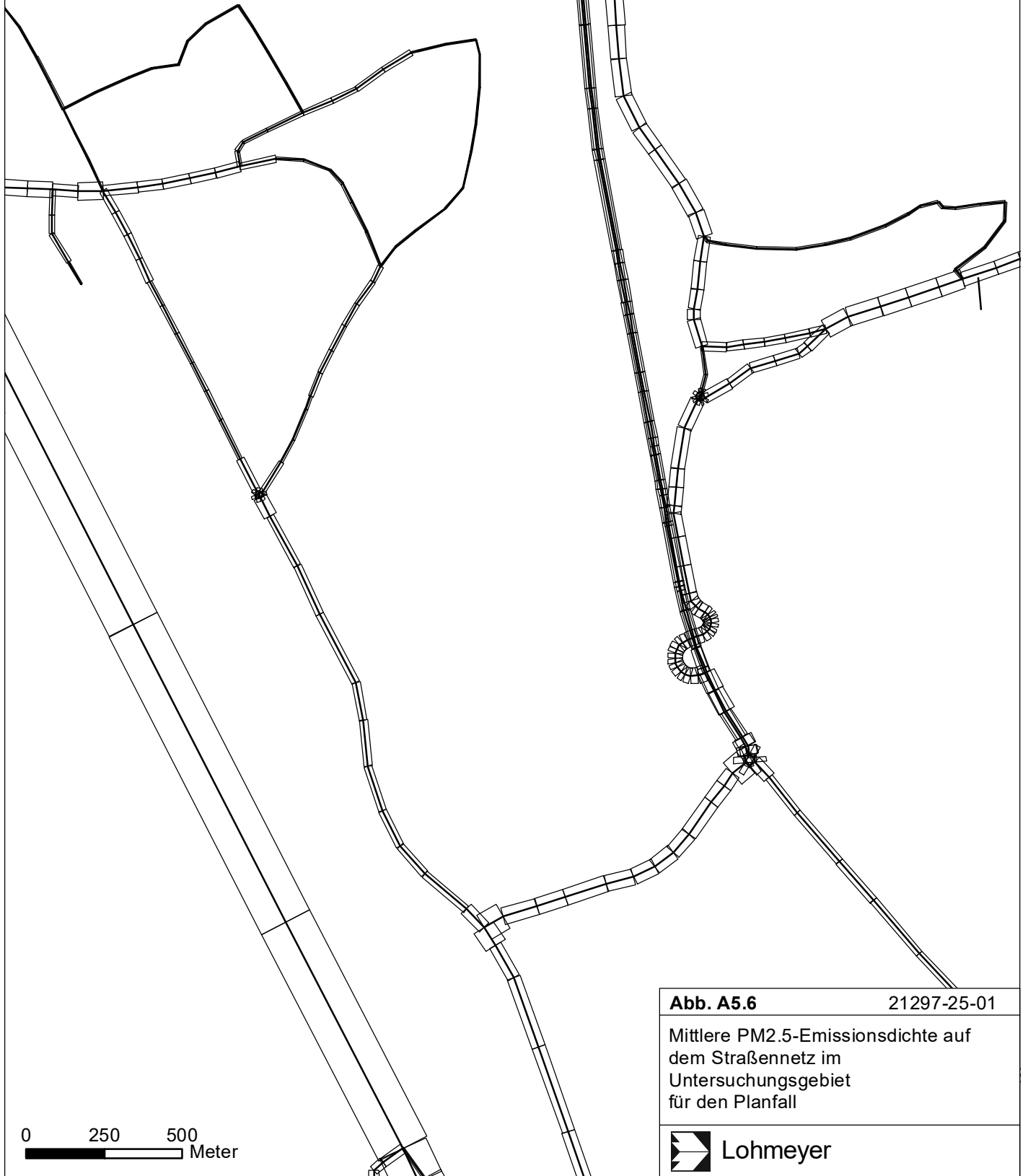


Abb. A5.6

21297-25-01

Mittlere PM_{2.5}-Emissionsdichte auf
dem Straßennetz im
Untersuchungsgebiet
für den Planfall



Lohmeyer