

**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. Wolfgang Bächlin

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

**EMMENDINGEN, BEBAUUNGSPLAN
"THEODOR-LUDWIG-STRASSE"**

- LUFTSCHADSTOFFBETRACHTUNGEN -

Auftraggeber: FICHTNER Water & Transportation
GmbH
Linnéstr. 5
79110 Freiburg

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Dezember 2017
Projekt 63497-17-01
Berichtsumfang 39 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	6
3 VORGEHENSWEISE	7
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM	7
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe	8
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	9
4 EINGANGSDATEN	10
4.1 Verkehrsdaten	10
4.2 Meteorologische Daten	13
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	13
5 EMISSIONEN	17
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	17
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	17
5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	17
6 ERGEBNISSE	21
7 LITERATUR	28
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	31
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG	35
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	38

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 z.B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

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

Feinstaub / PM10 / PM2.5

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Emmendingen ist im Innenstadtbereich der Bebauungsplan „Theodor-Ludwig-Straße“ mit dem der Neubau eines Einzelhandelszentrums mit einem 5-geschossigen Parkhaus in Erarbeitung. Das Vorhaben befindet sich zwischen Marktplatz, Theodor-Ludwig- und Hochburger Straße. Aufgrund der innerstädtischen Lage, der benachbarten Hauptverkehrsstraße und dem geplanten Betrieb eines Parkhauses sind u.a. Aussagen über die Luftschadstoffe 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 (NO_2) zutrifft und das an Messdaten des Landesmessnetzes in der Umgebung von Emmendingen abzulesen ist.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA3.3, Stand 2017) die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet wird der Schadstoff NO_2 . Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV (2010).

Im Betrachtungsgebiet werden im Prognosenullfall die höchsten Konzentrationen entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten berechnet. Das betrifft insbesondere die Hochburger Straße, an deren Randbebauung im Bereich gegenüber des Plangebietes NO_2 -Immissionen bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet sind. Nur auf den Fahrbahnen der Hauptverkehrsstraßen sind NO_2 -Konzentrationen teilweise über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Mit zunehmendem Abstand von der Hauptverkehrsstraße sind geringere NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Für den Hofbereich des Betrachtungsgebietes, d.h. die von der Theodor-Ludwig-Straße abgewandte Gebäudeseite, werden im Prognosenullfall ohne Berücksichtigung weiterer Freisetzungen im Hofbereich NO_2 -Konzentrationen unter $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, überwiegend auch unter $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Im Planfall führt die geplante Bebauung zu modifizierten bodennahen Windverhältnissen; weiterhin sind mit dem Betrieb des Parkhauses veränderte bodennahe Schadstofffreisetzungen zu erwarten. Damit sind an der geplanten Bebauung an der Hochburger Straße NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, an der gegenüberliegenden Bebauung bis $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im Innenhofbereich des Plangebietes sind im Erdgeschoss NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Nur im Bereich der Ausfahrt des Parkhauses und auf den Fahrbahnen der Hauptverkehrsstraßen sind NO_2 -Konzentrationen teilweise über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Im Innenhofbereich des Plangebietes, d.h. an der von der Theodor-Ludwig-Straße abgewandten Gebäudeseite, sind im Erdgeschoss NO_2 -Immissionen unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Während über die enge Öffnung nach Norden zur Hauptverkehrsstraße geringe verkehrsbedingte Schadstoffbeiträge in den Innenhof eingetragen werden, tragen die Schadstofffreisetzungen im geplanten Parkhaus über die Fassadenöffnungen zum Schadstofftransport von wenigen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Innenhof bei; die an der rückwärtigen Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße berechneten NO_2 -Konzentrationen unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen deutlich nicht zu Konflikten mit dem NO_2 -Grenzwert der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Damit sind mit den Berechnungen durch die Planung und den Betrieb des geplanten, zentrumsnahen Parkhaus keine intensiven Zunahmen der NO_2 -Konzentrationen an der bestehenden Bebauung prognostiziert. Mit zunehmendem Abstand von der Hauptverkehrsstraße sind geringere NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An den von den Hauptverkehrsstraßen mit größerem Abstand gelegenen Gebäuden sind im Prognosenullfall und im Planfall überwiegend NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der geplanten Bebauung wird auch an der zur Hochburger Straße orientierten Gebäudeseite bei NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten.

In höheren Stockwerken sind trotz Freisetzung der Schadstoffbeiträge der Parkhausebenen über die Fassaden geringere NO_2 -Jahresmittelwerte gegenüber dem Erdgeschoss dargestellt. Im 2. Obergeschoss sind an der geplanten Bebauung an der Hochberger Straße NO_2 -Konzentrationen bis $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, innerhalb des Innenhofbereichs am Parkhaus bis ca. $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An der rückwärtigen Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße gegenüber dem Parkhaus sind NO_2 -Konzentrationen bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert; diese NO_2 -

Konzentrationen führen dort deutlich nicht zu Konflikten mit dem NO₂-Grenzwert der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 40 µg/m³. Das trifft weitgehend auch im 3. Obergeschoss zu.

Gegenüber den berechneten NO₂-Konzentrationen ist für andere Luftschadstoffe wie Feinstaub PM10 festzuhalten, dass sowohl die Messwerte der umliegenden Stationen des Landesmessnetzes geringere Konzentrationen aufweisen als auch die verkehrsbedingten Emissionen deutlich geringer sind. In Bezug auf die Beurteilungswerte der 39. BImSchV sind damit deutlich keine Konflikte zu erwarten.

Aus lufthygienischer Sicht sind die Planungen bezogen auf die Beurteilungswerte der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht abzulehnen; sie führen nicht zu Konflikten mit den Beurteilungswerten an bestehenden und geplanten sensiblen Nutzungen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Emmendingen ist im Innenstadtbereich der Bebauungsplan „Theodor-Ludwig-Straße“ mit dem der Neubau eines Einzelhandelszentrums mit einem 5-geschossigen Parkhaus in Erarbeitung. Das Vorhaben befindet sich zwischen Marktplatz, Theodor-Ludwig- und Hochburger Straße. Aufgrund der innerstädtischen Lage, der benachbarten Hauptverkehrsstraße und dem geplanten Betrieb eines Parkhauses sind u.a. Aussagen über die Luftschadstoffe erforderlich.

Für die Genehmigung des geplanten Bauvorhabens sind u.a. Aussagen zu Umweltbelangen erforderlich, wie z.B. Auswirkungen auf die Luftschadstoffbelastungen an benachbarter, bestehender Wohnbebauung sowie an der geplanten Bebauung. Dabei ist zu prüfen, ob sich durch die o. g. Planungen die Luftkonzentrationen verkehrsbedingter Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen.

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) zutrifft.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplante Bebauung verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf den v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoff Stickstoffdioxid (NO₂); für Feinstaub (PM10, PM2.5) sind demgegenüber entsprechend den Messdaten der letzten Jahre geringere verkehrsbedingte Beiträge zu erwarten. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der innerstädtischen Lage 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, 1995). 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 rechteckige Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht jeweils aus 390 x 390 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 200 m x 1 200 m. Es wird jeweils ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Planung an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Git-

ter mit 37 Ebenen bis in eine Höhe von 460 m über Grund, wobei die Ebenen 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 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik und basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

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 Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO₂-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Standorten abgeschätzt.

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für NO₂ zusammenfassend dargestellt und zur Information ergänzt um die Beurteilungswerte für

Feinstaub (PM10 und PM2.5). Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

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

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

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend den vorliegenden Messdaten für Deutschland wird dieser Kurzzeitgrenzwert nur vereinzelt überschritten und ist im Vergleich zum NO₂-Jahresmittelgrenzwert weniger kritisch und wird hier nicht explizit betrachtet.

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.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt, wobei die bestehende Bebauung grau, die geplante Bebauung schwarz und die entfallenden Gebäude als Umriss dargestellt sind.

Das Bebauungsplangebiet „Theodor-Ludwig-Straße“ befindet sich im Innenstadtbereich von Emmendingen. Der wesentliche Bereich des Plangebietes befindet sich auf der rückwärtigen Seite der Theodor-Ludwig-Straße zwischen der bestehenden Straßenrandbebauung und der östlich angrenzenden Gewerbenutzung, weist jedoch eine direkte Verbindung zum Marktplatz in südwestlicher Richtung und zur Hochburger Straße in nördlicher Richtung auf. Die verkehrliche Erschließung des geplanten Parkhauses soll über die Hochburger Straße erfolgen und das Parkhaus mit seiner Nord-Süd-Ausrichtung ist am östlichen Rand des Bebauungsplangebietes entlang der benachbarten gewerblichen Nutzung vorgesehen. Damit befindet sich das geplante Parkhaus in einem durch mehrgeschossige Gebäude umgebenen Hofbereich.

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

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Straßennetz in der Umgebung der Planung wurden durch den Auftraggeber mit Angabe von durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und der LKW-Anteile für die Hauptverkehrsstraßen und den Planfall übergeben.

Weiter wurden aus den Angaben für die knapp 300 Stellplätze des geplanten Parkhauses ca. 3 000 Fahrten pro Tag abgeleitet.

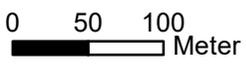
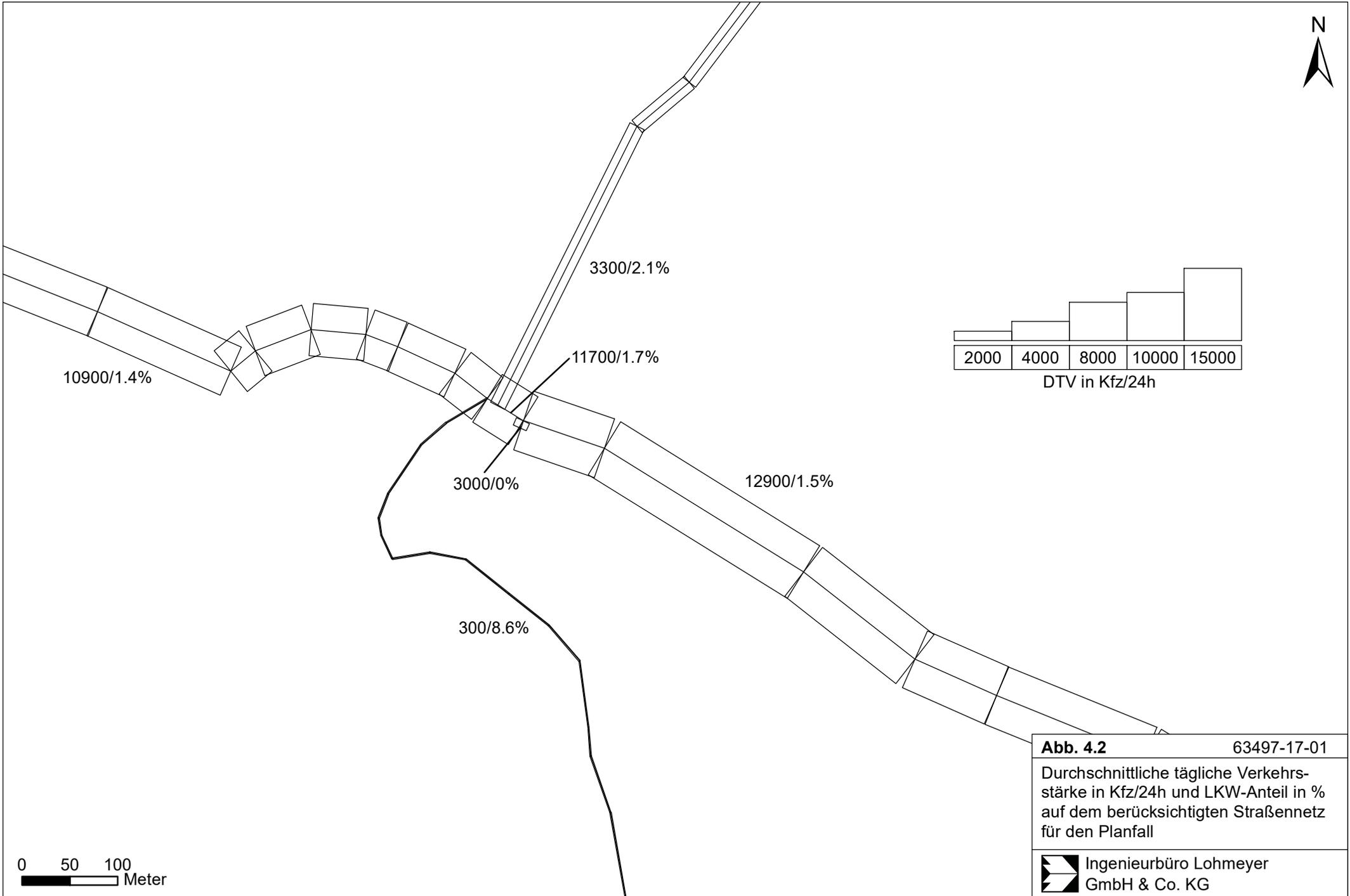
In **Abb. 4.2** sind die täglichen Verkehrsmengen für den Planfall aufgetragen.



Abb. 4.1 63497-17-01
 Lageplan des Untersuchungsgebietes

- Straße
- bestehendes Gebäude
- entfallendes Gebäude
- geplantes Gebäude

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG



4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung werden repräsentative Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Für das Stadtgebiet von Emmendingen liegen keine Windmessdaten vor.

Für Baden-Württemberg stellt die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Steckbriefe synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken basierend auf Modellsimulationen für ein 500 m-Raster zur Verfügung.

Für das Untersuchungsgebiet in Emmendingen sind die Windrichtungsverteilungen des Steckbriefs der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken durch Windrichtungen mit Nordost bis Ost sowie Südsüdost sowie Nordnordwest geprägt bei einer geringen mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 1.5 m/s.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die synthetischen Winddaten für das Stadtzentrum von Emmendingen unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Plangebietes herangezogen.

4.3 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, 2007-2016). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt.

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

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

Version 2.05

Lage in Gauß-Krüger DHDN/PD (Lagestatus 100)

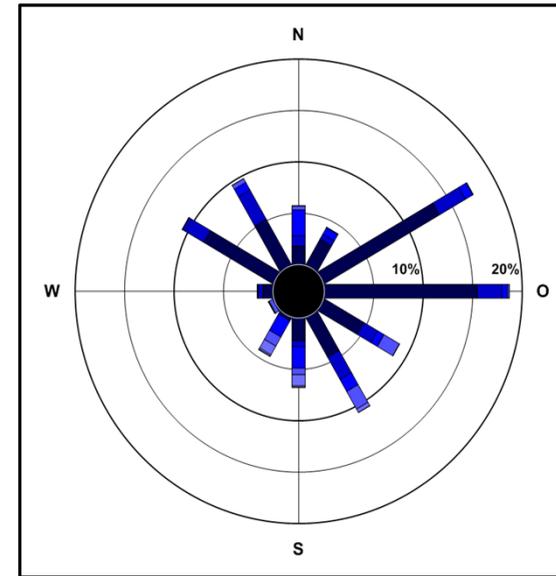
Rechtswert: 3 414 500
 Hochwert: 5 332 000

Mittlere Windgeschwindigkeit:

1.5 m/s

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

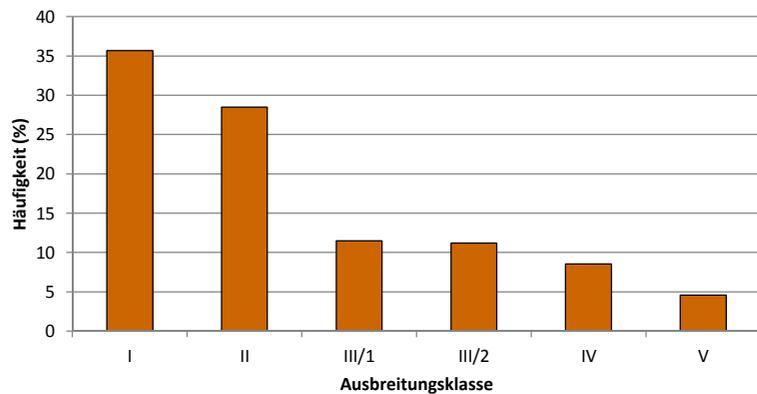
Geschwindigkeit	0-1.3	1.4-1.8	1.9-2.3	2.4-3.8	3.9-5.4	5.5-6.9	7.0-8.4	8.5-10.0	> 10.0	Summe
Richtung	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	
345°-015°	1.90	0.98	2.54	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
015°-045°	2.98	0.56	0.73	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.30
045°-075°	13.53	3.04	0.85	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.50
075°-105°	15.54	2.50	0.55	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.77
105°-135°	4.69	1.64	0.74	1.80	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	8.87
135°-165°	4.50	2.50	1.35	1.98	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	10.72
165°-195°	2.27	0.60	2.09	0.62	1.10	0.15	0.00	0.00	0.00	6.83
195°-225°	0.39	0.01	1.84	1.02	0.98	0.14	0.00	0.05	0.00	4.42
225°-255°	0.01	0.00	0.16	0.39	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.66
255°-285°	1.10	0.48	0.03	0.03	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.67
285°-315°	8.16	2.22	0.25	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	10.70
315°-345°	5.20	3.30	0.85	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.78
Summe	60.26	17.80	11.97	6.96	2.56	0.37	0.00	0.08	0.00	100.00



Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier in %

Klasse	I	II	III/1	III/2	IV	V
	35.70	28.49	11.48	11.21	8.53	4.60

Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach Klug/Manier



Häufigkeit der Windgeschwindigkeitsklassen nach TA Luft

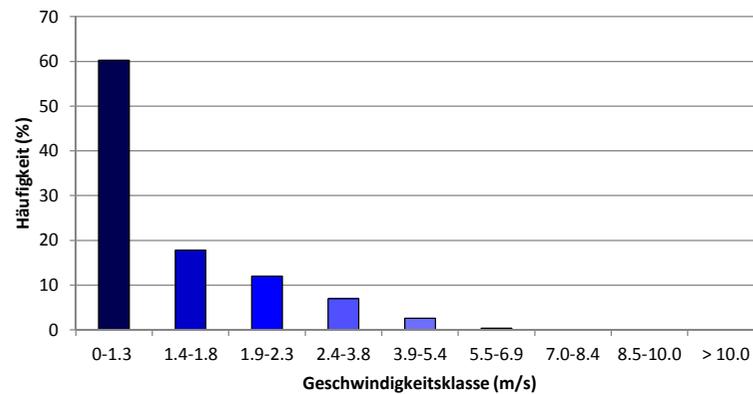


Abb. 4.3 63497-17-01

Windrose Emmendingen

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Freiburg-Mitte	Freiburg Zähringer Straße	Freiburg Schwarzwaldstraße	Schwarzwald Süd	Neuenburg
NO ₂ Jahresmittel (µg/m ³)	2007	20	49	68	5	23
	2008	21	45	69	4	21
	2009	22	48	70	4	22
	2010	22	52	70	5	21
	2011	21	48	67	4	20
	2012	19	50	65	4	19
	2013	22	44	65	5	19
	2014	19	43	62	4	19
	2015	19	41	56	4	20
	2016	21	41	-	4	20
PM10 Jahresmittel (µg/m ³)	2007	18	27	28	11	20
	2008	15	23	24	9	19
	2009	17	27	26	9	20
	2010	18	26	26	10	21
	2011	17	-	24	9	20
	2012	15	-	22	8	18
	2013	16	-	22	8	19
	2014	14	-	19	8	16
	2015	16	-	19	9	18
	2016	14	-	18	7	15
PM10- Überschreitungstage (Anzahl)	2007	11	22	21	2	9
	2008	6	14	10	1	13
	2009	11	21	16	0	14
	2010	12	20	20	0	16
	2011	7	-	10	1	9
	2012	4	-	12	0	7
	2013	4	-	13	1	10
	2014	3	-	2	0	9
	2015	3	-	4	0	7
	2016	0	-	2	0	0

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [µg/m³] an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2007-2016, für 2016 vorläufige Werte)

Die Messwerte weisen die relativ höchsten Konzentrationen für NO₂-Jahresmittelwerte und vor allem für die verkehrsnahen Messstandorte auf. Die PM10-Konzentrationen sind gegenüber den erfassten NO₂-Konzentrationen deutlich geringer.

Aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen werden für die Immissionsprognosen der Wert der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt.

Schadstoff	Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO ₂	20

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2016/2020

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

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

5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet.

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

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

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2017) entnommen.

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

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

IOS-HVS50: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h

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

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

IOS-HVS50s: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stop & Go

IOS-NS30: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

IOS-NS30: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr

IOS-NS30: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet, in dem eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Euro-6-Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Or-

ganisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt sind. Diese relativen Korrekturen und Anpassungen werden hier auch auf die leichten Nutzfahrzeuge angewendet und berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet in Emmendingen eine mittlere Lufttemperatur von ca. 10.9°C im Zeitraum 2007 bis 2016 (Quelle DWD) an der Station Emmendingen.

Die Emissionsfaktoren für die Verkehrssituationen sind in **Tab. 5.1** aufgeführt.

Tab. 5.1 gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen und die zugehörigen Emissionsfaktoren unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

Straßenparameter	Geschwindigkeit [km/h]	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2020			
		NO _x		NO ₂ direkt	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	44.9	0.304	1.580	0.0922	0.2264
IOS-HVS50d	37.0	0.333	1.950	0.1018	0.2759
IOS-HVS50g	30.8	0.384	2.116	0.1181	0.3118
IOS-HVS50s	12.8	0.502	4.845	0.1560	0.7777
IOS-NS30	30.9	0.446	2.853	0.1283	0.4357
IOS-NS30d	26.9	0.389	2.973	0.1099	0.4549
IOS-NS30g	21.9	0.421	3.513	0.1202	0.5575

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2020

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und NO₂direkt werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und Lkw-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x und direkte NO₂-Emissionen dargestellt.

Tab. 5.2 zeigt exemplarisch für die Hochburgerstraße am Plangebiet in Emmendingen die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Ergänzend sind die berechneten PM10-Emissionen bedingt durch motorbedingte Beiträge und nichtmotorbedingte Beiträge aufgeführt, die gegenüber den NO_x-Freisetzungen deutlich geringer sind.

	DTV [Kfz/24h]	Lkw-Anteil [%]	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte		
				NO _x [mg/(m*s)]	NO ₂ direkt [mg/(m*s)]	PM10 [mg/(m*s)]
Nullfall	11 900	1.5	IOS-HVS50g	0.057	0.017	0.0066
Planfall	12 900	1.5	IOS-HVS50g	0.061	0.018	0.0072

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Hochburgerstraße am Plangebiet in Emmendingen

Für den Betrieb des geplanten Parkhauses wird für jedes Parkgeschoss die mittlere tägliche Emission berechnet, die für die Ausbreitungsrechnung auf die Fassaden verteilt werden. Für die Zu- und Ausfahrt werden die Emissionen über die Ausfahrtöffnung der Rampe freigesetzt. Die mittleren täglichen Emissionen sind in **Tab. 5.3** aufgeführt. Ergänzend sind die berechneten PM10-Emissionen bedingt durch motorbedingte Beiträge und nichtmotorbedingte Beiträge aufgeführt, die gegenüber den NO_x-Freisetzungen deutlich geringer sind.

Für den Prognose Nullfall lagen keine detaillierten Informationen über den Betrieb von Stellplatzanlagen im Betrachtungsgebiet vor und wurden dementsprechend in den Immissionsberechnungen nicht berücksichtigt.

NO _x	NO ₂ direkt	PM10
382.8	104.0	36.5

Tab. 5.3: Mittlere tägliche Schadstofffreisetzung im geplanten Parkhaus in Gramm pro Tag (g/Tag)

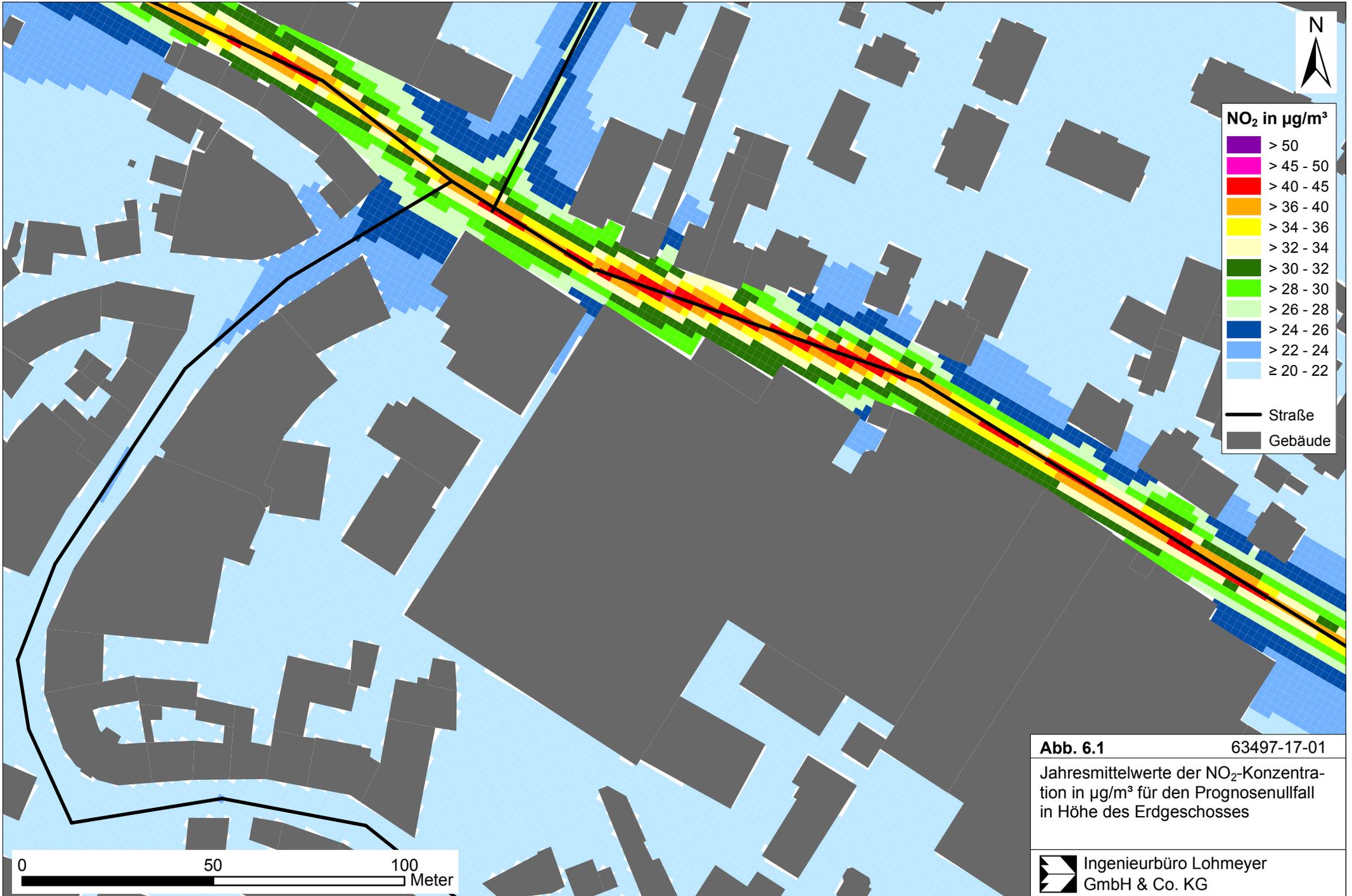
6 ERGEBNISSE

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich von Emmendingen 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 wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit wird der derzeit geltende Grenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ mit roter Farbe belegt.

Die Auswertung der berechneten NO₂-Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von ca. 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude. Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO₂-Immissionen für den Prognosenußfall. Die höchsten Konzentrationen sind entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten berechnet. Das betrifft insbesondere die Hochburger Straße, an deren Randbebauung im Bereich gegenüber des Plangebietes NO₂-Immissionen bis 35 µg/m³ berechnet sind. Nur auf den Fahrbahnen der Hauptverkehrsstraßen sind NO₂-Konzentrationen teilweise über 40 µg/m³ dargestellt. Mit zunehmendem Abstand von der Hauptverkehrsstraße sind geringere NO₂-Immissionen unter 26 µg/m³ berechnet. Für den Hofbereich des Betrachtungsgebietes, d.h. die von der Theodor-Ludwig-Straße abgewandte Gebäudeseite, werden NO₂-Konzentrationen unter 24 µg/m³, überwiegend auch unter 22 µg/m³ berechnet, wobei durch die Gebäudelücke in nördlichen Grundstücksbereich mit Orientierung zur Theodor-Ludwig-Straße und zur Hochburger Straße verkehrsbedingte Luftschadstoffbeiträge der Hauptverkehrsstraßen in den Hofbereich eingebracht werden.

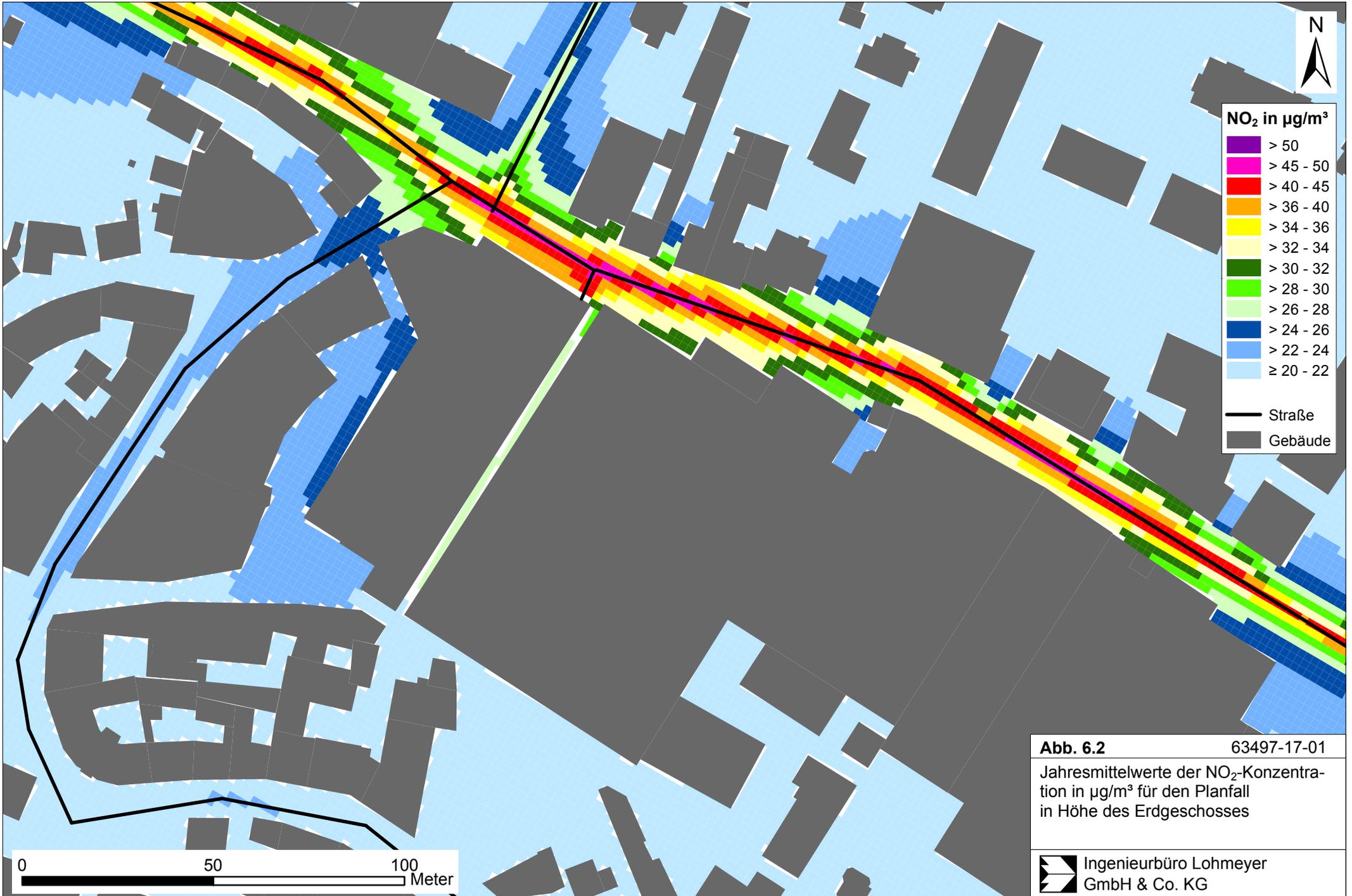
Im Planfall führt die geplante Bebauung zu modifizierten bodennahen Windverhältnissen; weiterhin sind mit dem Betrieb des Parkhauses veränderte bodennahe Schadstofffreisetzungen zu erwarten. Damit sind an der geplanten Bebauung an der Hochburger Straße NO₂-Immissionen bis 37 µg/m³ und an der gegenüberliegenden Bebauung bis 36 µg/m³ prognos-

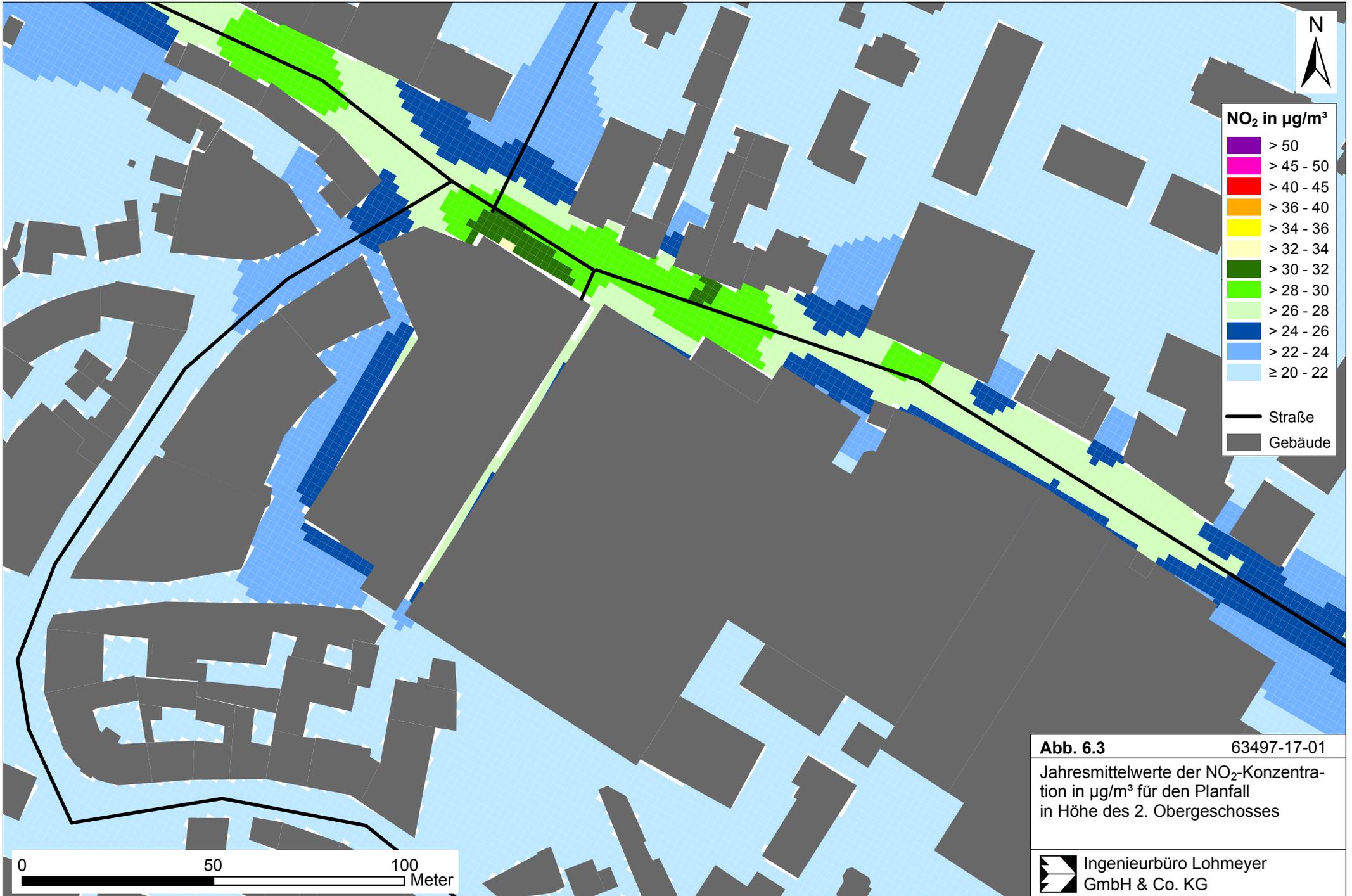


tiziert (**Abb. 6.2**). Im Innenhofbereich des Plangebietes, d.h. die von der Theodor-Ludwig-Straße abgewandte Gebäudeseite, sind im Erdgeschoss NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und überwiegend unter $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An dem geplanten Parkhaus sind in der Höhe des Erdgeschosses NO_2 -Konzentrationen bis $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und an der gegenüberliegenden Gebäudeseite, d.h. die rückwärtige Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße, NO_2 -Konzentrationen unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Während über die enge Öffnung nach Norden zur Hauptverkehrsstraße geringe verkehrsbedingte Schadstoffbeiträge in den Innenhof eingetragen werden, tragen die Schadstofffreisetzungen im geplanten Parkhaus über die Fassadenöffnungen zum Schadstofftransport von wenigen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Innenhof bei; die an der rückwärtigen Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße berechneten NO_2 -Konzentrationen unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen deutlich nicht zu Konflikten mit dem NO_2 -Grenzwert der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nur im Bereich der Ausfahrt des Parkhauses und auf den Fahrbahnen der Hauptverkehrsstraßen sind NO_2 -Konzentrationen teilweise über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Damit sind mit den Berechnungen durch die Planung und den Betrieb des geplanten, zentrumsnahen Parkhauses keine intensiven Zunahmen der NO_2 -Konzentrationen an der bestehenden Bebauung prognostiziert. Mit zunehmendem Abstand von der Hauptverkehrsstraße sind geringere NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

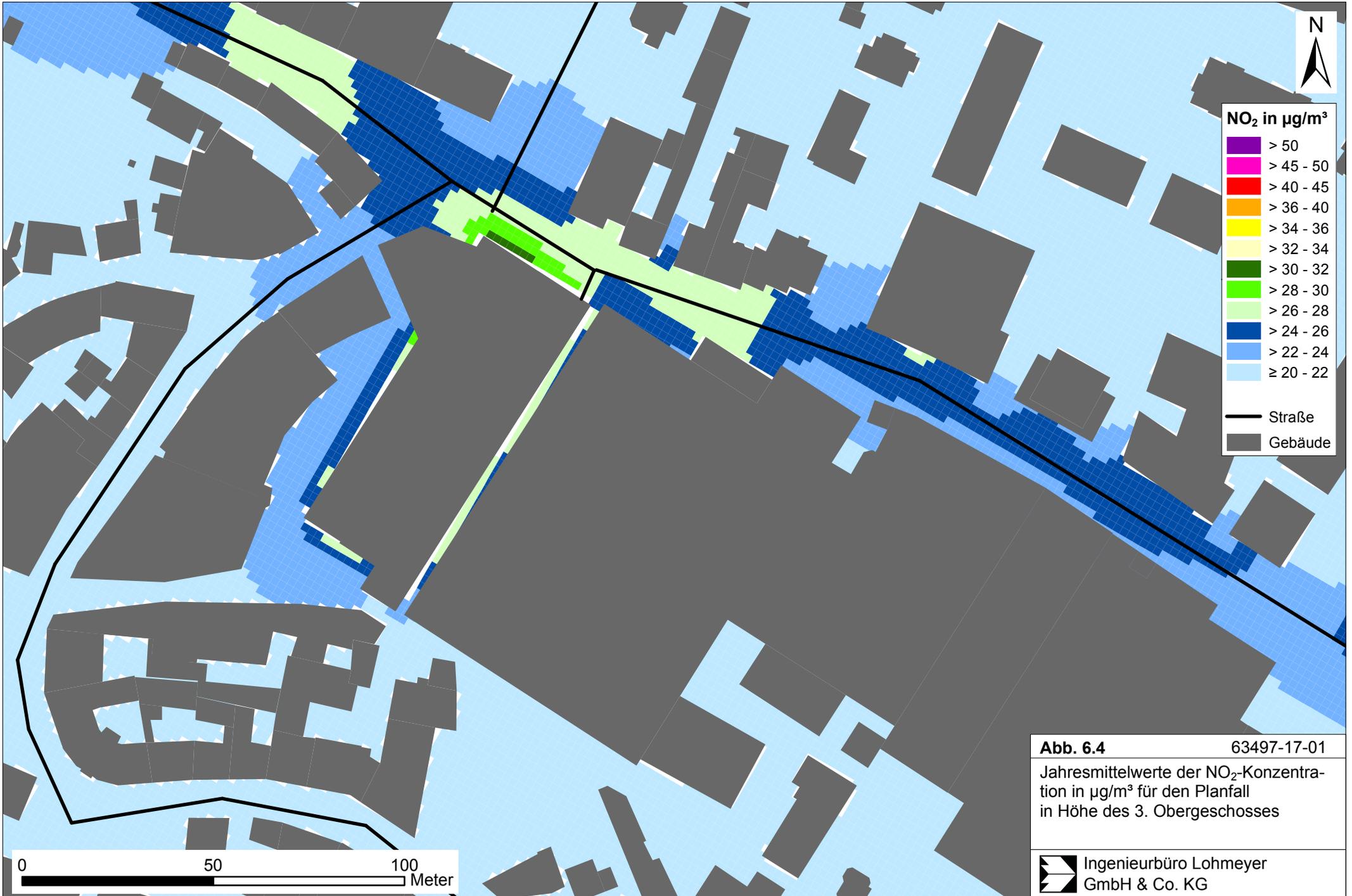
Der NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An den von den Hauptverkehrsstraßen mit größerem Abstand gelegenen Gebäuden sind im Prognosenullfall und im Planfall überwiegend NO_2 -Immissionen unter $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der geplanten Bebauung wird auch an der zur Hochburger Straße orientierten Gebäudeseite bei NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten. An der rückwärtigen Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße in Nachbarschaft des geplanten Parkhauses führen die berechneten NO_2 -Konzentrationen unter $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich nicht zu Konflikten mit dem NO_2 -Grenzwert der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In höheren Stockwerken sind trotz Freisetzung der Schadstoffbeiträge der Parkhausebenen über die Fassaden geringere NO_2 -Jahresmittelwerte gegenüber dem Erdgeschoss dargestellt. Im 2. Obergeschoss sind an der geplanten Bebauung an der Hochberger Straße NO_2 -Konzentrationen bis $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, innerhalb des Innenhofbereichs bis ca. $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (**Abb. 6.3**). An der rückwärtigen Gebäudeseite der Theodor-Ludwig-Straße gegenüber dem





Parkhaus sind NO₂-Konzentrationen bis 24 µg/m³ prognostiziert; diese NO₂-Konzentrationen führen dort deutlich nicht zu Konflikten mit dem NO₂-Grenzwert der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 40 µg/m³. Das trifft weitgehend auch im 3. Obergeschoss zu (**Abb. 6.4**).



7 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
- 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.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- 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., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparmeter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Hausberger, S. (2016): Angaben zu möglichen Korrekturfaktoren für Diesel-PKW Euro6 für die Emissionsfaktoren des HBEFA3.2. Persönliche Mitteilung.

- 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.
- LUBW (2007-2016): 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.
- 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 (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.3 / Mai 2017. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- 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.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

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

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

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

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

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

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

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

A1.2 Vorsorgewerte

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

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{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 bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

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

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

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

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

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

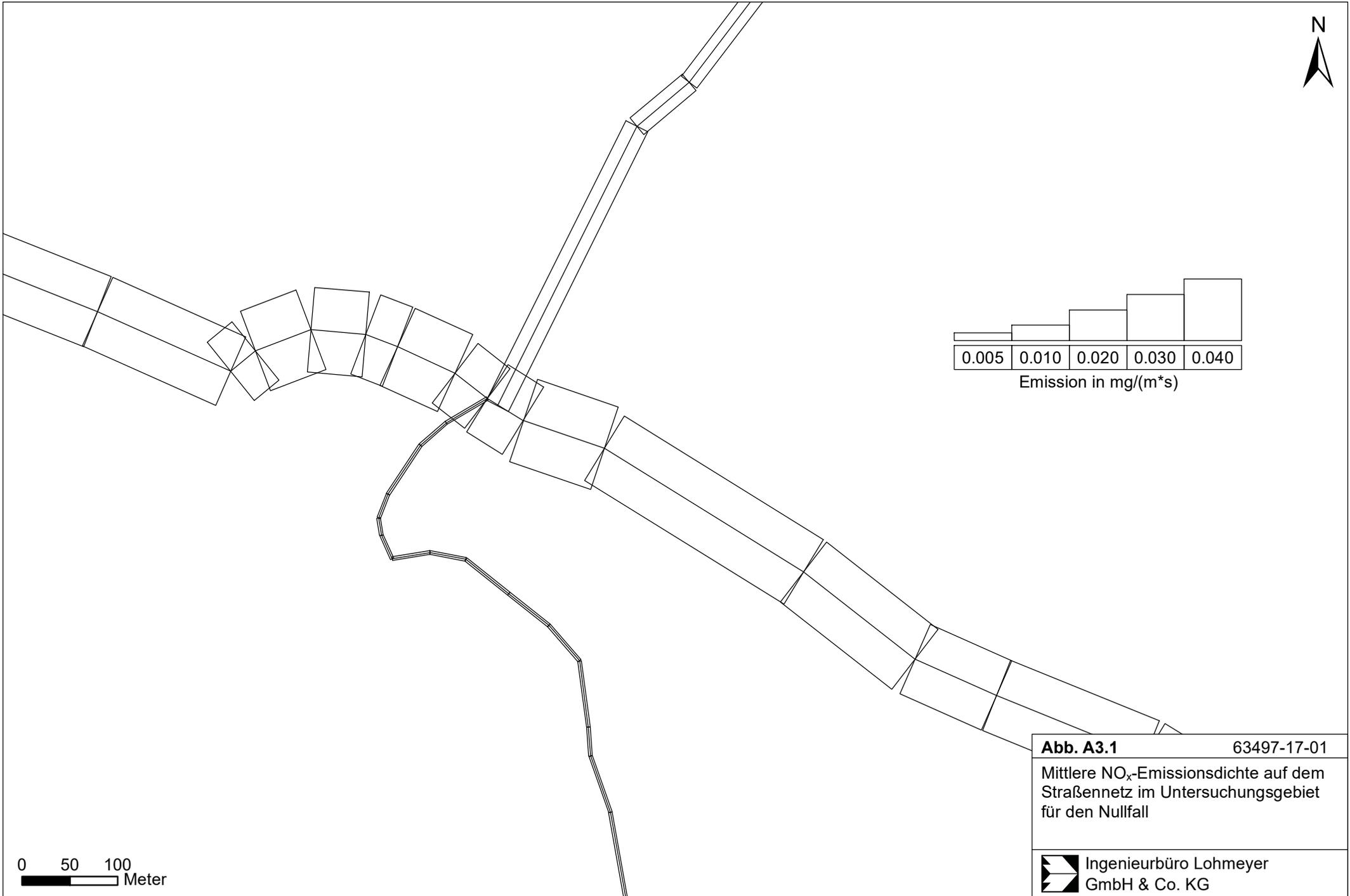
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von ca. 20% angenommen.

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

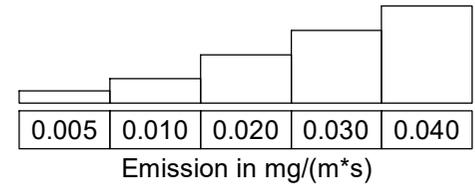
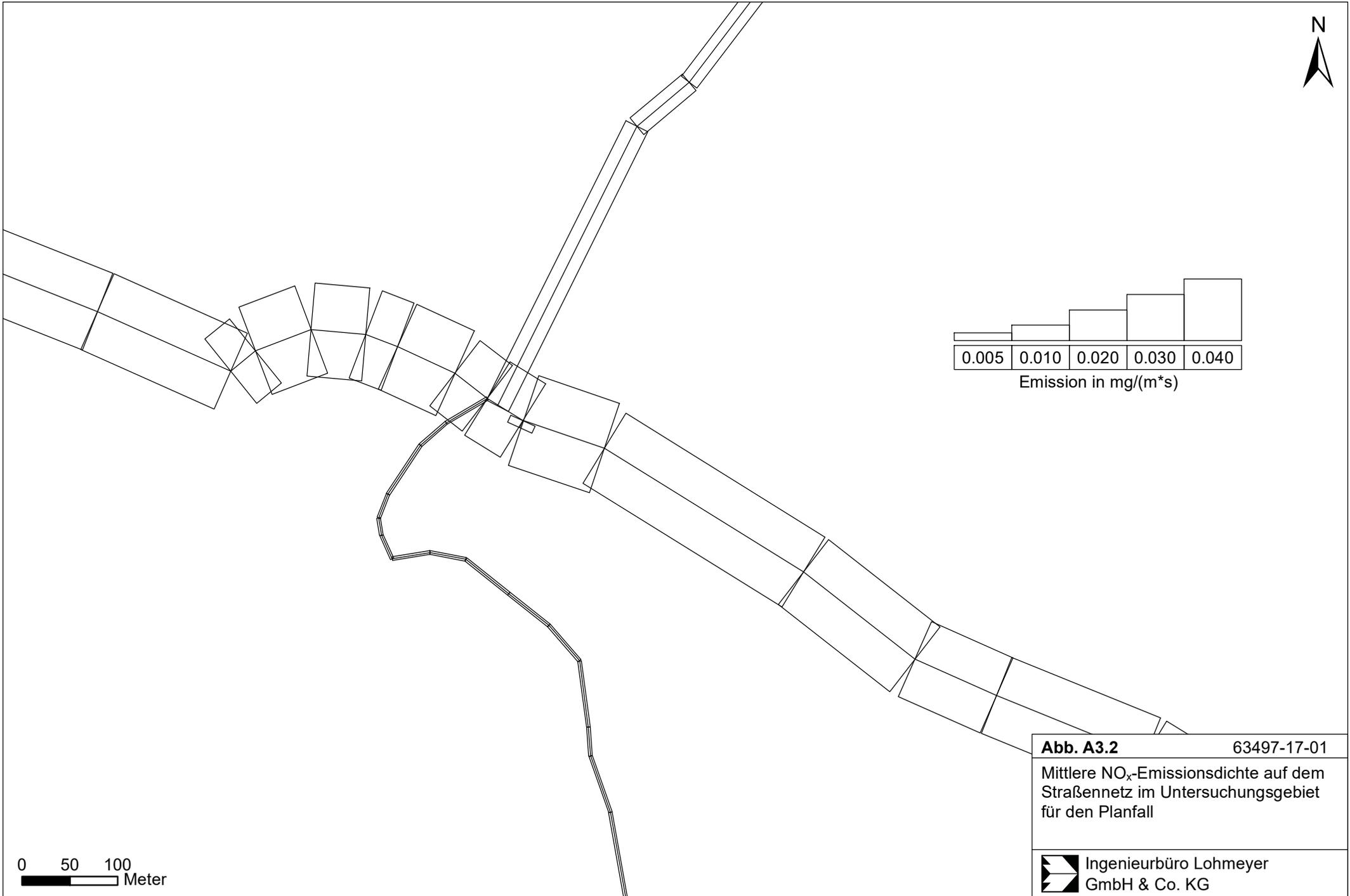
Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE



0 50 100
Meter

Abb. A3.1	63497-17-01
Mittlere NO _x -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



0 50 100
Meter

Abb. A3.2	63497-17-01
Mittlere NO _x -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG