

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

**NEUBEBAUUNGEN IM BEREICH DES
AREALS DER KREISSPARKASSE
BÖBLINGEN IN LEONBERG
- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber: Stadtverwaltung Leonberg
Stadtplanungsamt
Abteilung Stadtentwicklung und
Umweltplanung
Belforter Platz 1
71229 Leonberg

Dr. rer. nat. B. Brecht
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. Th. Flassak

Januar 2020
Projekt 63905-19-01
Berichtsumfang 63 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE	8
3.1 Betrachtete Schadstoffe	8
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	8
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	9
3.4 Berechnungsverfahren MISKAM	11
4 EINGANGSDATEN	13
4.1 Lageplan.....	13
4.2 Verkehrsdaten	17
4.3 Meteorologische Daten	18
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	21
5 EMISSIONEN	24
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	24
6 ERGEBNISSE	30
6.1 Stickstoffdioxid.....	30
6.2 Feinstaub (PM10)	38
7 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN	44
7.1 Planvariante 3.....	44
7.1.1 Stickstoffdioxid	44
7.1.2 Feinstaub (PM10).....	47
8 LITERATUR	49
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	53

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG	57
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	60

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG 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 zum Beispiel Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV). 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 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 beziehungsweise 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 wird. 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 beziehungsweise PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen grö ßenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ beziehungsweise $2.5 \mu\text{m}$ 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.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Leonberg sind auf dem Gelände des Kreissparkassen-Areals im Bereich der Grabenstraße und Stuttgarter Straße Neubebauungen geplant. Neben dem Neubau des Sparkassengebäudes sind vier Wohngebäude für insgesamt etwa 70 Wohneinheiten vorgesehen; dabei sind zwei Varianten zu betrachten, d. h. mit und ohne 5. Staffelgeschoss für drei der vier geplanten Wohnbebauungen. Sowohl für die Kreissparkasse als auch für die Wohnbebauungen sind Parkmöglichkeiten in Form von Tiefgaragen vorgesehen. Ergänzend war nachträglich eine dritte Planvariante zu betrachten, die auf der ersten Planvariante mit den fünften Stockwerken als Staffelgeschossen basiert, wobei die drei südlichen Plangebäude jeweils um 2 m nach Osten verschoben sind.

Dafür waren Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe mit Beurteilungen nach der 39. BImSchV erforderlich. Das beinhaltet die Betrachtung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe, für die in der 39. BImSchV Grenzwerte genannt sind, und die die jeweiligen Grenzwerte am deutlichsten ausschöpfen, was insbesondere auf Stickstoffdioxid (NO₂) und eingeschränkt auf Feinstaub (PM₁₀) zutrifft.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen und durch den Betrieb der geplanten Tiefgaragen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.1, Stand 2019) für das Bezugsjahr 2025 die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, zum Beispiel Wohngebäuden, führen. Der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung mit Werten von über 44 µg/m³ und bis zu 45 µg/m³ im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße, Feuerbacher Straße und im Bereich der Sonnenkreuzung entsprechend den Berechnungen erreicht und überschritten.

Im Planfall der Variante 1, d. h. mit der Planung von Staffelgeschossen als 5. Geschoss, führen die geplanten Gebäude bodennah zu geänderten Windverhältnissen und der Betrieb der Tiefgaragen sowie die geänderten Nutzungen zu leicht erhöhten Emissionen. In Folge erhöhen sich die NO₂-Jahresmittelwerte im Nahbereich des Plangebietes leicht. Der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Planfall an der bestehenden Bebauung mit Werten von über 44 µg/m³ und bis zu 46 µg/m³ im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße, Feuerbacher Straße und im Bereich der Sonnenkreuzung entsprechend den Berechnungen erreicht und überschritten. Entlang der Grabenstraße ergeben sich in Bereichen mit Grenzwertüberschreitungen Erhöhungen der NO₂-Konzentrationen von bis zu 1 µg/m³ aufgrund der Planung. An der geplanten Bebauung wird der jahresmittlere NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ nicht erreicht und nicht überschritten.

Für den Planfall der Variante 2, d. h. mit vier Stockwerken, führen die geplanten Gebäude bodennah ebenfalls zu geänderten Windverhältnissen und der Betrieb der Tiefgaragen sowie die geänderten Nutzungen zu leicht erhöhten Emissionen. In Folge erhöhen sich die NO₂-Jahresmittelwerte im Nahbereich des Plangebietes leicht. Der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Planfall an der bestehenden Bebauung mit Werten von über 44 µg/m³ und bis zu 46 µg/m³ im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße, Feuerbacher Straße und im Bereich der Sonnenkreuzung entsprechend den Berechnungen erreicht und überschritten. Entlang der Grabenstraße ergeben sich in Bereichen mit Grenzwertüberschreitungen Erhöhungen der NO₂-Konzentrationen von bis zu 1 µg/m³ aufgrund der Planung. An der geplanten Bebauung wird der jahresmittlere NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ nicht erreicht und nicht überschritten.

Gegenüber dem Planfall der Variante 1 ergeben sich geringe Verringerungen im Bereich der Grabenstraße auf Höhe der Grabenstraße 14, westlich und nordöstlich der geplanten Kreissparkasse sowie im nordwestlichen Bereich des Gebäudes der Stuttgarter Straße 8; westlich des südwestlichen Plangebäudes sowie auf der gegenüberliegenden Seite der Grabenstraße auf Höhe der geplanten Kreissparkasse ergeben sich sehr geringe Erhöhungen der jahresmittleren NO₂-Konzentrationen gegenüber dem Planfall der Variante 1.

Im Planfall der Variante 3, d. h. basierend auf Variante 1 mit fünf Stockwerken, sind die südlichen Plangebäude um 2 m nach Osten verschoben. Aufgrund des Abrückens der Gebäude von der Grabenstraße verringern sich die NO₂-Konzentrationen im Vergleich zu Variante 1 entlang der Grabenstraße und an den angrenzenden Gebäudefassaden leicht. Entlang der Grabenstraße ergeben sich in Bereichen mit Grenzwertüberschreitungen Erhöhungen der NO₂-Konzentrationen von knapp weniger als 1 µg/m³ aufgrund der Planung. An der geplanten

ten Bebauung wird der jahresmittlere NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht erreicht und nicht überschritten.

Mit zunehmender Höhe über dem Straßenniveau nehmen die Immissionen ab. Für den Prognosenullfall sowie alle drei Planvarianten werden $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 -Konzentration an den Gebäudefassaden der bestehenden Bebauung in der Grabenstraße ab dem 2. Obergeschoss durchgängig nicht mehr erreicht und nicht mehr überschritten.

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. Aus Ableitungen geht hervor, dass der Kurzzeitwert ab einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wird. Im Prognosenullfall werden an der Bebauung bis zu $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} -Konzentration berechnet. Somit wird der PM_{10} -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Prognosenullfall an der bestehenden Wohnbebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten.

In allen drei Planvarianten werden an beurteilungsrelevanter bestehender Bebauung bis zu $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} -Konzentration im Jahresmittel berechnet. Damit werden in allen drei Planvarianten der PM_{10} -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel an der bestehenden Wohnbebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2025 nicht erreicht und nicht überschritten. An den geplanten Gebäuden werden $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten. Der jahresmittlere Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird sowohl im Prognosenullfall als auch in den drei Planvarianten weder an der bestehenden noch geplanten Bebauung erreicht bzw. überschritten.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass die Berechnungen für das Bezugsjahr 2025 an der Messstation für die betrachteten Varianten zu NO_2 -Konzentrationen von etwa $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel in Messhöhe führen. Dennoch sind an der bestehenden Randbebauung der Grabenstraße entsprechend den Berechnungen Konflikte mit den in der 39. BImSchV genannten Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht ausgeschlossen. Mit den geplanten Neubebauungen inklusive der Tiefgaragen sind geringe Zunahmen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen in der direkten Umgebung des Plangebietes zu erwarten; diese führen zwar nicht zu zusätzlichen Konflikten mit den in der 39. BImSchV genannten Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit an der bestehenden Bebauung, erhöhen jedoch die Luftschadstoffkonzentrationen in schon vorhande-

nen Überschreitungsbereichen des Prognosenullfalls geringfügig. Bezüglich der geplanten Gebäude mit 5 Geschossen führt die etwas abgerückte Variante 3 zu geringeren Beaufschlagungen an der bestehenden Bebauung.

Innerhalb des Bebauungsplangebietes werden an den geplanten Gebäuden durchgehend NO_2 -Konzentrationen unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; damit sind aus lufthygienischer Sicht im Hinblick auf die 39. BImSchV und dem berücksichtigten Tiefgaragenentlüftungskonzept keine Einschränkungen ableitbar und dementsprechend keine zusätzlichen Festsetzungen im Bebauungsplan erforderlich.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Leonberg sind auf dem Gelände des Kreissparkassen-Areals im Bereich der Grabenstraße und Stuttgarter Straße Neubebauungen geplant. Neben dem Neubau des Sparkassengebäudes sind vier Wohngebäude für etwa 70 Wohneinheiten vorgesehen; dabei sind zwei Varianten zu betrachten, d. h. mit und ohne 5. Staffelgeschoss für drei der vier geplanten Wohnbebauungen. Sowohl für die Kreissparkasse als auch für die Wohnbebauungen sind Parkmöglichkeiten in Form von Tiefgaragen vorgesehen. Ergänzend war nachträglich eine dritte Planvariante zu betrachten, die auf der ersten Planvariante mit den fünften Stockwerken als Staffelgeschossen basiert, wobei die drei südlichen Plangebäude jeweils um 2 m nach Osten verschoben sind.

Dafür sind unter anderem Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe erforderlich. Dabei ist darzustellen, ob die geplanten Baumaßnahmen zu zusätzlichen Konflikten mit Beurteilungswerten der Luftschadstoffe an der bestehenden Bebauung und an benachbarten, für die Beurteilung relevanten Nutzungen führen. Die Beurteilung erfolgt nach der 39. BImSchV.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist v. a. die 39. BImSchV relevant.

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

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 µm (PM10) betrachtet.

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevante Autoabgaskomponente zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

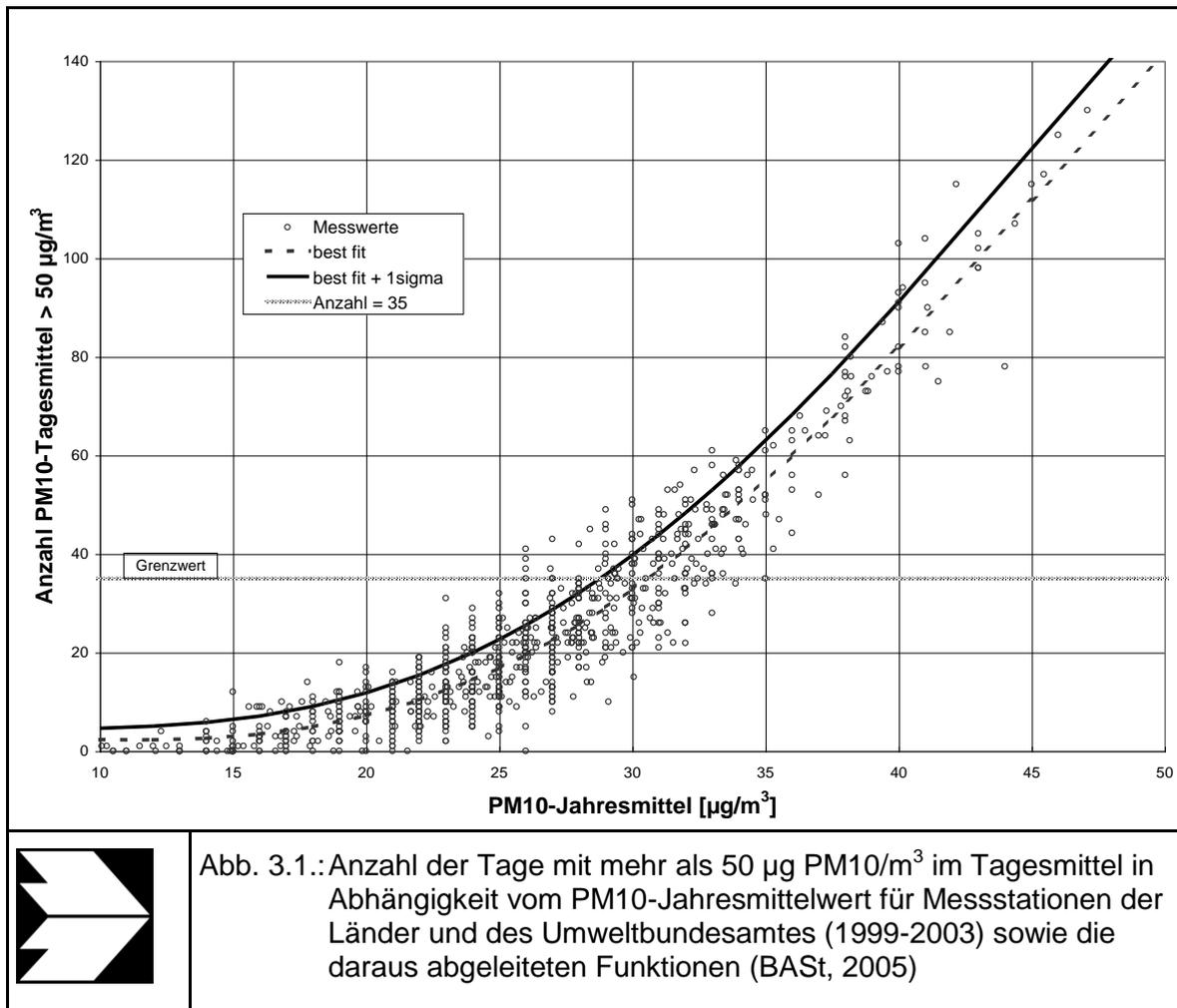
Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach der 39. BImSchV (2010)

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert unter anderem als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten wird, wenn der 98-Perzentilwert 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in **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 circa 40 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der oben gezeigte „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 $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

3.4 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der geplanten Nutzung sind die Auswirkungen der Gebäudeumströmungen bei den Immissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen erfolgen mit dem für solche Fragestellungen geeigneten mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn & Kniffka, 2010; Eichhorn, 2011). Grundlage der Simulationsrechnungen sind die digitalen Daten der bestehenden Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand und die Planung werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Die Ausdehnung des Rechengitters setzt die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 (VDI, 2017) um. Das Rechengitter besteht aus 282×282 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von circa $900 \text{ m} \times 900 \text{ m}$. Es wird ein nicht-äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Planung an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 38 Schichten bis in eine Höhe von 500 m über Grund, wobei die Schichten in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das entsprechende Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftrittshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes

und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO₂-Immissionen wird ein vereinfachtes Chemiemodell (Düring et al., 2011) unter Berücksichtigung der motorbedingten NO₂ direkt-Emissionen zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt. Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- beziehungsweise Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Standorten abgeschätzt.

4 EINGANGSDATEN

Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Bebauung, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Unter der Berücksichtigung der geplanten Bebauungen werden die Windfeldänderungen und die damit verbundene Beeinflussung der Luftschadstoffausbreitung für die vorgegebenen Planfälle im Detail beachtet.

4.1 Lageplan

Die Stadt Leonberg liegt etwa 13 Kilometer westlich von Stuttgart in etwa 370 m bis 410 m ü. NHN. Im Nordosten befinden sich auch höher gelegene Bereiche an den Hängen des Engelbergs, der eine Höhe von etwa 480 m ü. NHN aufweist. Im nördlichen Teil von Leonberg, d. h. östlich der Altstadt und westlich des Engelbergs, sind Neubebauungen auf dem Areal der Kreisparkasse Böblingen geplant.

Abb. 4.1 zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes. Darin sind u. a. die Bebauung im Istzustand (grau), die geplanten Gebäude (rot) und das Straßennetz im Planfall (schwarz) abgebildet. Das Kreissparkassen-Areal liegt südöstlich der Sonnenkreuzung, umgeben von der Stuttgarter Straße im Norden und der Grabenstraße im Westen. Im bisherigen Zustand befinden sich auf dem Plangebiet die Kreissparkasse im westlichen, das Sparkassen-Forum im nordöstlichen und ein weiteres Gebäude im südöstlichen Bereich des Areals. Im Planfall wird die neue Kreissparkasse mit einer Höhe von etwa 15 m etwas nördlicher als das jetzige Gebäude platziert (Ackermann + Raff, 2019), sodass sie etwas näher an die Stuttgarter Straße rückt. Östlich und südlich der geplanten Sparkasse sind vier Wohnbebauungen mit vier bis fünf Stockwerken und ebenfalls etwa 15 m Höhe vorgesehen. Für den Planfall der Variante 1 werden fünf Stockwerke angesetzt, wobei das 5. Geschoss ein Staffelgeschoss ist und nur einen Teil der Gebäudeflächen abdeckt. Auf dem südöstlichen Gebäude ist kein 5. Geschoss vorgesehen. Im Planfall der Variante 2 werden durchgängig 4 Geschosse angenommen; sonst ergeben sich zwischen den beiden Planvarianten keine Unterschiede. Die **Abb. 4.2** und **Abb. 4.3** zeigen perspektivische Darstellungen des Plangebietes und dessen Umgebung für den Bestand und den Planfall der Variante 1, dargestellt bei doppelter Überhöhung.

Sowohl für die Kreisparkasse als auch für die Wohneinheiten sind Stellplätze in zwei voneinander getrennten Tiefgaragen geplant (Ackermann + Raff, 2019). Eine ebenerdige, aber

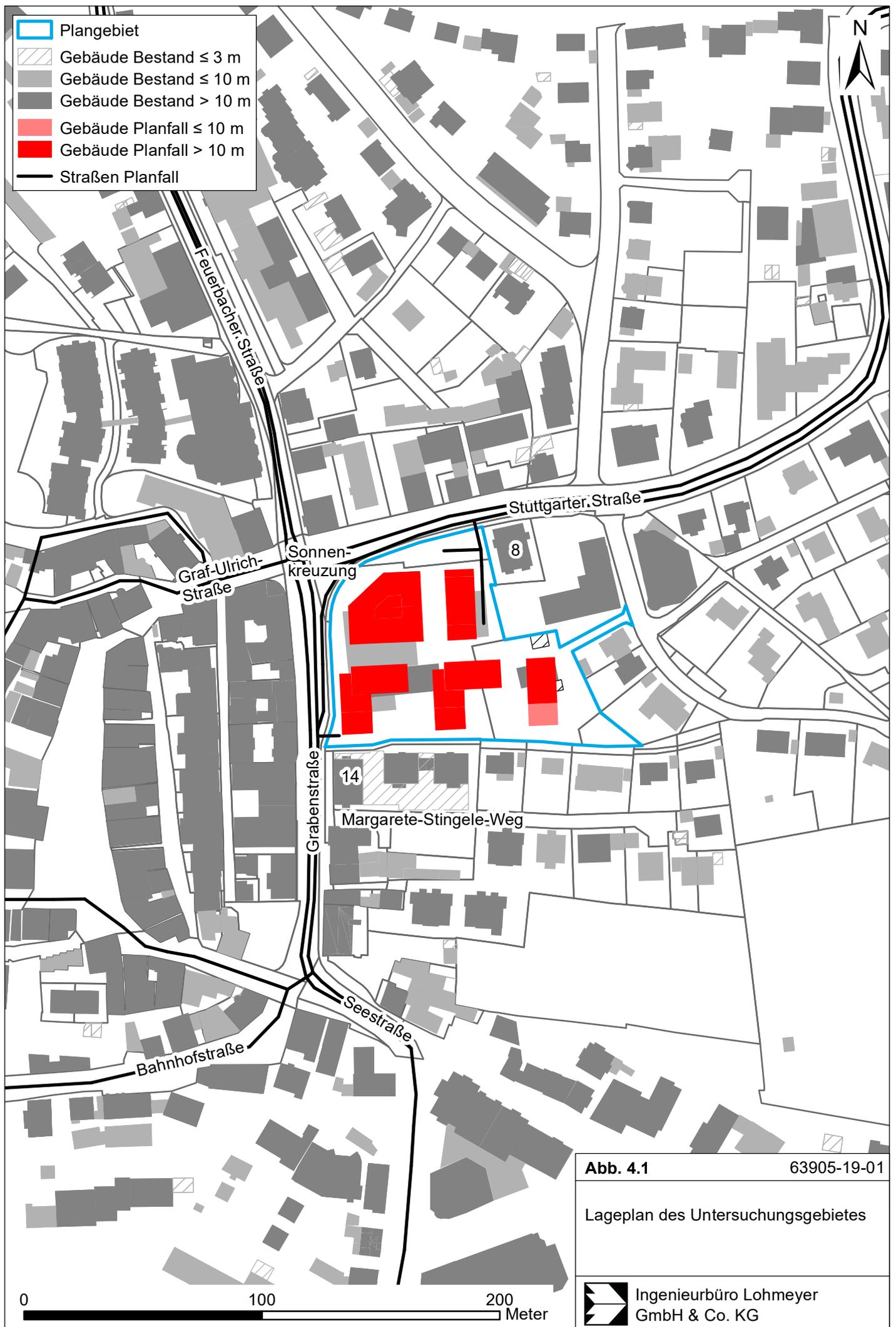
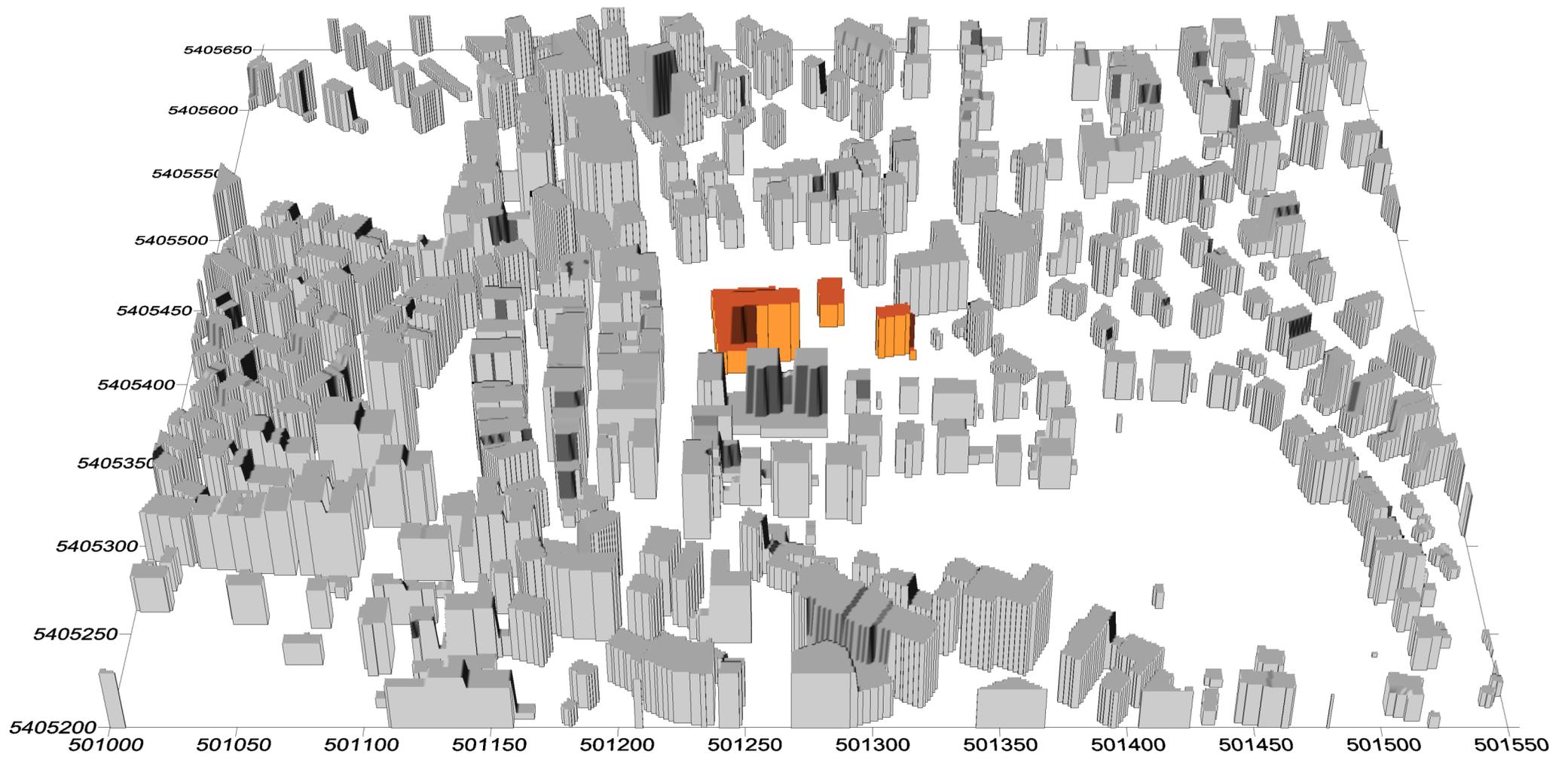


Abb. 4.1

63905-19-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG



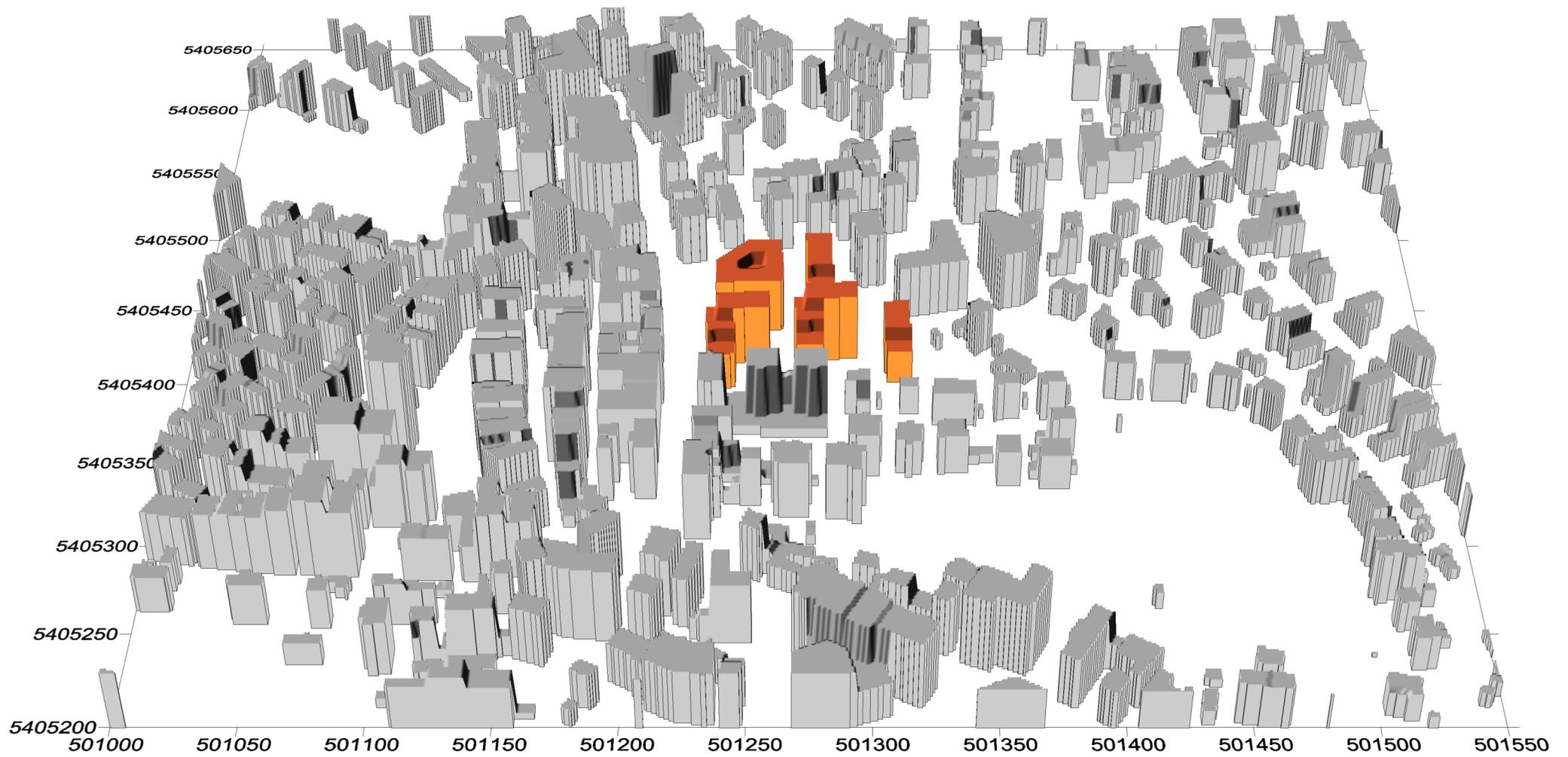
■ Bestandsgebäude

■ Bestandsgebäude entfallend

Abb. 4.2 63905-19-01

Perspektivische Ansicht des Untersuchungsgebietes im Bestand bei doppelter Überhöhung und Blickrichtung aus Süden.


 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG



Bestandsgebäude

Plangebäude der Variante 1

Abb. 4.3 63905-19-01

Perspektivische Ansicht des Untersuchungsgebietes im Planfall der Variante 1 bei doppelter Überhöhung und Blickrichtung aus Süden.

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

aufgrund des Gefälles Großteils unter dem Erdboden liegende Tiefgarage, ist mit Zufahrt an der Grabenstraße im südwestlichen Bereich der geplanten Wohnnutzungen mit 33 Stellplätzen für die Wohneinheiten vorgesehen. Eine zweite Tiefgarage ist mit Zufahrt von der Stuttgarter Straße und insgesamt 159 Stellplätzen, die sich auf 2 Ebenen und die Wohnnutzungen sowie geschäftliche Zwecke der Sparkasse verteilen, geplant; im 1. Untergeschoss sind die Stellplätze der Wohneinheiten, Sparkassenkunden und des Sparkassenforums, im 2. Untergeschoss sind Mitarbeiterstellplätze der Sparkasse vorgesehen. Es wurden natürliche Be- und Entlüftungen angenommen.

Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten (Kap. 4.3) und die Schadstoffhintergrundbelastung (Kap. 4.4).

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Straßennetz in der Umgebung der Planung wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt (Stadt Leonberg, 2019). Diese enthalten Angaben von durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärken (DTV_w in Kfz/24h) für die Hauptverkehrsstraßen im Bestand sowie die LKW-Anteile. Die Verkehrsbelegungsdaten für den Bestand stammen aus dem Jahr 2018. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Verkehrsstärken bis ins Jahr einer möglichen Fertigstellung des Planungsvorhabens 2025 um 6 % erhöhen (Richter-Richard, 2019); diese wurden für den Prognosenullfall angesetzt. Informationen über die veränderten Verkehrsmengen aufgrund der Neubebauungen liegen nicht vor. Aufgrund der zusätzlichen Wohnnutzungen ergeben sich über die angegebenen Tiefgaragenstellplätze der Wohneinheiten (Ackermann + Raff, 2019) bei einem eineinhalbfachen Stellplatzwechsel insgesamt 348 Fahrbewegungen pro 24 h mehr, verteilt auf die umgebenden Straßen. Im Vergleich zu den Verkehrsstärken im Prognosenullfall ergeben sich daraus keine wesentlichen Änderungen im Verkehr aufgrund der Planung, sodass auch für den Planfall die Verkehrsstärken des Prognosenullfalls angesetzt werden.

Geringe Unterschiede ergeben sich ausschließlich aufgrund der Verkehrsführung im Bereich des Plangebietes. Die dort zu berücksichtigenden oberirdischen Parkplätze werden im Prognosenullfall und Planfall für Kurzzeitparker und Kunden der Sparkasse mit einem 16-fachen und für Mitarbeiter sowie sonstige Parkplätze mit einem eineinhalbfachen Stellplatzwechsel belegt; die genannten Werte für die Stellplatzwechsel werden ebenso in den Tiefgaragen im Planfall angesetzt. Für den Wohnnutzungen zugeordneten Stellplätze wird ein eineinhalbfacher Stellplatzwechsel angenommen.

Abb. 4.4 zeigt die Verkehrsstärken im Bereich des Plangebietes und der Umgebung für den Planfall. Im Bereich der Sonnenkreuzung werden auf der Feuerbacher Straße etwa 21 100 Kfz/24h und auf der Stuttgarter Straße etwa 11 300 Kfz/24h, bei jeweils etwa 2.8 % Schwerverkehr, angenommen. In der Grabenstraße ergeben sich im Bereich des Kreissparkassen-Areals ca. 24 100 Kfz/24h, bei etwa 3 % Schwerverkehrsanteil. Für die Seestraße ergeben sich etwa 22 000 Kfz/24h bei ca. 2.3 % Schwerverkehrsanteil und für die Bahnhofstraße 4 600 Kfz/24h bei ca. 7.2 % Schwerverkehrsanteil. Alle übrigen Straßen in der näheren Umgebung des Plangebietes weisen etwa 3 000 Kfz/24h oder weniger Fahrzeuge pro Tag auf.

4.3 Meteorologische Daten

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

Für das Stadtgebiet von Leonberg liegen Windmessdaten vor, die im Rahmen der klimaökologischen Analyse (Ökoplana, 1993) erhoben wurden. Mehrjährige Messreihen für die Jahre 1989 bis 1992 liegen für die städtische Station „Feuerwehr“ in der Stadtverwaltung Leonberg vor.

Die Station „Feuerwehr“ liegt innerhalb des südöstlichen Stadtgebietes von Leonberg am Rand des Stadtparks. Die Windrose ist in **Abb. 4.5** dargestellt. Die Hauptwindrichtung wird durch südwestliche bis südliche Winde geprägt, als häufige Nebenwindrichtungen wurden nordöstliche sowie nordwestliche Winde erfasst. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2.7 m/s.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die an der Station „Feuerwehr“ erfassten Winddaten unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Plangebietes herangezogen.

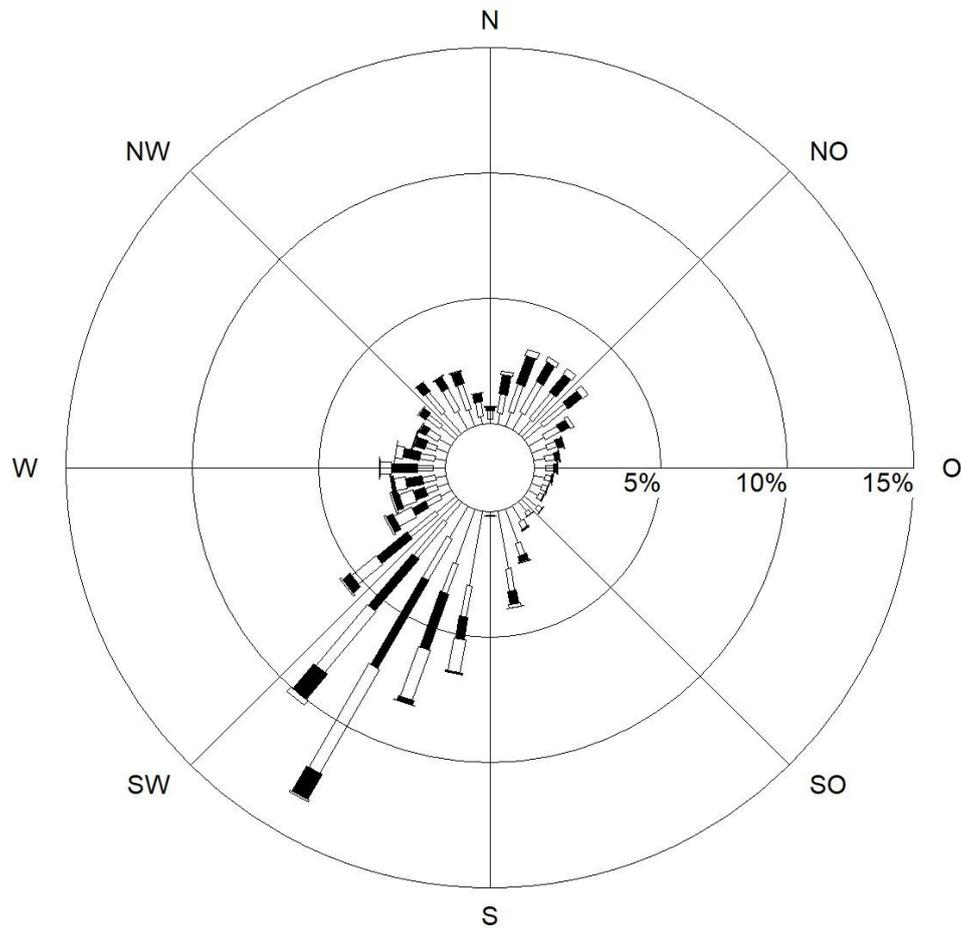


Abb. 4.4 63905-19-01
 Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Planfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 100 200 Meter

Windverteilung in Prozent



Station : Leo-Feuerwehr
 Messhöhe : 9.0 m
 Windgeschw. : 2.7 m/s

—	kleiner 1.4 m/s
— —	1.4 bis 2.3 m/s
■	2.4 bis 3.8 m/s
□	3.9 bis 6.9 m/s
■	7.0 bis 10 m/s
□	größer 10 m/s

Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung für den Standort „Feuerwehr“ in Leonberg, 1989-1992 (Quelle: Ökoplana).

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Baden-Württemberg. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUBW, 2010-2019). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** dargestellt. In direkter Nähe zum Plangebiet liegt die Station in Leonberg an der Grabenstraße; da diese direkt an einer Hauptverkehrsstraße liegt, ist sie für die Hintergrundbelastung nicht repräsentativ. Aufgrund der verkehrsnahen Lage ebenfalls nicht repräsentativ ist die etwa 12 km nordnordöstlich liegende Station an der Grabenstraße in Markgröningen. Die sich etwa 16 km nordöstlich befindende Station in Ludwigsburg liegt in einem randstädtischen Wohngebiet mit geringem Einfluss der umgebenden Straßen. Die ca. 16 km östlich vom Betrachtungsgebiet liegende Station in Stuttgart Bad-Cannstatt befindet sich im Bereich eines städtischen Wohngebietes im zentralen Ballungsraum Stuttgart und wenige Dekameter östlich einer vierspurigen Straße. Die etwa 19 km südsüdwestlich gelegene Station in Gärtringen befindet sich im Bereich eines ländlich geprägten Wohngebietes. Somit wird an der Station in Stuttgart Bad-Cannstatt die Hintergrundbelastung der Luftschadstoffe im Vergleich zu Leonberg überschätzt und an der Station in Gärtringen unterschätzt; die Hintergrundbelastung wird damit in Anlehnung an die Station in Ludwigsburg vorgenommen.

Die zeitliche Entwicklung der beobachteten Jahresmittelwerte an den in **Tab. 4.1** aufgelisteten Messstationen weisen an den Hintergrundstandorten in den letzten Jahren konstante NO₂- und PM₁₀-Jahresmittelwerte auf. Dementsprechend wird für die Immissionsprognosen die abgeleitete Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet unverändert für das Bezugsjahr 2025 angesetzt (**Tab. 4.2**). Für das Chemiemodell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion (Düring et al., 2011) wird eine Hintergrundbelastung für Ozon von 43 µg/m³ auf Grundlage der erfassten Messdaten der umliegenden Stationen angesetzt. Mit der angesetzten Hintergrundbelastung und den beschriebenen Ansätzen wird der jahresmittlere Messwert

der NO₂-Immissionen an der Messstelle in der Grabenstraße in Messhöhe aus dem Jahr 2018 rechnerisch reproduziert.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Leonberg Grabenstraße	Markgröningen Grabenstraße	Ludwigsburg	Stuttgart Bad Cannstatt	Gärtringen
NO ₂ Jahresmittel in µg/m ³	2009	69	54	28	34	17
	2010	70	52	26	29	18
	2011	66	53	27	31	15
	2012	63	52	25	33	16
	2013	60	46	27	32	16
	2014	-	44	26	31	15
	2015	47	44	27	32	15
	2016	47	41	26	31	15
	2017	43	39	25	30	14
	2018	45	35	25	27	14
PM10 Jahresmittel in µg/m ³	2009	31	34	20	20	17
	2010	35	35	21	21	19
	2011	30	32	20	20	17
	2012	27	29	18	19	15
	2013	28	32	19	20	16
	2014	-	30	17	18	14
	2015	21	29	19	19	14
	2016	-	26	17	17	13
	2017	-	27	17	17	14
	2018	-	25	17	17	14
PM10 Überschreitungstage (Anzahl)	2009	34	54	16	15	4
	2010	55	64	19	15	15
	2011	42	55	9	11	7
	2012	31	38	6	7	4
	2013	30	52	9	11	4
	2014	-	32	8	8	2
	2015	10	32	4	3	1
	2016	-	20	1	5	6
	2017	-	31	10	11	6
	2018	-	15	5	3	2

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2010 – 2019).

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	25
PM10	17

Tab. 4.2: Abgeleitete Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2018/2025.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der oben angegebenen Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr zeigen Abschätzungen (RLuS 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für NO₂ um circa 10 % und PM10 um etwa 7 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktion verzichtet; das entspricht einer konservativen Vorgehensweise.

5 EMISSIONEN

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

5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀ und PM_{2.5}) setzen sich hingegen aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

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

Ebenso wird eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Euro-6-Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlung von Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt. Diese relativen Korrekturen und Anpassungen werden auch auf die leichten Nutzfahrzeuge angewendet und berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet bei Leonberg die an der meteorologischen Station Stuttgart-Echterdingen des Deutschen Wetterdienstes erfassten stündlichen Zeitreihen der mittleren Lufttemperatur im Zeitraum von 2009 bis 2018 von ca. 10.3 °C.

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

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2019) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israel 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. Im HBEFA4.1 sind auch nicht motorbedingte Emissionsfaktoren für Feinstaub enthalten.

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

Für diese Ausarbeitung werden innerhalb des Rechengebietes folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-HVS50d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IOS-HVS50g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-Sam50d: Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IOS-Sam50g: Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-HVS30d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr

IOS-HVS30g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-NS30d: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr

IOS-NS30g: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-NS30s: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, stop&go

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2025 aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Steigungs- und Gefällestrecken sowie Gegenverkehrsstrecken mit Steigung. Steigungsstrecken werden gekennzeichnet durch vorangestelltes „+“-Zeichen, Gefällestrecken durch „-“-Zeichen und Gegenverkehrsstrecken durch „_“-Zeichen. Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt. Die Emissionen werden auf der Grundlage der im Verkehrsgutachten genannten Verkehrsprognosen im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit für das Bezugsjahr 2025, dem Jahr der frühestmöglichen Fertigstellung des Planvorhabens, berechnet.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2025							
Verkehrssituation	Geschwindigkeit	NO _x		PM10 (nur Abgase)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		NO _{2,direkt}	
		PKW	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV
IOS-HVS30d	24.8	0.229	2.958	0.0056	0.0261	0.0325	0.35	0.065	0.704
IOS-HVS30d_2	24.8	0.236	1.743	0.0057	0.0263	0.0325	0.35	0.067	0.486
IOS-HVS30d_4	24.8	0.246	2.110	0.0058	0.0286	0.0325	0.35	0.070	0.398
IOS-HVS30d-2	24.8	0.192	2.023	0.0053	0.0163	0.0325	0.35	0.053	0.494
IOS-HVS30d-4	24.8	0.158	1.293	0.0050	0.0111	0.0325	0.35	0.043	0.315
IOS-HVS30d-6	24.8	0.140	1.018	0.0048	0.0091	0.0325	0.35	0.037	0.247
IOS-HVS30d+2	24.8	0.279	2.197	0.0061	0.0364	0.0325	0.35	0.081	0.478
IOS-HVS30d+4	24.8	0.334	2.193	0.0065	0.0461	0.0325	0.35	0.098	0.482
IOS-HVS30d+6	24.8	0.408	2.335	0.0071	0.0509	0.0325	0.35	0.121	0.510
IOS-HVS30g	16.1	0.302	5.275	0.0064	0.0378	0.0393	0.70	0.089	1.299
IOS-HVS30g_2	16.1	0.304	4.657	0.0064	0.0379	0.0393	0.70	0.089	1.136
IOS-HVS30g_4	16.1	0.321	3.807	0.0065	0.0381	0.0393	0.70	0.094	0.913
IOS-HVS30g-2	16.1	0.256	4.321	0.0060	0.0292	0.0393	0.70	0.074	1.077
IOS-HVS30g-4	16.1	0.227	3.342	0.0057	0.0223	0.0393	0.70	0.065	0.835
IOS-HVS30g-6	16.1	0.198	2.684	0.0054	0.0184	0.0393	0.70	0.055	0.669
IOS-HVS30g+2	16.1	0.353	4.993	0.0069	0.0465	0.0393	0.70	0.105	1.194
IOS-HVS30g+4	16.1	0.414	4.272	0.0073	0.0538	0.0393	0.70	0.124	0.992
IOS-HVS30g+6	16.1	0.489	4.144	0.0079	0.0608	0.0393	0.70	0.148	0.957
IOS-HVS50d_2	36.0	0.282	1.974	0.0058	0.0216	0.0325	0.35	0.083	0.464
IOS-HVS50d_4	36.0	0.303	1.636	0.0059	0.0216	0.0325	0.35	0.090	0.379
IOS-HVS50d_6	36.0	0.347	1.523	0.0064	0.0232	0.0325	0.35	0.105	0.343
IOS-HVS50d-4	36.0	0.176	1.313	0.0049	0.0106	0.0325	0.35	0.049	0.316
IOS-HVS50d-6	36.0	0.154	0.900	0.0047	0.0085	0.0325	0.35	0.042	0.215
IOS-HVS50d+4	36.0	0.431	1.959	0.0070	0.0327	0.0325	0.35	0.131	0.441
IOS-HVS50d+6	36.0	0.541	2.147	0.0080	0.0380	0.0325	0.35	0.167	0.470
IOS-HVS50g_2	23.4	0.323	4.136	0.0062	0.0316	0.0393	0.70	0.096	1.018
IOS-HVS50g_4	23.4	0.346	3.803	0.0064	0.0317	0.0393	0.70	0.103	0.933
IOS-HVS50g_6	23.4	0.384	3.524	0.0068	0.0318	0.0393	0.70	0.116	0.859
IOS-HVS50g-4	23.4	0.214	3.673	0.0053	0.0230	0.0393	0.70	0.061	0.914
IOS-HVS50g-6	23.4	0.187	3.014	0.0050	0.0199	0.0393	0.70	0.052	0.751
IOS-HVS50g+4	23.4	0.477	3.933	0.0076	0.0404	0.0393	0.70	0.146	0.952
IOS-HVS50g+6	23.4	0.582	4.033	0.0085	0.0438	0.0393	0.70	0.180	0.967
IOS-NS30d	23.3	0.287	3.565	0.0062	0.0314	0.0345	0.50	0.073	0.858
IOS-NS30d_2	23.3	0.294	2.713	0.0062	0.0316	0.0345	0.50	0.075	0.633
IOS-NS30d_4	23.3	0.304	2.254	0.0063	0.0338	0.0345	0.50	0.078	0.520
IOS-NS30d_6	23.3	0.328	2.123	0.0065	0.0361	0.0345	0.50	0.086	0.488
IOS-NS30g	15.1	0.359	5.383	0.0070	0.0381	0.0442	1.20	0.096	1.323
IOS-NS30g_6	15.1	0.403	3.779	0.0071	0.0405	0.0442	1.20	0.110	0.906
IOS-NS30g-4	15.1	0.286	3.719	0.0063	0.0247	0.0442	1.20	0.074	0.930
IOS-NS30s	9.6	0.409	8.397	0.0077	0.0589	0.0442	1.20	0.112	2.081
IOS-NS30s_2	9.6	0.419	7.731	0.0077	0.0598	0.0442	1.20	0.115	1.906
IOS-NS30s_4	9.6	0.434	6.798	0.0078	0.0602	0.0442	1.20	0.120	1.662
IOS-NS30s_6	9.6	0.458	6.130	0.0080	0.0615	0.0442	1.20	0.128	1.491
IOS-Sam50d	34.8	0.258	2.229	0.0055	0.0214	0.0325	0.35	0.072	0.521
IOS-Sam50d_4	34.8	0.299	1.674	0.0058	0.0218	0.0325	0.35	0.086	0.388
IOS-Sam50d_6	34.8	0.343	1.546	0.0062	0.0229	0.0325	0.35	0.100	0.349
IOS-Sam50g_6	22.6	0.420	3.700	0.0073	0.0332	0.0393	0.70	0.124	0.901

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



Verkehrssituation

- IOS-HVS30d
- IOS-HVS30g
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50g
- IOS-NS30d
- IOS-NS30g
- IOS-NS30s
- IOS-Sam50d
- IOS-Sam50g

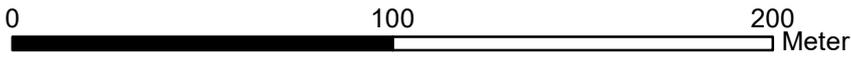
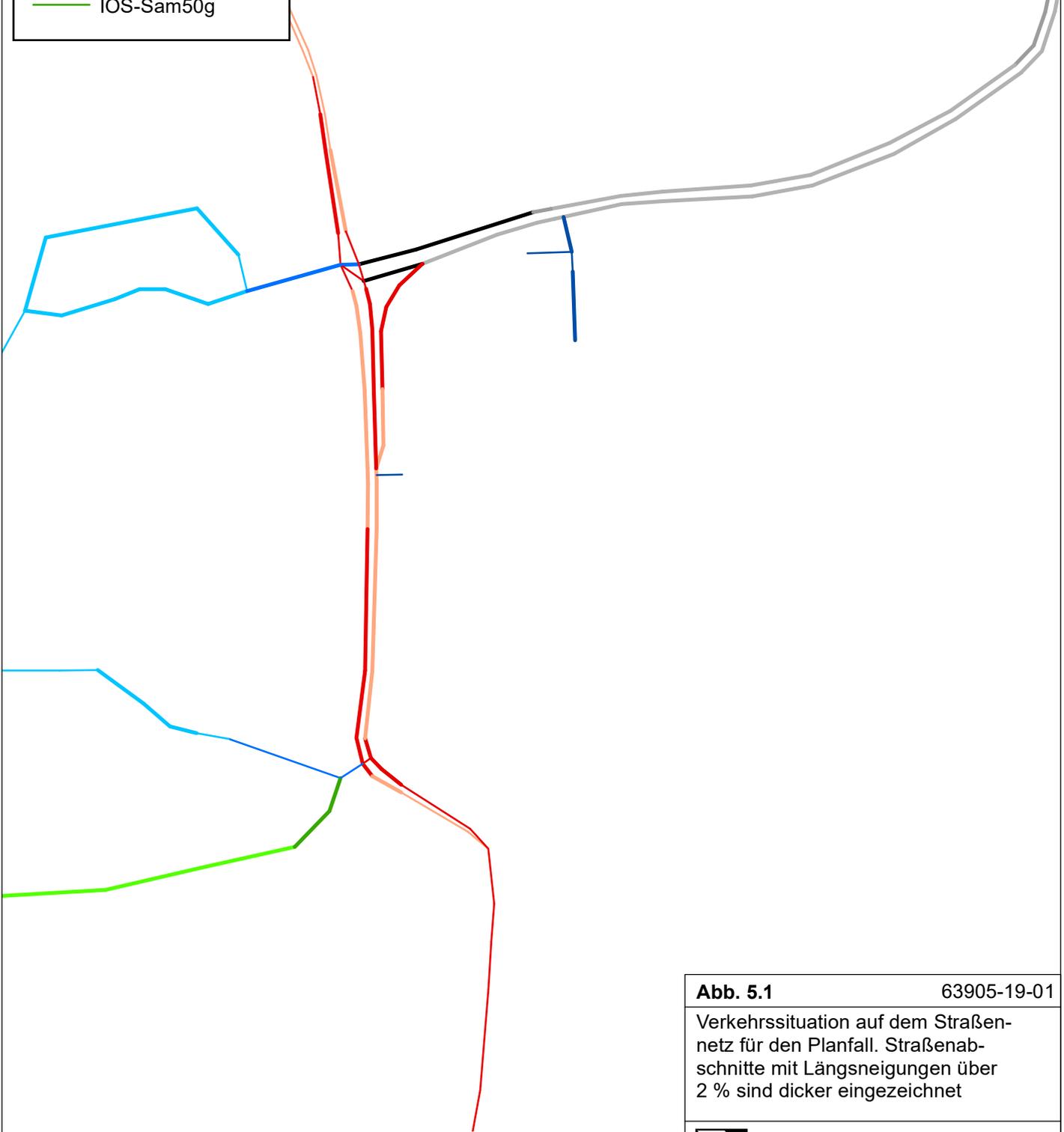


Abb. 5.1 63905-19-01

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



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , NO_2 direkt und PM_{10} 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 A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x und PM_{10} nach Fahrtrichtung getrennt dargestellt.

Tab. 5.2 zeigt exemplarisch für die Grabenstraße am Plangebiet in Leonberg die Verkehrsdaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten.

	DTV in Kfz/24h	Lkw-Anteil in %	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte		
				NO_x in $\text{mg}/(\text{m}^*\text{s})$	NO_2 direkt in $\text{mg}/(\text{m}^*\text{s})$	PM_{10} in $\text{mg}/(\text{m}^*\text{s})$
Prognosenullfall und Planfall	11 600/ 12 500	3.0	IOS-HVS30g+6/ IOS-HVS30g-6	0.1084	0.0308	0.0167

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Grabenstraße im Untersuchungsgebiet in Leonberg.

Fortführend zu den in Kap. 4.1 genannten Grundlagen wurden die Entlüftungsöffnungen der Tiefgaragen so angesetzt, dass sie den Bedingungen der Garagenverordnung - GaVO (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, 1997) für eine natürliche Be- und Entlüftung entsprechen. D. h., es wurden zahlreiche Entlüftungsöffnungen mit einem Anstand von höchstens 20 m untereinander angesetzt. Für den Betrieb der geplanten Tiefgaragen werden für die den Wohnnutzungen zugeordneten Stellplätzen mittlere Weglängen pro Ebene inklusive den Rampen angenommen, für die übrigen Stellplätze werden maximale Weglängen angenommen. Die mittleren täglichen Emissionen sowie die Anzahl der Stellplätze sind in **Tab. 5.3** aufgeführt.

Tiefgarage	Anzahl Stellplätze	NO_x in g/Tag	NO_2 direkt in g/Tag	PM_{10} in g/Tag
Zufahrt Grabenstraße	33	2.2	0.6	0.2
Zufahrt Stuttgarter Straße	159	35.3	8.9	3.7

Tab. 5.3: Mittlere tägliche Schadstofffreisetzung in den Tiefgaragen in Gramm pro Tag.

6 ERGEBNISSE

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen und Stellplatzanlagen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert wurden. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich von Leonberg repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

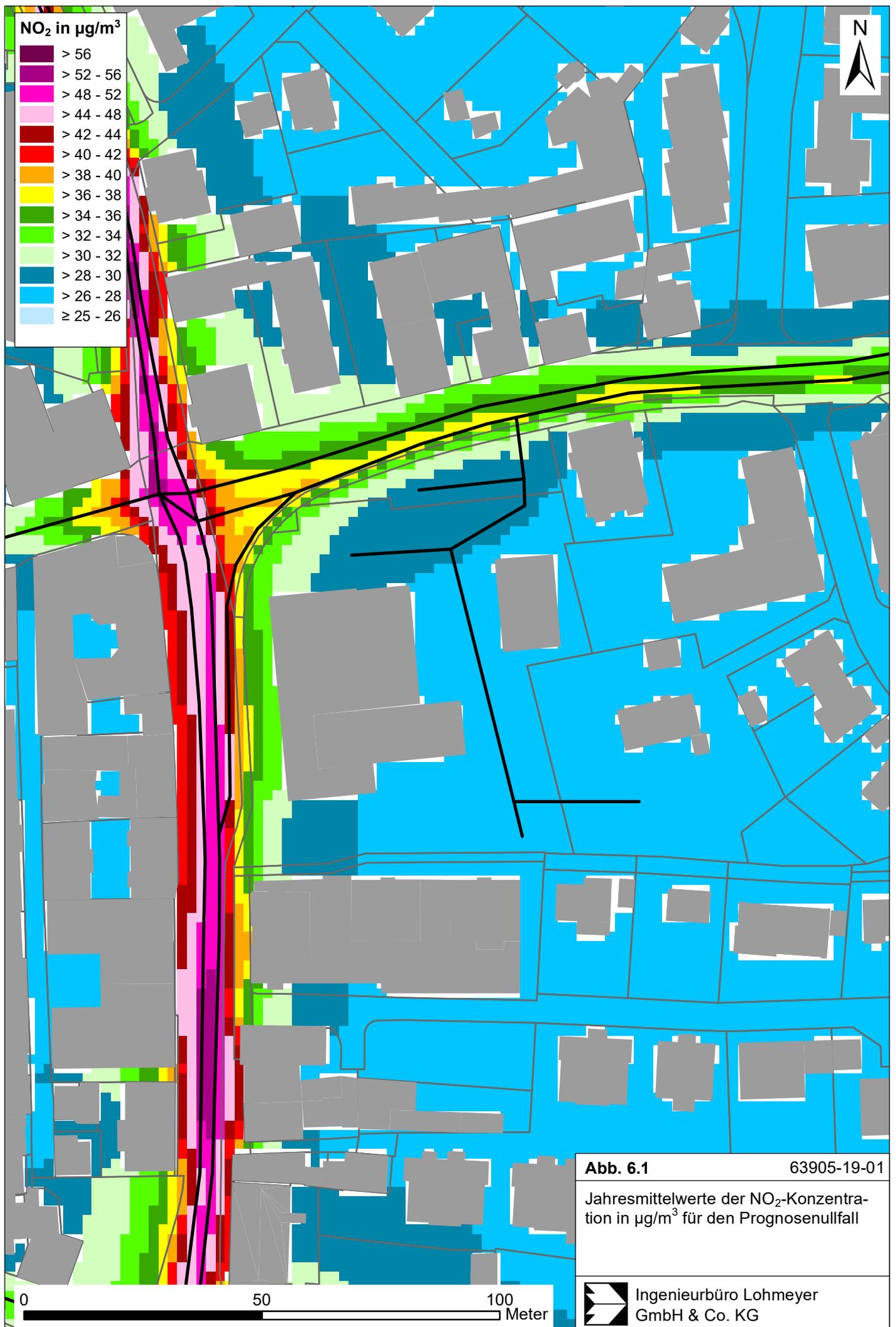
Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wird der kleinste Wert der entsprechend angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden die derzeit geltenden Grenzwerte für NO_2 und PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel mit roter Farbe belegt.

6.1 Stickstoffdioxid

Die Auswertung der berechneten NO_2 -Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten beziehungsweise dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude.

Abb. 6.1 zeigt die berechneten NO_2 -Immissionen für den Prognosenullfall. Die höchsten Immissionen an den Fahrbahnrändern im Untersuchungsgebiet werden mit bis zu $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Bereichen der Grabenstraße und Feuerbacher Straße berechnet. Dies ist auf das Verkehrsaufkommen, die Längsneigung der Straßen und die engen Straßenschluchten zurückzuführen. Entlang der Stuttgarter Straße werden an den Fahrbahnrändern bis zu $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, in der Graf-Ulrich-Straße nehmen die Immissionen auf kurzer Strecke, d. h. etwa 25 m ab der Sonnenkreuzung von etwa $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und weniger ab. Im Nahbereich der Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals ergeben sich jahresmittlere NO_2 -Immissionen von bis zu $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in straßennahen Bereichen und bis zu $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in straßenfernen Bereichen. Für den Messstandort werden in Messhöhe etwa $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Prognosenullfall 2025 berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen des Grenzwertes für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Unter-



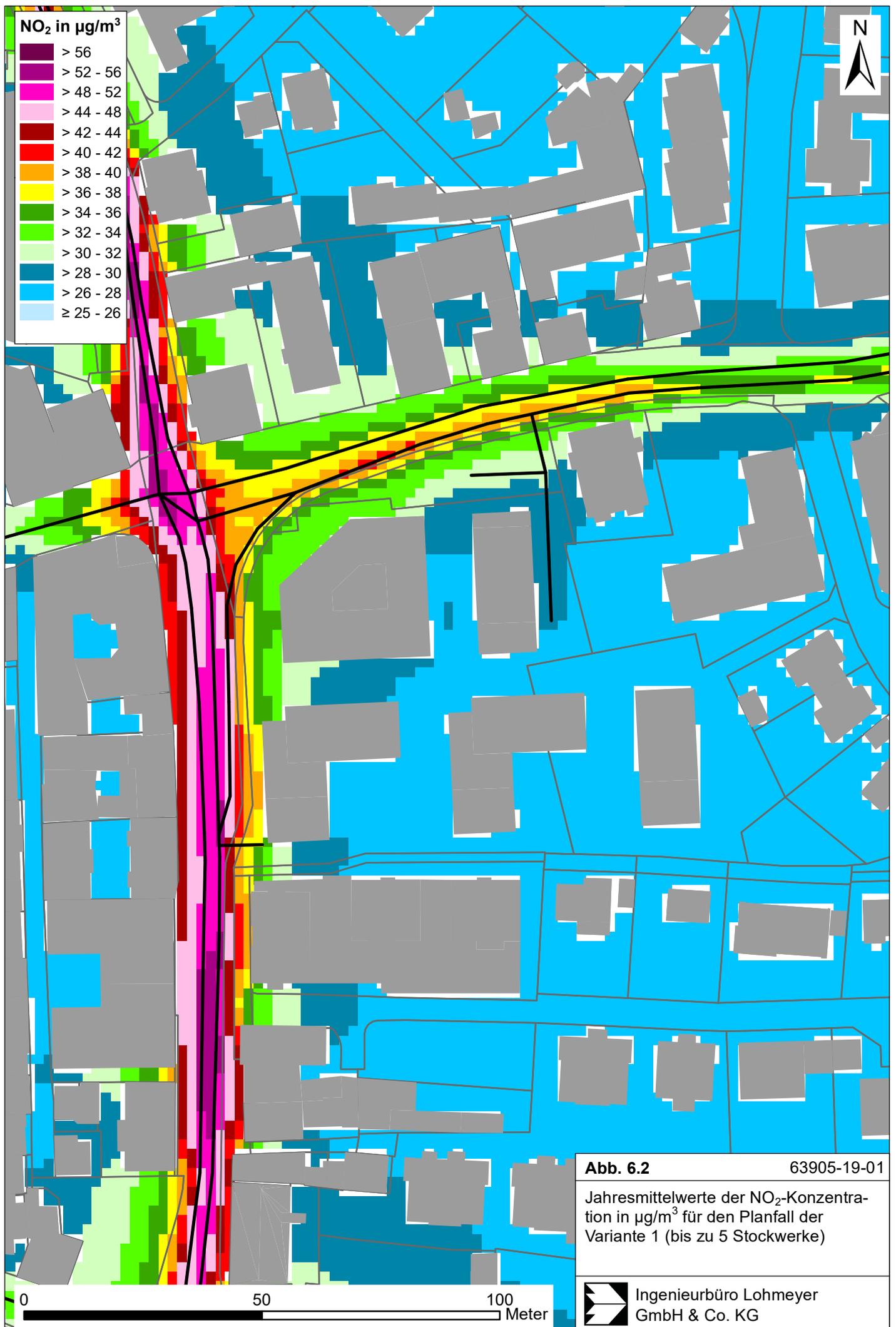
suchungsgebiet an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Die höchsten NO₂-Werte an der bestehenden Bebauung werden mit über 44 und bis zu 45 µg/m³ entlang der Grabenstraße und Feuerbacher Straße erreicht. An den Fassaden der Gebäude in der Stuttgarter Straße werden, ausgenommen dem Bereich direkt an der Sonnenkreuzung, bis zu 34 µg/m³ NO₂-Immissionen im Jahresmittel berechnet. In der Graf-Ulrich-Straße werden, ausgenommen der Gebäude direkt an der Sonnenkreuzung, bis zu 40 µg/m³ berechnet, deutlich abfallend mit zunehmender Entfernung von der Kreuzung.

In direkter Umgebung des Plangebietes werden am südlich davon liegenden Gebäude (Grabenstraße 14) bis zu 40 µg/m³ NO₂-Immissionen im Jahresmittel berechnet. Am nordöstlich des Plangebietes anschließenden Gebäude (Stuttgarter Straße 8) werden bis zu 34 µg/m³ erreicht. An den übrigen straßenfernen Gebäuden in direkter Nähe zum Plangebiet, d. h. östlich der Grabenstraße 14 und südöstlich der Stuttgarter Straße 8 werden maximal 28 µg/m³ im Jahresmittel berechnet.

Im Plangebiet werden an der bestehenden Kreissparkasse bis zu 34 µg/m³ NO₂-Immissionen im Jahresmittel berechnet, an den übrigen Gebäuden im Plangebiet bis zu 28 µg/m³. Somit wird der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße und Feuerbacher Straße sowie im Nahbereich der Sonnenkreuzung in einigen Bereichen überschritten; im übrigen Betrachtungsgebiet wird der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten. An den bestehenden Gebäuden im Plangebiet wird der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ im Jahresmittel nicht erreicht und nicht überschritten.

Mit zunehmender Höhe über dem Straßenniveau nehmen die Immissionen ab. Im Prognosenullfall ergeben sich die höchsten Werte an den Gebäudefassaden entlang der Grabenstraße auf Höhe des 1. Obergeschosses mit bis zu 42 µg/m³, auf Höhe des 2. Obergeschosses werden 40 µg/m³ nicht mehr erreicht, d. h. ab dem 2. Obergeschoss wird der Grenzwert von 40 µg/m³ NO₂-Immissionen im Jahresmittel nicht mehr erreicht und nicht mehr überschritten.

Im Planfall der Variante 1, d. h. mit 5. Geschoss als Staffelgeschoss, führen die Neubebauungen zu geänderten Windverhältnissen und der Betrieb der Tiefgaragen sowie die geplanten Nutzungen zu zusätzlichen Emissionen. In Folge erhöhen sich die NO₂-Konzentrationen in der näheren Umgebung des Plangebietes leicht (**Abb. 6.2**). Entlang den Fahrbahnrandern an der Grabenstraße und Feuerbacher Straße werden weiterhin bis zu 48 µg/m³ berechnet, in Bereichen der Stuttgarter Straße ergeben sich Erhöhungen auf bis zu 40 µg/m³. Im Bereich der Graf-Ulrich-Straße ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen gegenüber



dem Prognosenullfall und auf den Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals werden bis zu $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere jährliche NO_2 -Immissionen berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen des Grenzwertes für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Untersuchungsgebiet an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Im Planfall der Variante 1 ergeben sich in Teilabschnitten an den Fassaden der bestehenden Gebäude in der Grabenstraße leichte Erhöhungen der NO_2 -Konzentration im Jahresmittel gegenüber dem Prognosenullfall, d. h. an den der Planung gegenüberliegenden und benachbarten Gebäuden von bis zu $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf etwas über $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und von bis zu $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf etwas über $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In den Bereichen mit bis zu $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Prognosenullfall, d. h. an den westlichen Gebäudefassaden der Grabenstraße auf Höhe des Margarete-Stingele-Wegs, werden bis knapp $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An den Gebäudefassaden, an denen mehr als $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere jährliche NO_2 -Immissionen berechnet werden, ergeben sich Erhöhungen bis zu $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; die geplante Tiefgarage mit Zufahrt zur Grabenstraße trägt in sehr geringem Umfang dazu bei. In der Feuerbacher Straße und der Graf-Ulrich-Straße ergeben sich an den Gebäudefassaden keine wesentlichen Veränderungen gegenüber dem Prognosenullfall. An der Stuttgarter Straße werden inklusive der Änderungen durch die Planung bis zu $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 -Immissionen an den bestehenden Fassaden der Gebäude berechnet.

In direkter Umgebung des Plangebietes werden am südlich davon liegenden Gebäude (Grabenstraße 14) bis zu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere NO_2 -Immissionen im Jahresmittel berechnet. Für den Messstandort werden in Messhöhe für das Prognosejahr 2025 noch $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Planfall der Variante 1 berechnet. Am nordöstlich des Plangebietes anschließenden Gebäude (Stuttgarter Straße 8) werden bis zu $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht. An den übrigen straßenfernen Gebäuden in direkter Nähe zum Plangebiet, d. h. östlich der Grabenstraße 14 und südöstlich der Stuttgarter Straße 8 werden maximal $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet.

Im Plangebiet werden an der geplanten Kreissparkasse bis zu $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 -Immissionen im Jahresmittel berechnet, an dem östlich davon liegenden Gebäude mit Wohnnutzungen bis zu $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An den drei südlich im Plangebiet liegenden Plangebäuden mit Wohnnutzungen werden für das an der Grabenstraße liegende Gebäude mittlere jährliche NO_2 -Immissionen bis knapp $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; an den beiden straßenferneren Gebäuden bis zu $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Somit wird der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße und Feuerbacher Straße sowie im Nahbereich der Sonnenkreuzung in einigen Bereichen überschritten, wobei an wenigen Gebäuden an denen im Prognosenullfall die

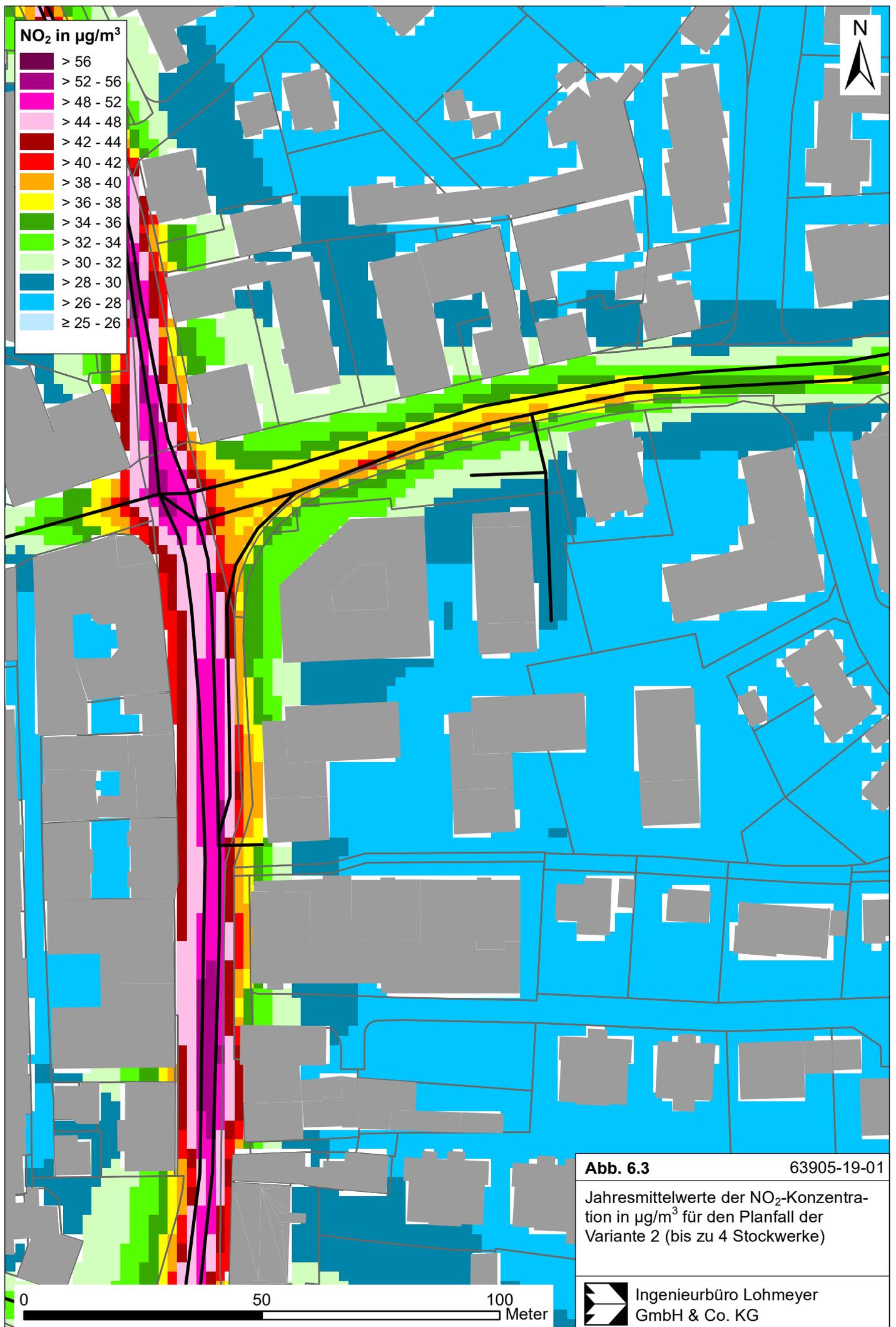
NO₂-Konzentrationen über dem Grenzwert berechnet sind, die Planung eine Zunahme bis zu 1 µg/m³ bewirkt; im übrigen Gebiet wird der Grenzwert nicht überschritten. An den Gebäuden innerhalb des Bebauungsplangebietes wird der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten.

Mit zunehmender Höhe über dem Straßenniveau nehmen die Immissionen ab. Im Planfall der Variante 1 werden die höchsten Werte entlang der Gebäudefassaden in der Grabenstraße auf Höhe des 1. Obergeschosses mit bis zu 44 µg/m³ berechnet, auf Höhe des 2. Obergeschosses werden 40 µg/m³ nicht mehr erreicht und nicht mehr überschritten.

Gegenüber dem Planfall der Variante 1 unterscheidet sich der Planfall der Variante 2 in Bezug auf den Verzicht der Staffelgeschosse im 5. Geschoss. Dies hat geänderte Windverhältnisse zur Folge, die sich wiederum auf die Verteilung der NO₂-Konzentrationen auswirken. **Abb. 6.3** zeigt die jahresmittleren NO₂-Konzentrationen im Planfall der Variante 2. Veränderungen in den NO₂-Konzentrationen betreffen nur die direkte Umgebung des Plangebietes und das Plangebiet selbst.

Die NO₂-Immissionen an den Fahrbahnrändern sind im Planfall der Variante 2 weiterhin bis zu 48 µg/m³ an der Grabenstraße und Feuerbacher Straße, bis zu 40 µg/m³ an der Stuttgarter Straße, bis zu etwa 40 µg/m³ an der Graf-Ulrich-Straße im Nahbereich der Sonnenkreuzung und etwa 32 µg/m³ und weniger in mehr als 25 m davon entfernten Bereichen; auf den Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals werden bis zu 32 µg/m³ mittlere jährliche NO₂-Immissionen berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen des Grenzwertes für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ im Untersuchungsgebiet an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. In Teilbereichen ergeben sich an den Fassaden der bestehenden Gebäude in der Grabenstraße jahresmittlere NO₂-Konzentrationen über 44 µg/m³ und bis zu 46 µg/m³. An den Gebäudefassaden, an denen mehr als 40 µg/m³ mittlere jährliche NO₂-Immissionen berechnet werden, ergeben sich Erhöhungen bis zu 1 µg/m³ gegenüber dem Prognosenullfall. In der Feuerbacher Straße werden bis zu 48 µg/m³ und an der Graf-Ulrich-Straße bis zu 40 µg/m³ im Bereich der Sonnenkreuzung und bis zu 32 µg/m³ in etwa 25 m Entfernung davon erreicht. An der Stuttgarter Straße werden bis zu 34 µg/m³ NO₂-Immissionen an den bestehenden Fassaden der Gebäude berechnet. Gegenüber dem Planfall der Variante 1 ergeben sich geringe Verringerungen im Bereich der Grabenstraße auf Höhe der Grabenstraße 14, westlich und nordöstlich der geplanten Kreissparkasse sowie im nordwestlichen Bereich des Gebäudes der Stuttgarter Straße 8; westlich des südwestlichen Plangebäudes sowie auf der gegenüberliegenden Seite der



der Grabenstraße auf Höhe der geplanten Kreissparkasse ergeben sich sehr geringe Erhöhungen der jahresmittleren NO_2 -Konzentrationen gegenüber dem Planfall der Variante 1.

In direkter Umgebung des Plangebietes werden am südlich davon liegenden Gebäude (Grabenstraße 14) bis zu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere NO_2 -Immissionen im Jahresmittel berechnet. Für den Messstandort werden in Messhöhe für das Prognosejahr 2025 etwa $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Planfall der Variante 2 berechnet.

Am nordöstlich des Plangebietes anschließenden Gebäude (Stuttgarter Straße 8) werden bis zu $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht, d. h. etwas geringere Werte als im Planfall der Variante 1. An den übrigen straßenfernen Gebäuden in direkter Nähe zum Plangebiet, d. h. östlich der Grabenstraße 14 und südöstlich der Stuttgarter Straße 8, werden weiterhin bis $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet.

Im Plangebiet werden an der geplanten Kreissparkasse aufgrund der modifizierten Gebäudeumströmung gegenüber dem Planfall der Variante 1 um bis zu $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geringere Werte berechnet, d. h. bis zu $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jahresmittlere NO_2 -Immissionen. An den drei südlich im Plangebiet liegenden Plangebäuden mit Wohnnutzungen werden für das an der Grabenstraße liegende Gebäude mittlere jährliche NO_2 -Immissionen bis knapp $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; an den übrigen Plangebäuden werden bis zu $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Somit wird der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Planfall bei der Variante 2 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße und Feuerbacher Straße sowie im Nahbereich der Sonnenkreuzung in einigen Bereichen überschritten, wobei an wenigen Gebäuden an denen im Prognosefall die NO_2 -Konzentrationen über dem Grenzwert berechnet sind, die Planung eine Zunahme bis zu $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bewirkt; im übrigen Gebiet wird der Grenzwert nicht überschritten. An den Gebäuden innerhalb des Plangebietes wird der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten.

Mit zunehmender Höhe über dem Straßenniveau nehmen die Immissionen ab. Im Planfall der Variante 2 werden die höchsten Werte entlang der Gebäudefassaden in der Grabenstraße auf Höhe des 1. Obergeschosses mit bis zu $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, auf Höhe des 2. Obergeschosses werden $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht mehr erreicht und nicht mehr überschritten.

Die 39. BImSchV (2010) zeigt eine Bestimmung der Kurzzeitbelastung von NO_2 (siehe Abschnitt 3.3). Entsprechend der Ableitungen aus Messdaten kann geschlossen werden, dass bei einer Einhaltung von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (98-Perzentilwert) auch der Grenzwert der Kurzzeitbelastung von NO_2 eingehalten wird. Die 98-Perzentilwerte werden sowohl im Prognosefall als

auch in den beiden Planfällen an den Gebäudefassaden mit unter $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Demzufolge wird die NO_2 -Kurzzeitbelastung im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit an der bestehenden und geplanten Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten.

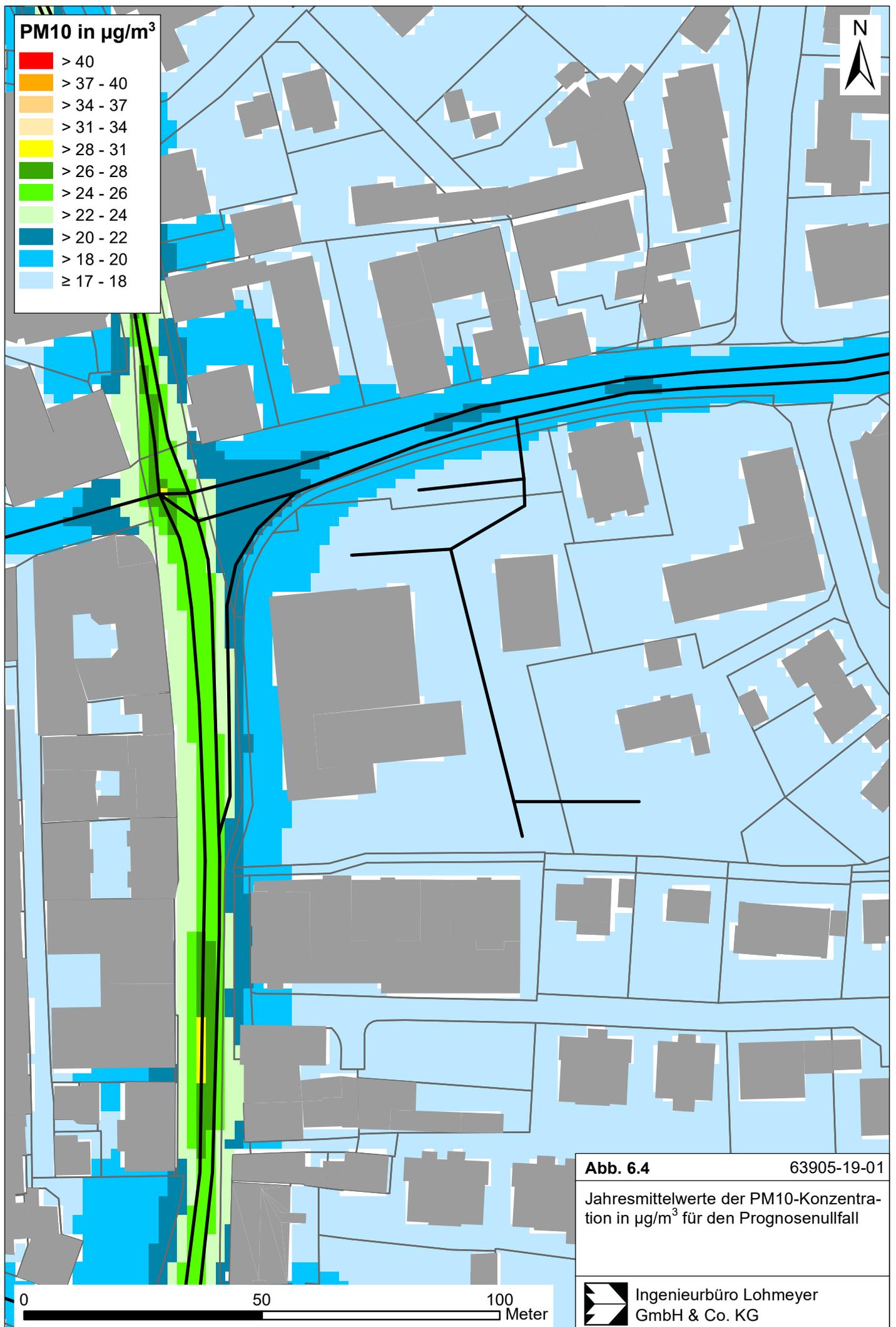
6.2 Feinstaub (PM10)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der maximal 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. 3.3 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.

Abb. 6.4 zeigt die berechneten PM_{10} -Immissionen für den Prognosenullfall. Die höchsten Immissionen an den Fahrbahnrändern im Untersuchungsgebiet werden mit bis zu $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Bereichen der Grabenstraße und Feuerbacher Straße berechnet. Entlang der Stuttgarter Straße werden an den Fahrbahnrändern bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, in der Graf-Ullrich-Straße bis zu $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Nahbereich der Sonnenkreuzung und bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ weiter entfernt. Im Nahbereich der Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals ergeben sich jahresmittlere PM_{10} -Immissionen von bis zu $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

An den Fassaden der bestehenden Bebauung werden im Betrachtungsgebiet im Prognosenullfall bis zu $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Bereichen der Grabenstraße und Feuerbacher Straße berechnet. In der Stuttgarter Straße und Graf-Ulrich-Straße werden, ausgenommen dem Nahbereich der Sonnenkreuzung, bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere PM_{10} -Immissionen im Jahresmittel berechnet. Im Plangebiet werden an der bestehenden Bebauung bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Der PM_{10} -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten. Der jahresmittlere Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird im Prognosenullfall an der bestehenden Bebauung ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten.



Im Planfall der Variante 1, d. h. mit 5. Geschoss als Staffelgeschoss, führen die Neubebauungen zu geänderten Windverhältnissen und der Betrieb der Tiefgaragen sowie die geplanten Nutzungen zu zusätzlichen Emissionen. In Folge erhöhen sich die PM10-Konzentrationen entlang der Grabenstraße, Feuerbacher Straße und Stuttgarter Straße in der Umgebung des Plangebietes leicht (**Abb. 6.5**). Entlang den Fahrbahnrändern an der Graben- und Feuerbacher Straße werden weiterhin bis zu $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, in Bereichen der Stuttgarter Straße ergeben sich Erhöhungen auf bis zu $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in kleinen Teilstücken. Im Bereich der Graf-Ulrich-Straße ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen gegenüber dem Prognosnullfall und auf den Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals werden bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere jährliche PM10-Immissionen berechnet.

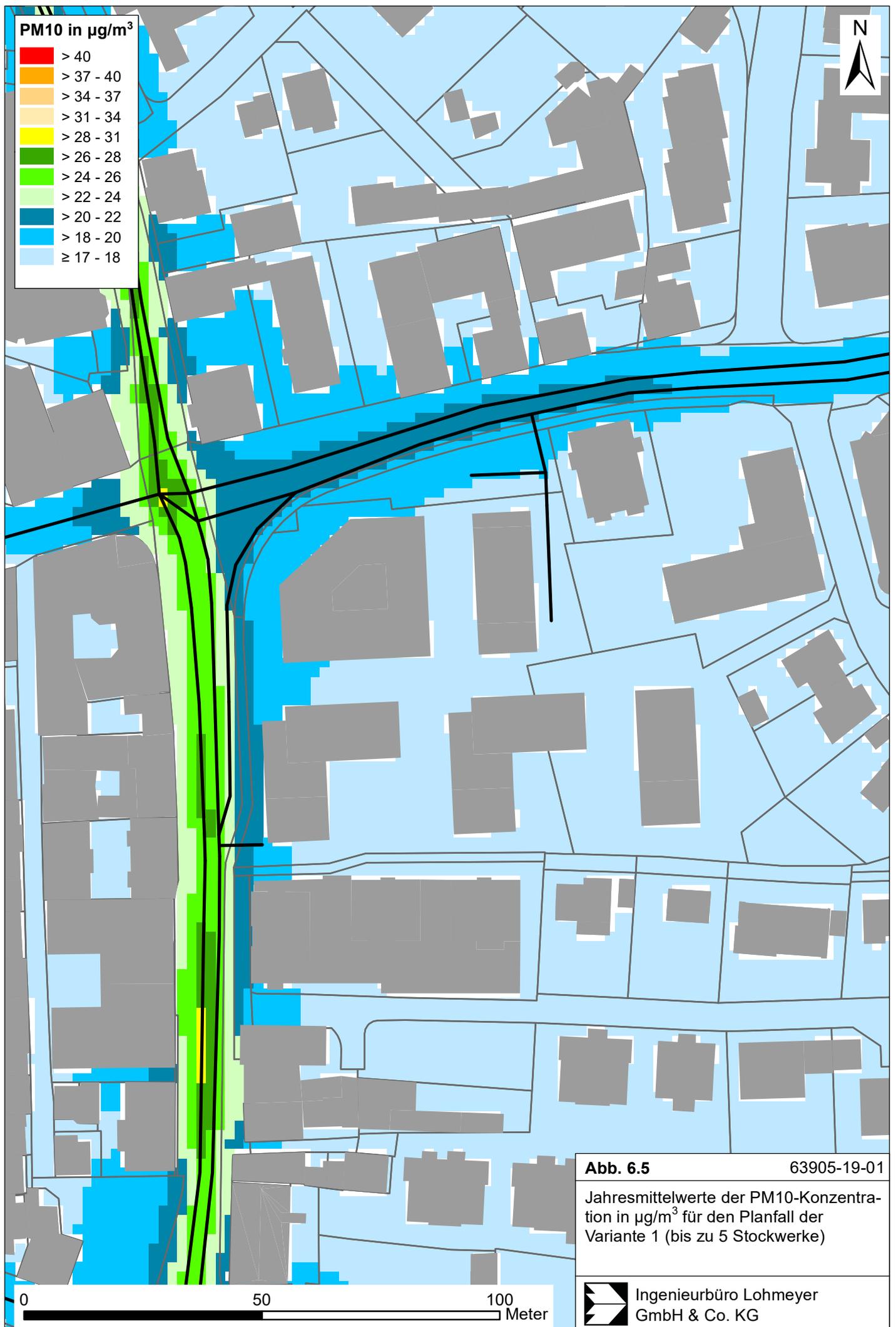
An den Fassaden der bestehenden Bebauung werden im Betrachtungsgebiet im Planfall der Variante 1 bis zu $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in einem Teilbereich der Grabenstraße und bis zu $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den übrigen Bereichen der Grabenstraße und der Feuerbacher Straße berechnet. In der Stuttgarter Straße und Graf-Ulrich-Straße werden, ausgenommen dem Nahbereich der Sonnenkreuzung, bis zu $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere PM10-Immissionen im Jahresmittel berechnet. Im Plangebiet werden an der geplanten Bebauung bis zu $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

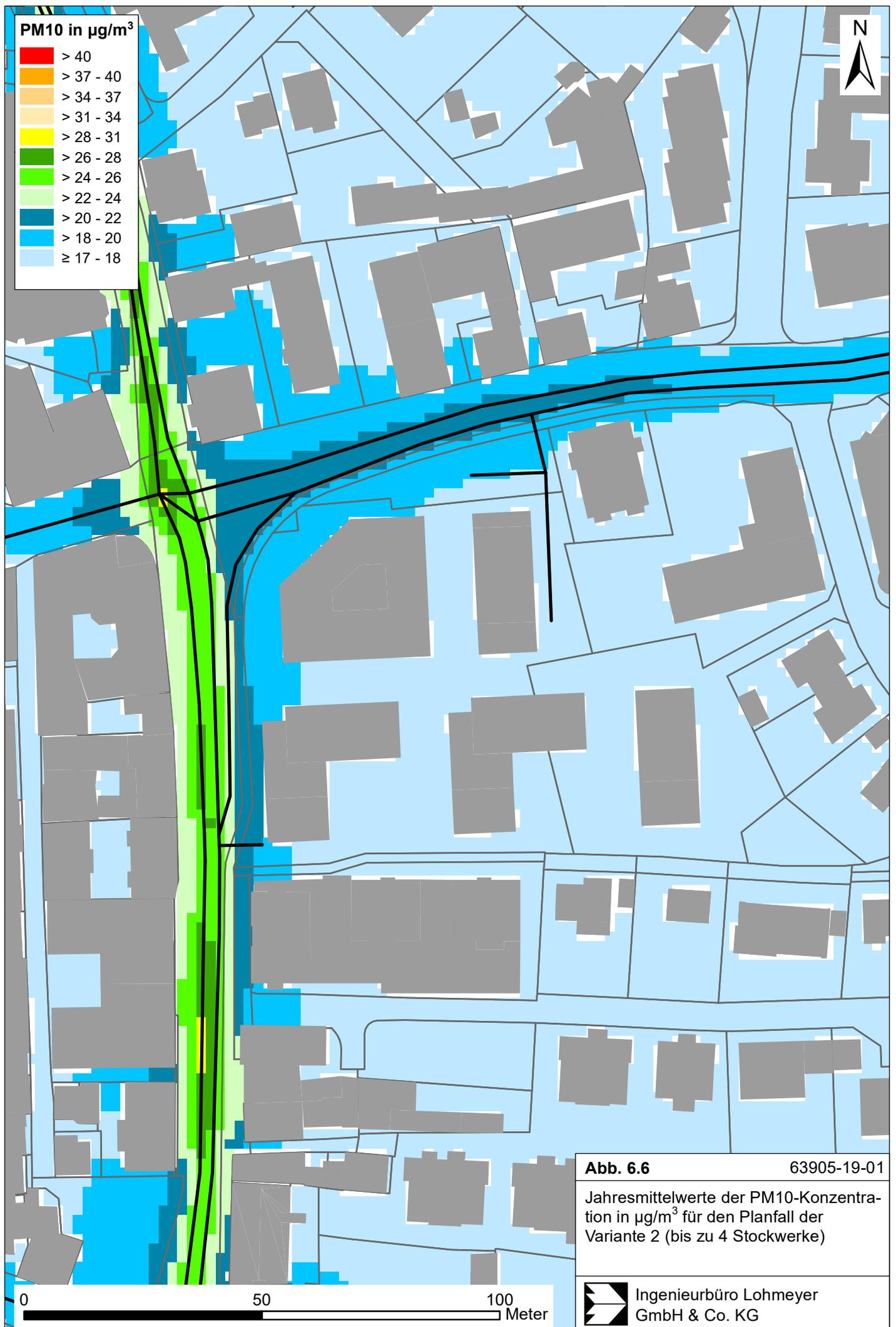
Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Der PM10-Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Planfall der Variante 1 an der bestehenden und geplanten Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten.

Der jahresmittlere Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird im Planfall der Variante 1 an der bestehenden und geplanten Bebauung ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten.

Gegenüber dem Planfall der Variante 1 unterscheidet sich der Planfall der Variante 2 nur in Bezug auf den Verzicht der 5. Staffelgeschosse. Dies hat geänderte Windverhältnisse zur Folge, die sich wiederum auf die Verteilung der PM10-Konzentrationen auswirken. **Abb. 6.6** zeigt die jahresmittleren PM10-Konzentrationen im Planfall der Variante 2. Veränderungen in den PM10-Konzentrationen betreffen nur die direkte Umgebung des Plangebietes und das Plangebiet selbst, wobei die Veränderungen sehr gering sind und in beurteilungsrelevanten Bereichen keine Grenzwerte erreicht oder überschritten werden.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Der





PM10-Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Planfall der Variante 2 an der bestehenden und geplanten Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten. Der jahresmittlere Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird im Planfall der Variante 2 an der bestehenden und geplanten Bebauung ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten.

7 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN

7.1 Planvariante 3

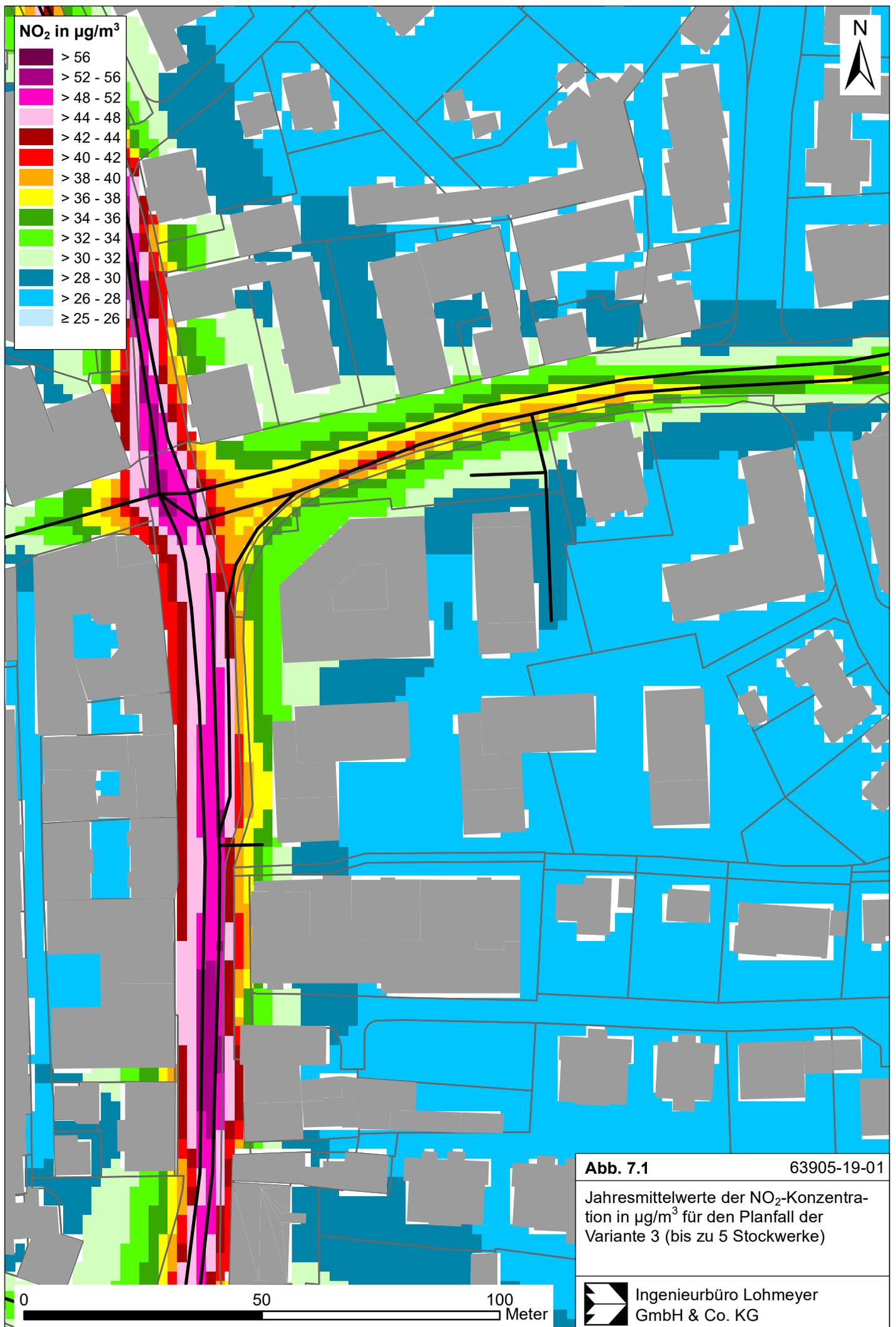
Ergänzend zu den bisherigen Betrachtungen ist eine dritte Planvariante angefragt. Diese basiert auf der Planvariante 1, d. h. mit den fünften Stockwerken als Staffelgeschossen, wobei die drei südlichen Plangebäude um 2 m nach Osten verschoben sind.

7.1.1 Stickstoffdioxid

Die Betrachtungen erfolgen analog der in Kapitel 6 beschriebenen Ergebnisse, d. h. die Auswertung der berechneten NO₂-Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten beziehungsweise dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude.

Die im Vergleich zur Planvariante 1 um 2 m nach Osten verschobenen südlichen Plangebäude haben geänderte Windverhältnisse zur Folge, die sich wiederum auf die Verteilung der NO₂-Konzentrationen auswirken. **Abb. 7.1** zeigt die jahresmittleren NO₂-Konzentrationen im Planfall der Variante 3. Veränderungen in den NO₂-Konzentrationen betreffen nur die direkte Umgebung des Plangebietes und das Plangebiet selbst. Die NO₂-Immissionen an den Fahrbahnrandern sind im Planfall der Variante 3 weiterhin bis zu 48 µg/m³ an der Grabenstraße und Feuerbacher Straße, bis zu 40 µg/m³ an der Stuttgarter Straße, bis zu etwa 40 µg/m³ an der Graf-Ulrich-Straße im Nahbereich der Sonnenkreuzung und etwa 32 µg/m³ und weniger in mehr als 25 m davon entfernten Bereichen; auf den Stellplatzanlagen des Kreissparkassen-Areals werden bis zu 32 µg/m³ mittlere jährliche NO₂-Immissionen berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen des Grenzwertes für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ im Untersuchungsgebiet an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. In Teilbereichen ergeben sich an den Fassaden der bestehenden Gebäude in der Grabenstraße jahresmittlere NO₂-Konzentrationen über 44 µg/m³ und bis zu 46 µg/m³. An den Gebäudefassaden, an denen mehr als 40 µg/m³ mittlere jährliche NO₂-Immissionen berechnet werden, ergeben sich Erhöhungen von weniger als 1 µg/m³ gegenüber dem Prognosenullfall. In der Feuerbacher Straße werden bis zu 48 µg/m³ und an der Graf-Ulrich-Straße bis zu 40 µg/m³ im Bereich der Sonnenkreuzung und bis zu 32 µg/m³ in etwa 25 m Entfernung davon erreicht. An der Stuttgarter Straße werden bis zu 36 µg/m³ NO₂-Immissionen an den bestehenden Fassaden der Gebäude berechnet.



Gegenüber dem Planfall der Variante 1 (bis zu 5 Geschosse) ergeben sich in Bereichen mit Grenzwertüberschreitungen Verringerungen entlang der Grabenstraße zwischen dem südlichen Bereich der Grabenstraße 14 und der Sonnenkreuzung; sonst ergeben sich keine nennenswerten Änderungen zwischen den beiden Varianten. Im Vergleich zu Variante 2 (bis zu 4 Geschosse) ergeben sich Verringerungen im Bereich der Grabenstraße nördlich der Grabenstraße 14 bis zur Sonnenkreuzung und geringe Erhöhungen südwestlich der Grabenstraße 14.

Für nicht von Grenzwertüberschreitungen betroffene Bereiche in direkter Nähe des Plangebietes werden am südlich davon liegenden Gebäude (Grabenstraße 14) bis zu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mittlere NO_2 -Immissionen im Jahresmittel berechnet. Für den Messstandort werden in Messhöhe für das Prognosejahr 2025 etwa $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Planfall der Variante 3 berechnet. Am nordöstlich des Plangebietes anschließenden Gebäude (Stuttgarter Straße 8) werden bis zu $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht, d. h. vergleichbare Werte wie im Planfall der Variante 1. An den übrigen straßenfernen Gebäuden in direkter Nähe zum Plangebiet, d. h. östlich der Grabenstraße 14 und südöstlich der Stuttgarter Straße 8, werden weiterhin bis $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet.

Für nicht von Grenzwertüberschreitungen betroffene Bereiche innerhalb des Plangebietes werden an der geplanten Kreissparkasse aufgrund der modifizierten Gebäudeumströmung gegenüber dem Planfall der Variante 1 geringere Werte berechnet, d. h. bis zu $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jahresmittlere NO_2 -Immissionen, vergleichbar mit Variante 2. Am südlich der Kreissparkasse liegenden Plangebäude werden aufgrund des Abrückens des Gebäudes von der Straße über $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geringere Werte gegenüber den Planvarianten 1 und 2 berechnet, d. h. bis zu $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An den übrigen Plangebäuden werden bis zu $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Somit wird der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit im Planfall bei der Variante 3 an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entlang der Grabenstraße und Feuerbacher Straße sowie im Nahbereich der Sonnenkreuzung in einigen Bereichen überschritten, wobei an wenigen Gebäuden an denen im Prognosenullfall die NO_2 -Konzentrationen über dem Grenzwert berechnet sind, die Planung eine Zunahme von knapp weniger als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bewirkt; im übrigen Gebiet wird der Grenzwert nicht überschritten. An den Gebäuden innerhalb des Plangebietes wird der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten.

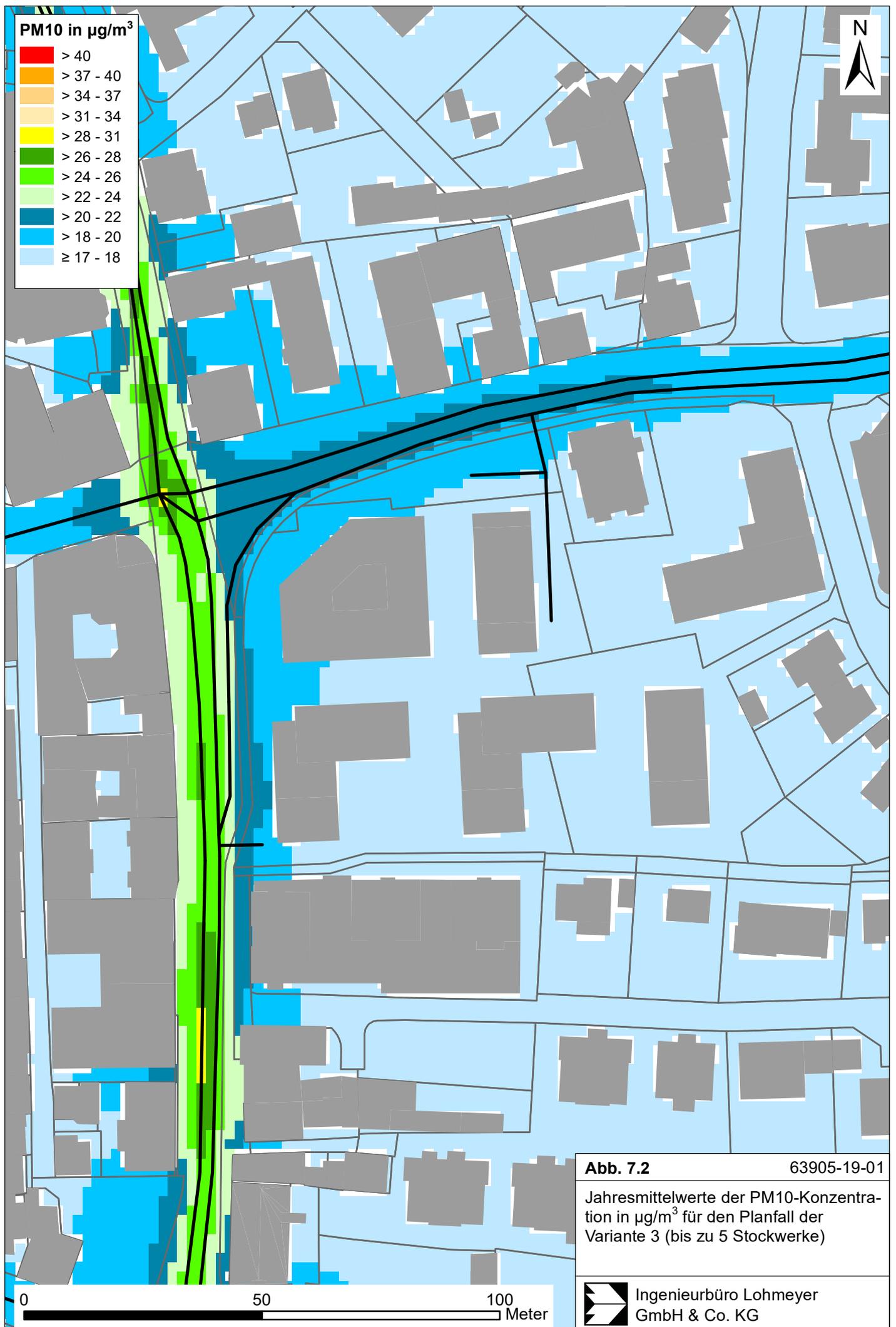
Mit zunehmender Höhe über dem Straßenniveau nehmen die Immissionen ab. Im Planfall der Variante 3 werden die höchsten Werte entlang der Gebäudefassaden in der Grabenstraße auf Höhe des 1. Obergeschosses mit über $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und knapp $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, auf

Höhe des 2. Obergeschosses werden $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht mehr erreicht, d. h. ab dem 2. Obergeschoss wird der Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 -Immissionen im Jahresmittel nicht mehr erreicht und nicht mehr überschritten.

7.1.2 Feinstaub (PM10)

Die im Vergleich zur Planvariante 1 um 2 m nach Osten verschobenen südlichen Plangebäude haben geänderte Windverhältnisse zur Folge, die sich wiederum auf die Verteilung der PM10-Konzentrationen auswirken. **Abb. 7.2** zeigt die jahresmittleren PM10-Konzentrationen im Planfall der Variante 3. Veränderungen in den PM10-Konzentrationen betreffen nur die direkte Umgebung des Plangebietes und das Plangebiet selbst, wobei die Veränderungen sehr gering sind und in beurteilungsrelevanten Bereichen keine Grenzwerte erreicht oder überschritten werden.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung führen. Der PM10-Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Planfall der Variante 3 an der bestehenden und geplanten Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen nicht erreicht und nicht überschritten. Der jahresmittlere Schwellenwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Ableitung der Kurzzeitbelastung wird im Planfall der Variante 3 an der bestehenden und geplanten Bebauung ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten.



8 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. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de
- Ackermann + Raff, 2019: Machbarkeitsstudie KSK Böblingen. 30.07.2019.
- 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.
- De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of health impacts of exposure to PM2.5 at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air and Climate Change, June 2009.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Würzler, 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.
- Eichhorn, J. (2011): MISKAM - Handbuch zu Version 6. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, November 2011.
- Eichhorn, J. und A. Kniffka (2010): The numerical flow model MISKAM: State of development and evaluation of the basic version. Meteorologische Zeitschrift 19(1), 81-90.
- EU-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.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Böisinger, 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.
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- 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.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- LUBW (2010-2019): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg. Im Internet unter www.lubw.baden-wuerttemberg.de.

- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- Richter-Richard, 2019: Stadt Leonberg – Machbarkeitsstudie zum Umbau der Sonnenkreuzung. 10.05.2019.
- RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138). <http://bwplus.fzk.de>
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / August 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (1997): Verordnung des Wirtschaftsministeriums über Garagen und Stellplätze Baden-Württemberg (Garagenverordnung - GaVO). 07.07.1997; letzte Änderung: 23.02.2017.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, zum Beispiel Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen beziehungsweise 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, zum Beispiel 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 PM_{10} -Fraktion über ein Kalender-

jahr 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 unter anderem 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 kleiner gleich 2.5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

A1.2 Vorsorgewerte

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

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

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 sollte dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft werden.

A N H A N G A 2
FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

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

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter beziehungsweise 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, das heißt Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf.

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen beziehungs-

weise Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

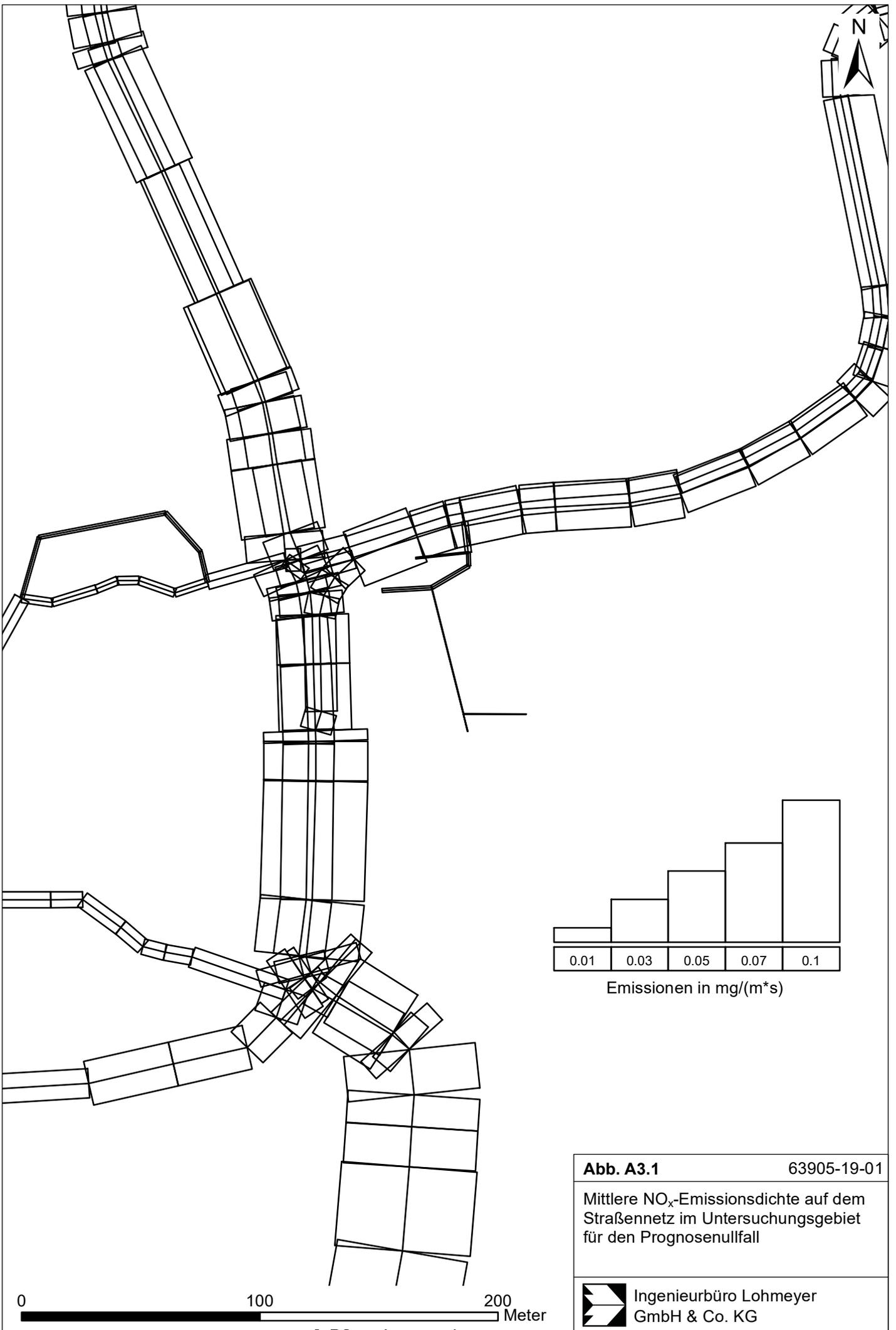
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von circa 20 % angenommen.

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

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, das heißt dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE



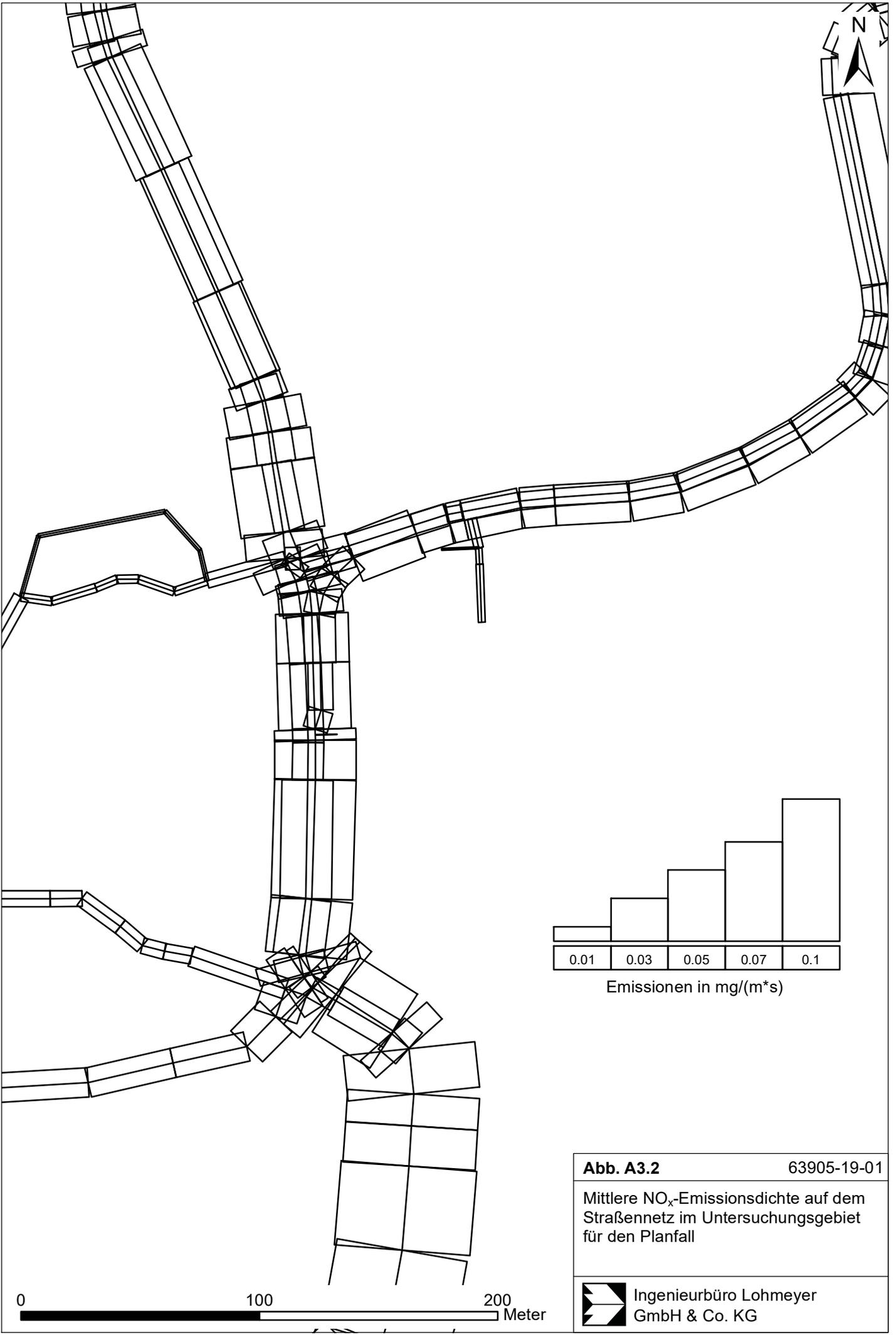


Abb. A3.2 63905-19-01

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

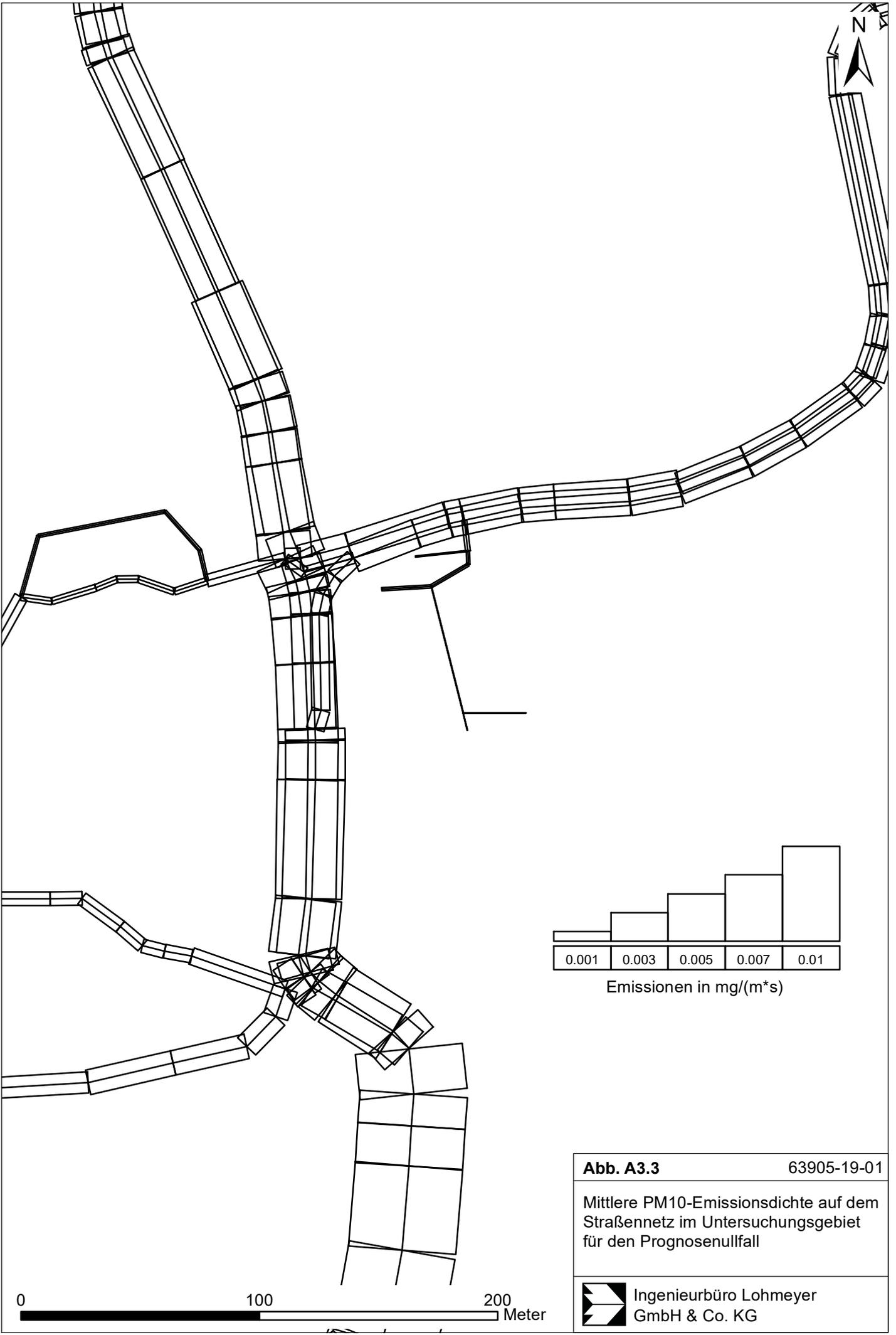


Abb. A3.3 63905-19-01

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

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

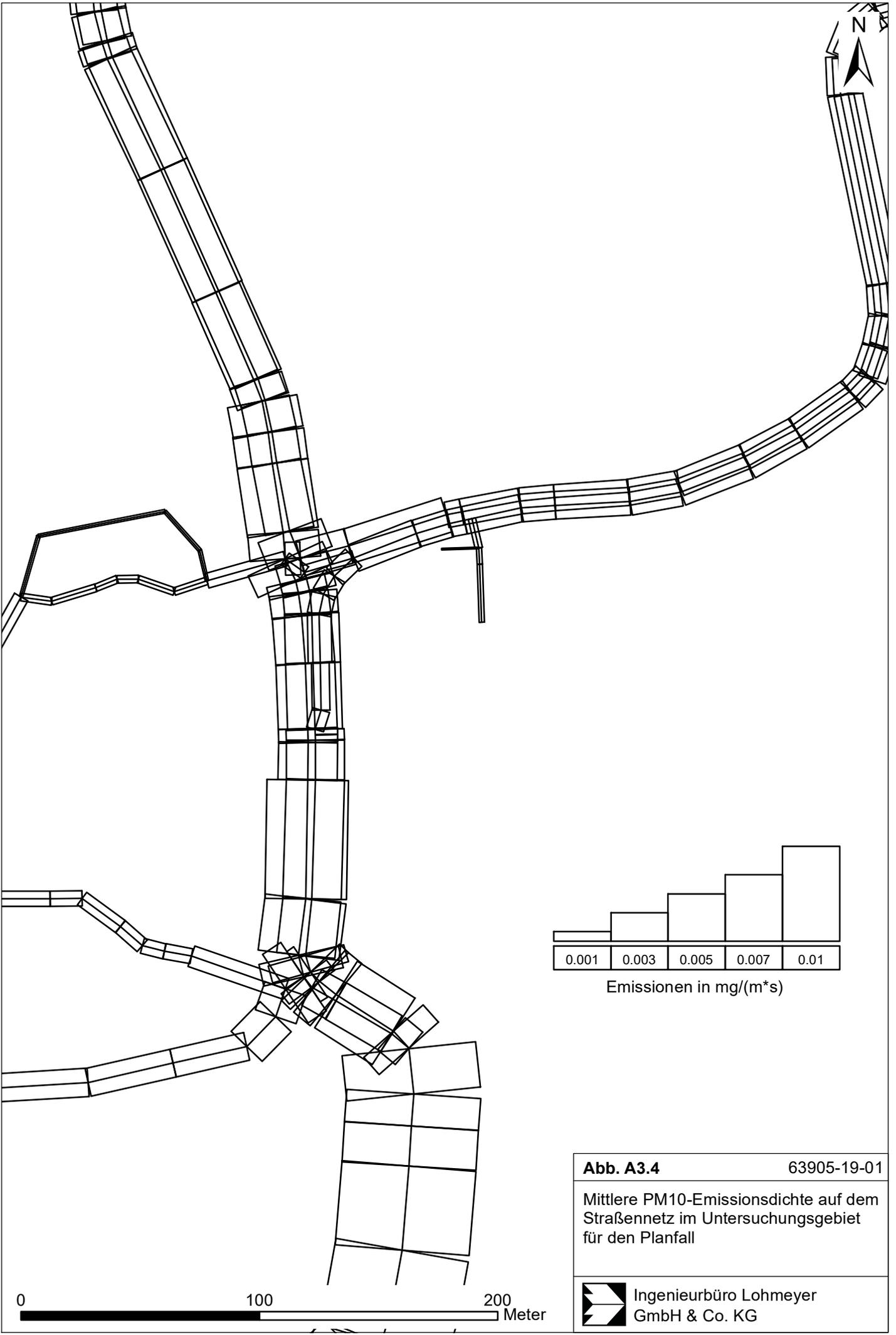


Abb. A3.4

63905-19-01

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



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG