

**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**

URSACHENANALYSE DER LUFTBELASTUNG AN DER FELDBERGSTRASSE BASEL, WIRKUNGSUNTERSUCHUNG T30 UND UMWELTZONE IM RAHMEN DES ATMO-VISION PROJEKTS

Auftraggeber: Lufthygieneamt beider Basel
Rheinstrasse 44
CH 4410 Liestal
Schweiz

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Dr. rer. nat. I. Düring

Dezember 2019
Projekt 63813-19-01
Berichtsumfang 32 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	3
1 ZUSAMMENFASSUNG	6
2 AUFGABENSTELLUNG	9
3 VORGEHENSWEISE	10
3.1 Lokale Verkehrsverhältnisse	10
3.2 Berechnungsverfahren MISKAM	11
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	13
4 EINGANGSDATEN	14
4.1 Verkehrsdaten	14
4.2 Meteorologische Daten	14
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	16
5 EMISSIONSBESTIMMUNG	19
5.1 Durchführung der Messfahrten	19
5.2 Emissionsberechnung mit PHEM	25
5.3 Ergebnisse	31
5.4 Umweltzonenregelungen	4
6 ERGEBNISSE	5
7 LITERATUR	32

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.

Fahrgeschwindigkeit

Die *Fahrgeschwindigkeit* ist die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges über einen Streckenabschnitt nach Abzug von Haltezeiten.

Fahrkurve

Eine *Fahrkurve* ist die Beschreibung des Fahrverlaufs innerhalb eines Streckenabschnittes, darstellbar in der Form von Geschwindigkeit/Weg- oder Geschwindigkeit/Zeit-Diagrammen oder durch Fahrverhaltenskennwerte.

Fahrmuster

Ein *Fahrmuster* ist die Beschreibung des repräsentativen Fahrverhaltens für bestimmte Strassensituationen in der Form von zusammengesetzten Fahrprofilen bzw. einer Stichprobe daraus. Sie werden aus realen Fahrten erzeugt, stellen aber keine geschlossene Fahrkurve dar, so dass sie z. B. für Emissionsmessungen auf einem Rollenprüfstand in ihrer Gesamtheit nicht nachgefahren werden können.

Fahrprofil

Das *Fahrprofil* ist die Gesamtheit der Fahrkurven eines Streckenabschnittes (teilweise untergliedert nach Tageszeiten) in Form von hintereinander gesetzten Fahrkurven bzw. den mittleren Kennwerten derselben. Der Begriff des Fahrprofils wird hier auch für Geschwindigkeit-Zeit-Reihen verwendet.

Fahrtweite

Die *Fahrtweite* ist der zurückgelegte Weg innerhalb einer Fahrt.

Standanteil

Standanteil ist der prozentuale Anteil von Sekundenwerten mit einer Geschwindigkeit kleiner als 3km/h an der Gesamtfahrzeit.

Konstantfahrtanteil

Konstantfahrtanteil ist der prozentuale Anteil der Zeiten mit einer Beschleunigung kleiner $0,3\text{m/s}^2$ und grösser $-0,3\text{m/s}^2$ an der Gesamtfahrzeit.

Messfahrten

Messfahrten sind Fahrten mit einem Messfahrzeug zur Aufnahme des Fahrverhaltens; die Fahrweisung erfolgt nach verschiedenen Methoden:

- Mitschwimmen (car floating): Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, sich dem allgemeinen Fahrverhalten anzupassen, um dieses möglichst gut abzubilden
- Musterfahrten: Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, ein bestimmtes vorgegebenes Fahrverhalten möglichst einzuhalten (z. B. eine konstante Geschwindigkeit oder eine möglichst aggressive Fahrweise)
- Verfolgungsfahrten (car following): Anweisung an den Fahrer des Messfahrzeuges, einem einzelnen Fahrzeug genau zu folgen und dessen Fahrverhalten möglichst gut abzubilden

Messstrecke

Eine *Messstrecke* ist ein ausgewählter Strassenzug, der mit einem Fahrzeug durchfahren wurde, um das Fahrverhalten aufzunehmen.

Reisegeschwindigkeit

Die *Reisegeschwindigkeit* ist die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges über einen Streckenabschnitt einschliesslich aller Halte.

Streckenabschnitt

Ein *Streckenabschnitt* ist der Abschnitt einer Messstrecke mit homogener Streckencharakteristik, auf dem ein gleichbleibendes Fahrverhalten erwartet werden kann.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Vor dem Hintergrund hoher Stickoxidkonzentrationen in Basel war auf der Feldbergstrasse im Rahmen der Massnahme 4.2 „Ursachenanalyse der Luftbelastung und Simulation der Auswirkungen mehrerer Massnahmen“ des Interreg V Projekts Atmo-Vision eine exemplarische Wirkungsuntersuchung für Tempo T30 und zur Umsetzung einer Umweltzonenregelung als Massnahmen durchzuführen. Dabei war aufzuzeigen, in welchem Masse sich eine Reduzierung des bestehenden Tempolimits von 50 km/h auf 30 km/h auf die Luftgüte auswirkt. Zusätzlich war die Wirkung einer Umweltzonenregelung in unterschiedlichen Ausprägungen zu untersuchen. Dabei waren die Erkenntnisse der kürzlich durchgeführten Messung mittels Remote Sensing Detector (RSD) in die Wirkungsberechnung einzubeziehen.

Für den Abschnitt der Feldbergstrasse in Basel erfolgte die Erfassung abschnittsspezifischer Fahrprofile, die einerseits das reale Fahrverhalten bei Tempo 50 erfassen sowie vergleichend dazu das Fahrverhalten bei Tempo 30 simulieren. Die Fahrten wurden Anfang 2019 einmal durch mitschwimmende Fahrten zu unterschiedlichen Tageszeiten und dann ohne Fahrgeschwindigkeiten über 30 km/h durchgeführt.

Auf der Basis dieser Fahrkurven wurden mit PHEM (passenger car and heavy duty emission model (Hausberger et.al (2009))) die Emissionsfaktoren aller PKW-Emissionskonzepte für direktes NO₂ und NO_x berechnet.

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) und der lokalen dynamischen Mfz-Flotte für die Feldbergstrasses in Basel auf Grundlage der Kennzeichenerfassung für das RSD-Projekt für das Bezugsjahr 2018 die Emissionen auf allen Strassenabschnitten berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Im Rahmen der Betrachtungen von Luftreinhalteplänen zur Immissionsminderung werden in letzter Zeit bezogen auf den Mfz-Verkehr als Massnahmen sogenannte Umweltzonenregelungen benannt, die mittels Einschränkungen vor allem für dieselbetriebene Fahrzeuge zur Senkung des verkehrsbedingten Beitrages führen sollen. Solche Ansätze werden prognostisch für den Bereich der Feldbergstrasse rechnerisch betrachtet, indem mögliche Umwelt-

zonen-Regelungen als Verbot der Fahrten für ausgewählte Fahrzeuge mit 20%igem Ausnahme genehmigungsansatz angenommen werden. Weiter wird eine Prognose für 2025 mit entsprechend fortentwickelter Fahrzeugzusammensetzung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Emissionsbetrachtungen für die Feldbergstrasse sind:

- NO_x-Emissionsminderung durch Tempo 30 gegenüber Tempo 50 im Querschnitt bis 13%.
- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro4** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 7%,
- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro5** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 12%,
- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro6** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 35%.
- NO_x-Emissionsminderung für 2025 gegenüber 2018 um ca. 43% in der Feldbergstrasse.

Am Standort der Messstation Feldbergstrasse ist für den Bestand 2018 ein NO₂-Jahresmittelwert von ca. 46 µg/m³ ermittelt. In den Abschnitten mit beidseitiger Randbebauung und geringer Strassenraumbreite werden an der Bebauung auch NO₂-Konzentrationen über 47 µg/m³ berechnet. In Bereichen mit breiteren Strassenräumen bzw. aufgelockerter Randbebauung werden teilweise NO₂-Konzentrationen unter 40 µg/m³ dargestellt.

Mit der Tempo 30-Regelung sind am Standort der Messstelle NO₂-Konzentrationen von ca. 43 µg/m³ berechnet und an der Randbebauung sind gegenüber dem Bestand bis um ca. 3 µg/m³ verringerte Konzentrationen abgeleitet. Im östlichen Abschnitt zum Riehenring sind nahezu unveränderte NO₂-Konzentrationen gegenüber dem Bestand berechnet, da im Kreuzungsbereich mit dem Riehenring durch eine Tempo 30-Regelung wenig Änderungen im Verkehrsfluss abgeleitet werden.

Die ergänzend betrachteten Planszenarien mit den Ansätzen für eine Umweltzonenregelung durch Verbote von Fahrten mit Dieselmotoren der Eurostufen unter Euro 4 (Umweltzone 1), unter Euro 5 (Umweltzone 2) und unter Euro 6 (Umweltzone 3) sowie die Prognose 2025 mit entsprechend fortentwickelter Flottenzusammensetzung bewirken eine Minderung der Schadstofffreisetzung auf allen betrachteten Strassenabschnitten bei unverändert angesetzter Verkehrsmenge. Zusammenfassend sind in **Tab. 1.1** die Ergebnisse der Berechnungen für den Standort der Luftmessstelle Feldbergstrasse aufgeführt, dargestellt mit einer Nachkommastelle, um auch die geringen Unterschiede ablesbar zu machen.

	NO ₂ in µg/m ³
Bestand 2018	45.8
T30-Regelung	43.2
Umweltzone 1-Regelung	44.3
Umweltzone 2-Regelung	42.6
Umweltzone 3-Regelung	36.6
Prognose 2025	35.8

Tab. 1.1: Berechnete NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Standort der Luftmessstelle Feldbergstrass für die betrachteten Szenarien

Danach wirken sich die Umweltzonenregelungen 1 und 2 in geringem Umfang aus, an der Luftmessstelle auch in geringerem Umfang gegenüber einer Tempo 30 Regelung. Erst ab einer Einschränkung der dieselbetriebenen Fahrzeuge bis Euro 5 werden deutliche Minderungen erwartet, die sich beispielsweise in vergleichbarer Form bis 2025 einstellen. In Teilbereichen der Feldbergstrasse werden an der Randbebauung für das Jahr 2025 bzw. eine Umweltzonenregelung 3 auch NO₂-Konzentrationen unter 30 µg/m³ berechnet.

2 AUFGABENSTELLUNG

Vor dem Hintergrund hoher Stickoxidkonzentrationen in Basel soll auf der Feldbergstrasse im Rahmen der Massnahme 4.2 „Ursachenanalyse der Luftbelastung und Simulation der Auswirkungen mehrerer Massnahmen“ des Interreg V Projekts Atmo-Vision eine exemplarische Wirkungsuntersuchung für Tempo T30 und zur Umsetzung einer Umweltzonenregelung als Massnahmen geprüft werden. Dabei ist aufzuzeigen, in welchem Masse sich eine Reduzierung des bestehenden Tempolimits von 50 km/h auf 30 km/h auf die Luftgüte auswirkt. Zusätzlich soll die Wirkung einer Umweltzonenregelung in unterschiedlichen Ausprägungen untersucht werden. Dabei sollen die neusten Erkenntnisse der kürzlich durchgeführten Messung mittels Remote Sensing Detector (RSD) in die Wirkungsberechnung einfließen.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Mfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Durch den Vergleich der berechneten Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Mfz-Verkehr relevant sind v.a. Grenzwerte für NO₂.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf den v.a. vom Strassenverkehr geprägten Schadstoff Stickoxide. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂, Kohlenmonoxid CO und Feinstaubpartikel PM10, PM2.5 von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Lokale Verkehrsverhältnisse

Die emissionsseitigen Auswirkungen einer Reduzierung des Tempolimits auf 30 km/h hängen stark von den streckenspezifischen Gegebenheiten ab. Neben dem in LUBW (2012) im „Ersteinschätzungsschema zu Tempo 30“ dargestellten Einfluss des Konstantfahrtanteils, der Streckenlängsneigung und des LKW-Anteils sind vor allem die Änderungen des realen Fahrverhaltens bei T50 zu T30 relevant. Liegt beispielsweise das mittlere Geschwindigkeitsniveau auf dem Untersuchungsabschnitt bereits bei T50 auf Grund von Störungen im Verkehrsablauf nur zwischen 30 km/h und 40 km/h ist das Emissionsminderungspotenzial ebenso gering wie wenn bei T30 auf Grund der örtlichen Gegebenheiten (z.B. breite, anbaufreie Strecke) und / oder ohne Überwachung des Tempolimits das Geschwindigkeitsniveau unverändert bleibt.

Aber selbst wenn sich bei T30 eine Reduzierung der mittleren Geschwindigkeit einstellt, kann allein aus der Geschwindigkeitsdifferenz keine emissionsseitige Bewertung erfolgen, da es prinzipiell zwei gegenläufige Effekte gibt:

- Bei Konstantfahrt wird bei T30 tendenziell mehr emittiert als bei T50.
- Während der Beschleunigungsphase z.B. beim Einfahren in den Abschnitt oder beim Wiederanfahren nach dem Halt vor Lichtsignalanlagen sind die Emissionen bei einer Beschleunigung auf 50 km/h deutlich höher als bei einer Beschleunigung auf eine Zielgeschwindigkeit von 30 km/h.

Der Konstantfahrtanteil hat demnach einen grossen Einfluss, da sich daraus ableiten lässt ob bzw. in welchem Masse bei T30 die niedrigeren Emissionen beim Beschleunigen durch die leicht höheren Emissionen während der Konstantfahrt kompensiert werden. Die Bewertung der emissionsseitigen Auswirkungen einer T30-Massnahme ist demnach nicht pauschal möglich sondern kann nur streckenspezifisch unter einer Berücksichtigung des realen Fahrverhaltens erfolgen.

Aktuelle Untersuchungen in Stuttgart, Berlin oder Potsdam zur Wirkung von Tempo 30 auf die Luftschadstoffsituation haben deshalb differenzierte, stark von lokalen Bedingungen abhängige Ergebnisse erbracht, die nicht verallgemeinerbar sind.

Aus diesem Grunde erfolgte die Untersuchung in Basel auf der Basis abschnittsspezifischer Fahrprofile, die einerseits das reale Fahrverhalten bei Tempo 50 erfassen sowie vergleichend dazu das Fahrverhalten bei Tempo 30 simulieren.

Auf der Basis dieser Fahrkurven wurden mit PHEM (passenger car and heavy duty emission model (Hausberger et.al (2009))) die Emissionsfaktoren aller PKW-Emissionskonzepte für direktes NO₂, NO_x und für motorbedingtes PM10 berechnet. Auf Basis der in PHEM integrierten Emissionskennfelder wurden auch - für typisierte Fahrprofile der einzelnen Verkehrssituationen - die Emissionsfaktoren des HBEFA 3.3 (UBA (2017)) berechnet, sodass in der vorliegenden Untersuchung dieselbe Methode angewandt wurde.

In Basel wurde im Zeitraum Juli – September 2018 mit dem Messsystem Remote Sensing Detector (RSD) eine Messkampagne realer Emissionen von Fahrzeugen durchgeführt. Das RSD ermöglicht die berührungsfreie Messung der Schadstoffkonzentration im Abgas vorbeifahrender Fahrzeuge. Es misst den Schadstoffausstoss in realen Verkehrssituationen. Auf Grundlage der vorliegenden Datenauswertung erfolgt ein Abgleich der mit den Fahrkurven und PHEM-Modellierungen ermittelten Emissionsfaktoren mit den Ergebnissen der Analysedaten der RSD-Messung aufgeschlüsselt nach möglichen Emissionskategorien für Dieselfahrzeuge.

An Hand der abschnitts- und richtungsdifferenzierten tagesmittleren PKW-Emissionsfaktoren wird das Veränderungspotenzial innerhalb der Einzelabschnitte sowie für den gesamten Strassenzug ausgewiesen.

Sofern nicht nur geringfügige Änderungen der Emissionen ermittelt werden, bieten sich zur Bewertung der immissionsseitigen Auswirkungen Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Modell MISKAM an.

3.2 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund des städtischen Standortes 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 für die Aufgabenstellung zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter für den Bereich der Feldbergstrasse besteht aus 552 x 275 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 600 m x 1 000 m. Es wird ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Messstandorte eine feine horizontale Auflösung von 1 m aufweist und nach aussen gröber wird. Mit dieser Gebietsgrösse werden die in der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 genannten Anforderungen an die Strömungsberechnungen erfüllt. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 40 Ebenen bis in eine Höhe von 500 m über Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Für das Rechengebiet wird eine Bodenrauigkeit von 15 cm angesetzt, um im Rechengitter nicht aufgelöste Strömungseinschränkungen wie Büsche, Strassenmobiliar, Einzäunungen etc. zu berücksichtigen; die Rauigkeit der Dächer wird mit 10 cm entsprechend den Einflüssen unterschiedlicher Dachaufbauten und die der Wände mit 3 cm entsprechend den unterschiedlichen Fassadengestaltungen angesetzt. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der verfügbaren 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 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.

3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt, die in der Luftreinhalteverordnung (LRV) der Schweiz genannt werden. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Zahlenwert in µg/m ³	
	Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	30	100 (95% der 1/2-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³) 80 (24-Stundenmittelwert, darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden)

Tab. 3.1: Beurteilungsmassstäbe für NO₂-Luftschadstoffimmissionen nach Luftreinhalteverordnung (LRV) der Schweiz (2010)

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

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 Betrachtungsgebiet entlang der Feldbergstrasse in Basel-Stadt wurden die genannten Lage-daten vom Auftraggeber übergeben.

Die Feldbergstrasse befindet sich im zentralen Stadtgebiet von Basel östlich des Rheins und westlich der Gleisanlagen des Badischen Bahnhofs. Sie weist eine Orientierung von Westen nach Osten auf. Die Feldbergstrasse weist nahezu durchgehend eine geschlossene Randbebauung auf. In dem Abschnitt zwischen der Hammerstrasse und der Mörsbergerstrasse befindet sich am nördlichen Fahrbahnrand die Luftmessstelle Feldbergstrasse. Die Lageverhältnisse für die Feldbergstrasse sind in **Abb. 4.1** aufgezeigt.

Für die Modellrechnungen werden die Gebäudedaten, die neben den Gebäudeumrissen Angaben der First- und Traufhöhen der erfassten Gebäude bzw. Teilgebäude beinhalten, entsprechend der maximalen Gebäudehöhen in das Rechengitter überführt.

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 die Feldbergstrasse wurden mit Auswertungen der Zählstelle Johanniter durch die Abteilung Mobilität des Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt im Jahr 2018 wie folgt erfasst.

Die Daten liegen für den Zeitraum 1.1.-4.4. und 15.06-31.12.2018 vor und werden für den durchschnittlichen Tagesverkehr in Richtung I, d.h. nach Osten nach Kleinbasel mit 6 502 Fahrten und einem SV-Anteil von 4.2% und für die Gegenrichtung II, d.h. nach Westen von Kleinbasel mit 6 035 Fahrten und einem SV-Anteil von 3.5% angegeben.

4.2 Meteorologische Daten

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

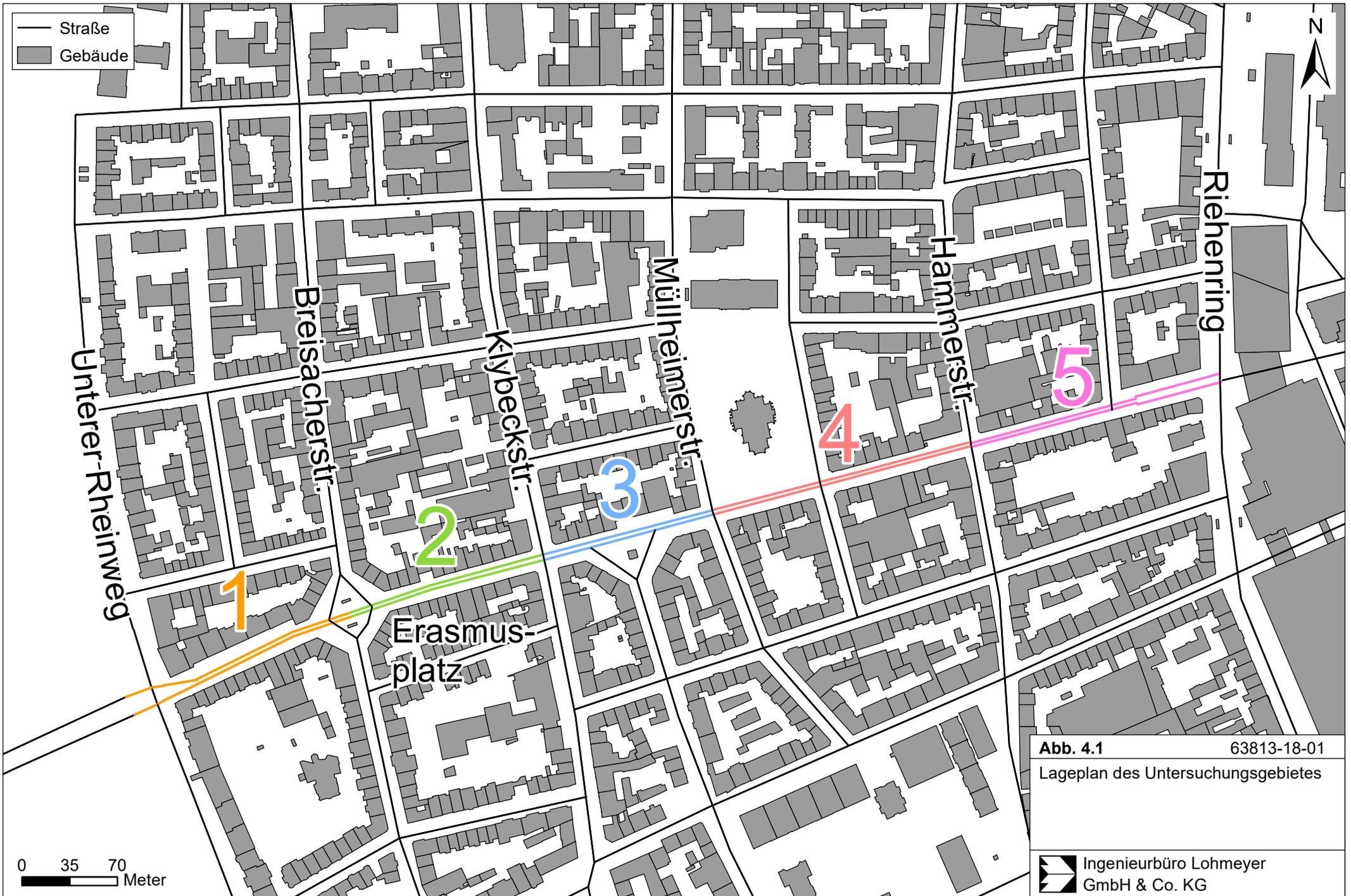


Abb. 4.1 63813-18-01
Lageplan des Untersuchungsgebietes
Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

In Basel-Stadt werden nahe der Feldbergstrasse an der Station Klingelbergstrasse im Innenstadtbereich über dem Dachniveau Windmessdaten erfasst. An der Station Klingelbergstrasse werden die Windmessdaten in ca. 38 m über dem Gelände, d.h. über dem städtischen Dachniveau erfasst. Dort zeichnen sich als Hauptwindrichtung ost-südöstliche Winde ab, entsprechend der Ausrichtung des dort verschwenkenden Rheintals. Weitere häufig vorkommende Windrichtungen erstrecken sich über die Richtungssektoren von West-Südwesten, Westen bis Nordwesten, wobei die höchsten Windgeschwindigkeiten bei Winden aus Südwesten bis Westen erfasst sind. Trotz der Messhöhe über dem Dachniveau wirkt sich die umliegende Bebauung auch auf die Windrichtungshäufigkeiten aus. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit ist im Überdachniveau mit ca. 2.4 m/s erfasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen wird die Windstatistik Klingelbergstrasse unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Betrachtungsgebietes 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

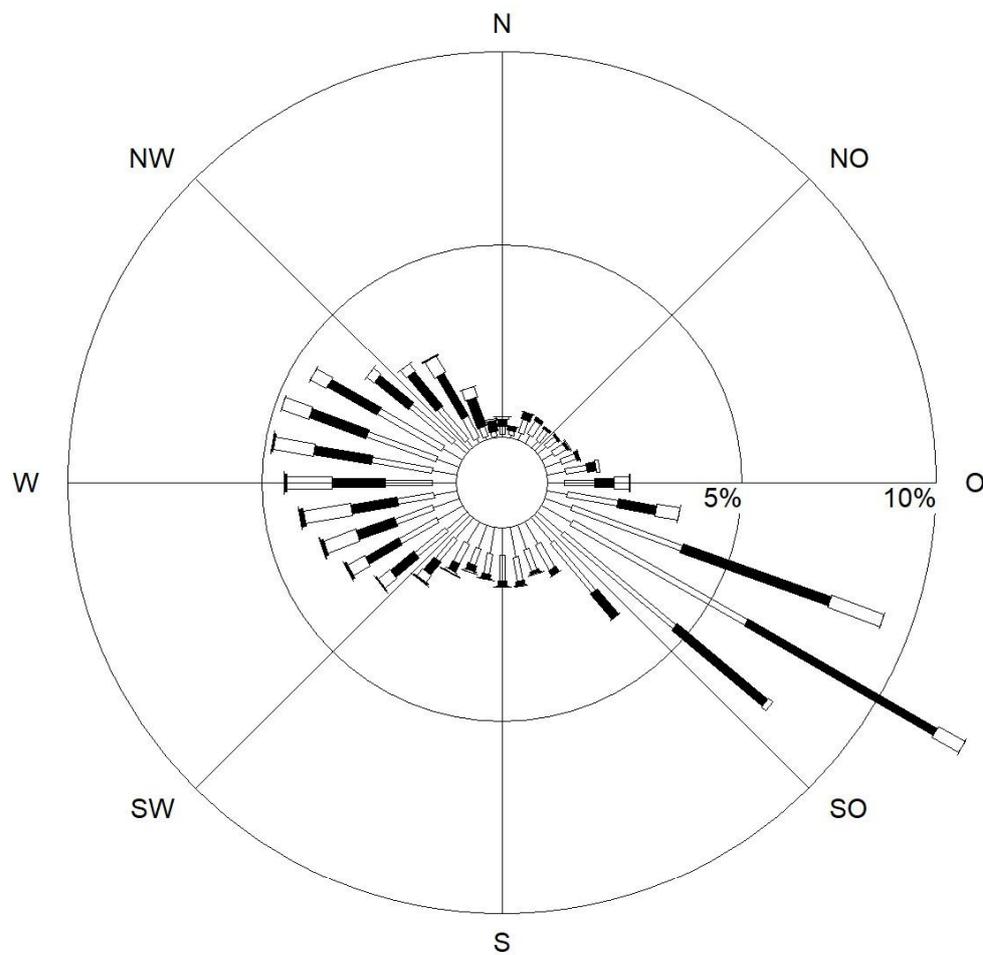
Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Strassen vorliegen würde.

Für Basel liegen Messwerte von permanent betriebenen Messstandorten vor und im Zusammenhang mit dem Atmo-Vision Projekt wurden für 12 Monate im Zeitraum 08.02.2018 bis 04.02.2019 mittels Passivsammlern NO₂-Konzentrationen erfasst.

Die für den Bereich bei der Feldbergstrasse in Basel relevanten Messdaten sind in **Tab. 4.1** für das Jahr 2018 zusammengestellt.

Aus den verfügbaren Messdaten der städtischen Stationen wird für die Immissionsberechnungen eine NO₂-Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet von 20 µg/m³ angesetzt, die auch für die Berechnungen der Prognose 2025 angenommen wird.

Windverteilung in Prozent



Station : BSK_2015-18
 Messhöhe : 38.0 m
 Windgeschw. : 2.4 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. 4.2: Windrose der Station Basel-Klingelbergstrasse, Zeitraum 2015 bis 2018

Permanent betriebene Stationen	NO ₂ in µg/m ³
Basel Feldbergstrasse	47
Basel St. Johannplatz	24
Binningen	18
AtmoVision 02.2018 bis 20.2019	
Basel, Feldbergstrasse 46	39
Basel, Feldbergstrasse 125	36
Basel, Feldbergstrasse 128	46

Tab. 4.1: NO₂-Konzentrationen in µg/m³ an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes

5 EMISSIONSBESTIMMUNG

5.1 Durchführung der Messfahrten

Die Untersuchung erfolgte auf der Feldbergstrasse zwischen Unterer Rheinweg und Riehenring. In **Abb. 5.1** ist die Befahrungsstrecke dargestellt. Die Befahrungslänge der Feldbergstrasse beträgt inklusive der Wendeschleifen ca. 1 000 m, sodass pro Befahrungstag zwischen 35 und 38 Fahrten pro Abschnitt und Richtung durchgeführt wurden.

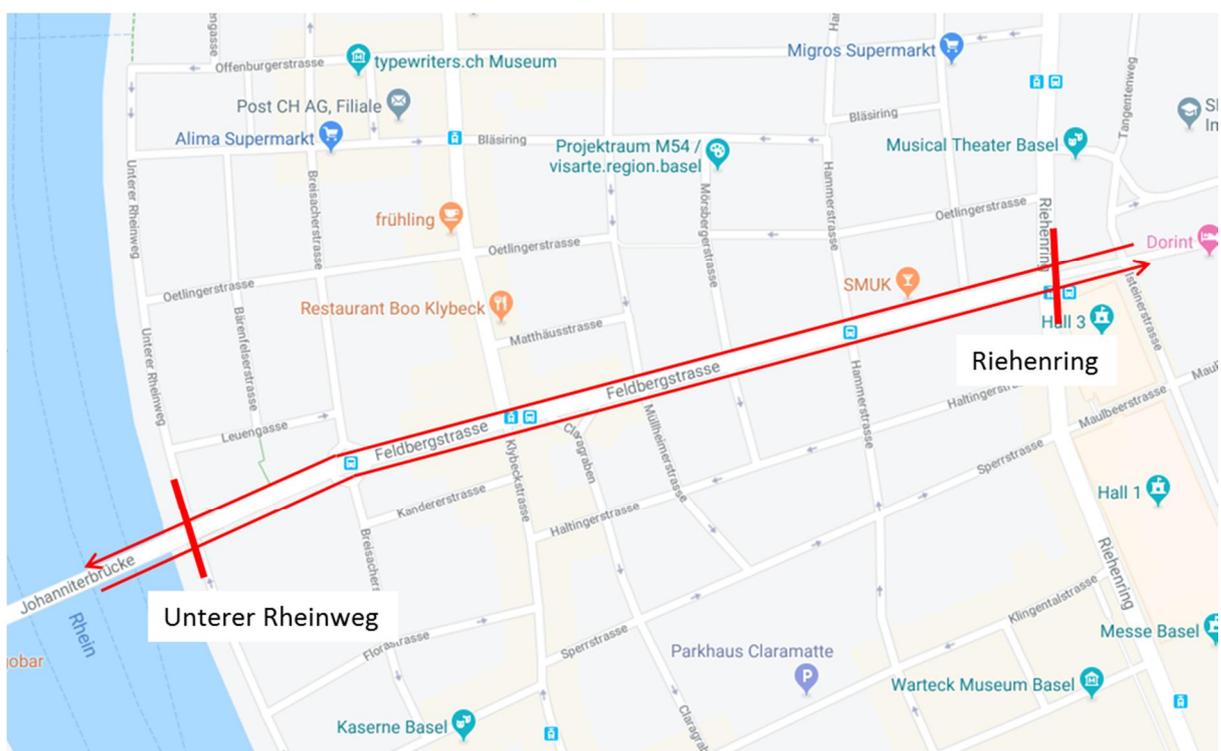


Abb. 5.1: Lage der Untersuchungsstrecke

Die Aufzeichnung des Fahrverhaltens erfolgte mit einem PKW vom Typ Peugeot 307, das mit einem „Peiseler Prüfrad VS“ ausgestattet war. Dieses System besteht aus einem Steuer- und Anzeigergerät und einem Radnabengeber. Das Messprinzip besteht darin, dass während eines definierten Zeitintervalls die registrierten Wegimpulse gezählt werden. Die Erfassung der Wegimpulse erfolgt über den Radnabengeber, der an ein nichtangetriebenes Fahrzeugrad montiert wird (siehe **Abb. 5.2**).



Abb. 5.2: Montiertes Peiseler-Messrad

Das Steuer- und Anzeigergerät ist ein Bordcomputer, der die registrierten Wegimpulse in eine Länge und auf Basis der definierten Zeitschritte in eine Geschwindigkeit bzw. Beschleunigung umrechnet. Über die Kopplung des Bordcomputers, der nur Summen- und Momentanwerte festhält, mit einem zusätzlichen Computer (Laptop) werden alle momentanen Messwerte mit einer Frequenz von 1 Hz direkt vom Bordcomputer übernommen und nach der Messung als Messdatei gespeichert.

Das Ergebnis einer jeden Messfahrt war somit eine Messdatei mit einer bestimmten Menge an Sekundenwerten für Geschwindigkeit und zurückgelegte Wegstrecke. Die Gesamtheit dieser Geschwindigkeitswerte einer Fahrt bildet eine Fahrkurve, welche sich grafisch als Geschwindigkeits-Zeit- bzw. Geschwindigkeit-Weg-Diagramm darstellen lässt.

Zur Erfassung der Fahrprofile bei Tempo 50 wurden Messfahrten nach der „floating car“-Methode durchgeführt, d.h. das Fahrzeug schwimmt im Verkehr mit.

An einem weiteren Werktag wurde das Fahrverhalten bei Tempo 30 simuliert. Dazu wurden sogenannte Musterfahrten durchgeführt, bei denen unabhängig vom übrigen Verkehrsfluss mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gefahren wird.

Dies führt unter Umständen (z.B. bei einer vorliegenden LSA-Koordinierung) zu einem gegenüber Tempo 50 verschiedenen Halteverhalten an den Lichtsignalanlagen (LSA). Um diese evtl. Unterschiede zu berücksichtigen wurde das Halteverhalten bei Tempo 50 an jeder LSA bzgl. Halteanzahl und –dauer analysiert, um es ggf. auf die Tempo-30-Fahrten zu übertragen.

Darüber hinaus ist bei diesem Vorgehen zu beachten, dass das tatsächliche Fahrverhalten nach einer evtl. Einführung des Tempolimits von dem der Musterfahrten abweichen kann. Durch die Musterfahrten wird vielmehr das maximale Minderungspotenzial aufgezeigt, das sich im Falle einer 100 %igen Befolgungsrate (z.B. durch geeignete Geschwindigkeitsüberwachungen) ergibt.

Entsprechend der erforderlichen zeitlichen Differenzierung erfolgte die Befahrung in der Zeit zwischen 06.00 Uhr und 21.00 Uhr an folgenden Tagen:

- Dienstag, 19.03.2019: T50-Fahrten
- Donnerstag, 21.03.2019: T30-Fahrten

Die räumliche Differenzierung erfolgte abschnitts- und richtungsfein, wobei sich die Abschnittsgrenzen an den LSA-Knoten orientieren. Die Abschnittsgrenzen sind in **Tab. 5.1** dargestellt.

Abschnittsnummer	Abschnittsgrenze	Mittlere Länge in m
1	zwischen Unterer Rheinweg und Erasmusplatz	184
2	zwischen Erasmusplatz und Klybeckstrasse	200
3	zwischen Klybeckstrasse und Müllheimerstrasse	127
4	zwischen Müllheimerstrasse und Hammerstrasse	160
5	zwischen Hammerstrasse und Riehenring	125
Gesamtabschnitt	zwischen Unterer Rheinweg und Riehenring	796

Tab. 5.1: Räumliche Gliederung der Fahrprofile

Das Ergebnis der Messfahrten ist in Form der Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe in **Abb. 5.3** dargestellt.

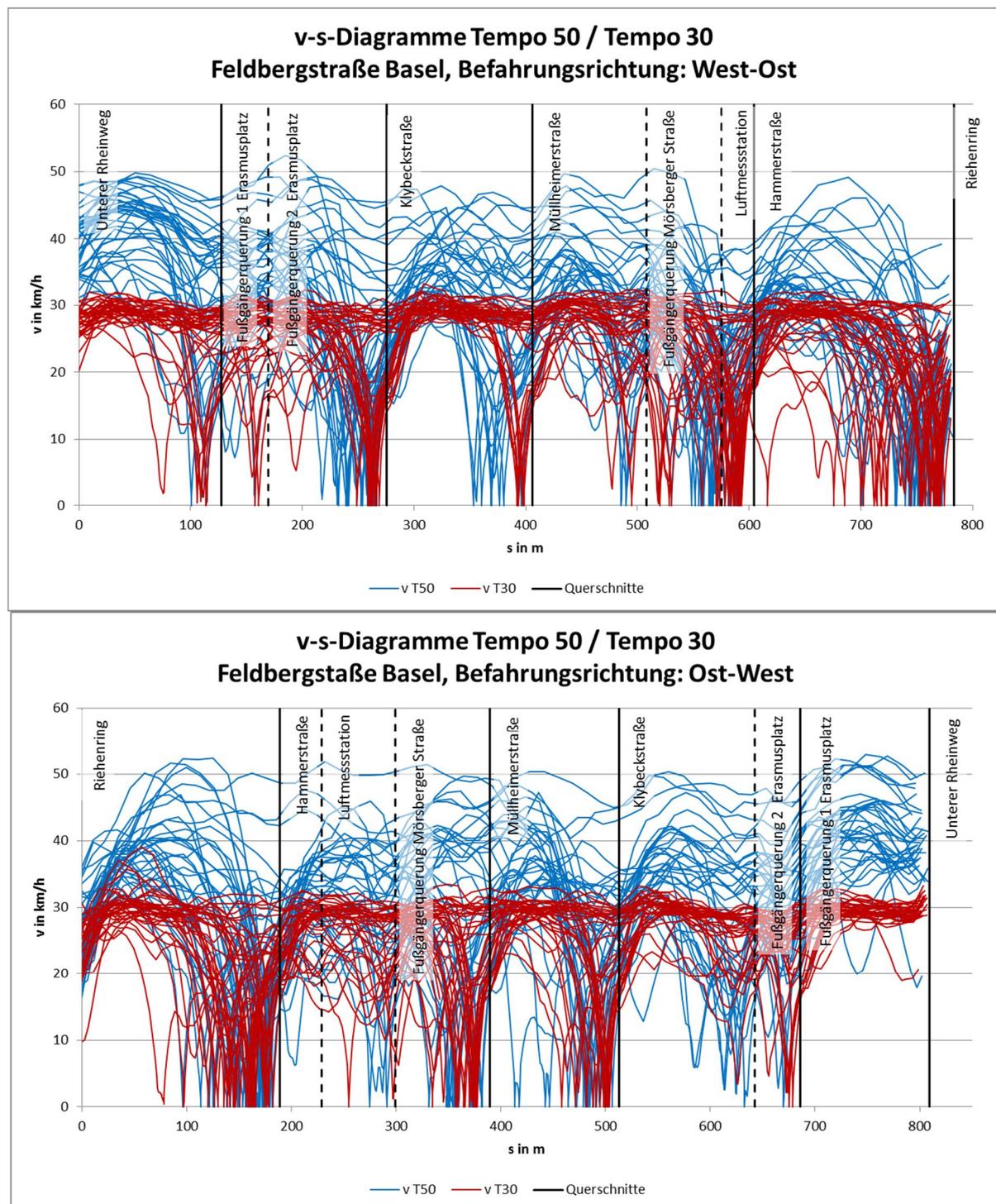


Abb.5.3: Erfasste Fahrprofile bei Tempo 30 und Tempo 50 auf der Untersuchungsstrecke

Die Analyse des Halteverhaltens zeigte dbzgl. weder bei der Betrachtung der Gesamtstrecke noch in den Einzelabschnitten systematische Unterschiede zwischen den Tempo-30 und Tempo-50-Fahrten. Der subjektive Eindruck während der Messfahrten liess keine Koordinie-

rung der LSA erkennen. Die Haltevorgänge an den Fussgänger-LSA am Erasmusplatz sowie an der Mörsberger Strasse waren eher zufällig und unabhängig vom Fahrverhalten bei Tempo 30 oder Tempo 50.

In **Tab. 5.2** bis **Tab. 5.4** sind die tagesmittleren Halteanzahlen bzw. Haltedauern bei Tempo 30 und Tempo 50 pro Abschnitt und Richtung gegenübergestellt. Demnach erfolgen in West-Ost-Richtung auf dem gesamten Untersuchungsabschnitt zwischen Unterer Rheinweg und Riehenring sowohl bei Tempo 30 als auch bei Tempo 50 ca. 2, in der Gegenrichtung ca. 3 Haltevorgänge pro Fahrt. Auch in den Einzelabschnitten unterscheiden sich die Halteanzahlen nur unwesentlich.

Die Haltedauern pro Fahrt liegen auf dem gesamten Untersuchungsabschnitt zwischen Unterer Rheinweg und Riehenring in beiden Richtungen bei den Tempo-30-Fahrten nur leicht über denen der Tempo-50-Fahrten. Die mittlere Haltedauer pro Halt liegt auf dem Gesamtabschnitt in beiden Richtungen bei Tempo 30 mit 1 – 2 Sekunden ebenfalls nur unwesentlich höher als bei Tempo 50.

Eine Anpassung des Halteverhaltens erfolgte deshalb nicht.

Richtung	Abschnitt	Fahrtaanzahl		Halteanzahl gesamt		Halteanzahl / Fahrt	
		Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50
West-Ost	1	36	38	1	1	0,03	0,03
	2	36	38	17	19	0,47	0,50
	3	36	38	6	9	0,17	0,24
	4	36	38	23	24	0,64	0,63
	5	36	38	31	27	0,86	0,71
	1-5	36	38	78	80	2,17	2,11
Ost-West	5	35	37	56	47	1,60	1,27
	4	35	37	28	33	0,80	0,89
	3	35	37	15	16	0,43	0,43
	2	35	37	14	18	0,40	0,49
	1	35	37	2	2	0,06	0,05
	5-1	35	37	115	116	3,29	3,14

Tab. 5.2: Vergleich der Tagesmittelwerte der Halteanzahl/Fahrt bei Tempo 30 / Tempo 50

Richtung	Abschnitt	Fahrtauzahl		Haltedauer gesamt in s		Haltedauer in s / Fahrt	
		Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50
West-Ost	1	36	38	10	3	0,3	0,1
	2	36	38	214	259	5,9	6,8
	3	36	38	84	78	2,3	2,1
	4	36	38	260	247	7,2	6,5
	5	36	38	717	622	19,9	16,4
	1-5	36	38	1285	1209	35,7	31,8
Ost-West	5	35	37	949	722	27,1	19,5
	4	35	37	430	486	12,3	13,1
	3	35	37	203	143	5,8	3,9
	2	35	37	185	199	5,3	5,4
	1	35	37	4	15	0,1	0,4
	5-1	35	37	1771	1565	50,6	42,3

Tab. 5.3: Vergleich der Tagesmittelwerte der Haltedauer/Fahrt bei Tempo 30 / Tempo 50

Richtung	Abschnitt	Halteanzahl / Fahrt		Haltedauer in s / Fahrt		Haltedauer in s / Halt	
		Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50	Tempo 30	Tempo 50
West-Ost	1	0,03	0,03	0,3	0,1	10,0	3,0
	2	0,47	0,50	5,9	6,8	12,6	13,6
	3	0,17	0,24	2,3	2,1	14,0	8,7
	4	0,64	0,63	7,2	6,5	11,3	10,3
	5	0,86	0,71	19,9	16,4	23,1	23,0
	1-5	2,17	2,11	35,7	31,8	16,5	15,1
Ost-West	5	1,60	1,27	27,1	19,5	16,9	15,4
	4	0,80	0,89	12,3	13,1	15,4	14,7
	3	0,43	0,43	5,8	3,9	13,5	8,9
	2	0,40	0,49	5,3	5,4	13,2	11,1
	1	0,06	0,05	0,1	0,4	2,0	7,5
	5-1	3,29	3,14	50,6	42,3	15,4	13,5

Tab. 5.4: Vergleich der Tagesmittelwerte der Haltedauer/Halt bei Tempo 30 / Tempo 50

5.2 Emissionsberechnung mit PHEM

Auf Basis der erhobenen Fahrkurven wurden mit PHEM Emissionen für NO_x, direktes NO₂ und motorbedingtes PM10 mit einer zeitlichen Auflösung von einer Sekunde berechnet. Da durch die Messfahrten lediglich das Fahrverhalten der PKW aufgezeichnet wird, erfolgte auch die Berechnung der Emissionsfaktoren nur für diese Fahrzeugkategorie. Die Differenzierung der PKW nach Emissionskonzepten erfolgte dabei entsprechend der Fahrzeugdisaggregation in PHEM (siehe **Tab. 5.5**).

Emissionskonzept PHEM	Antrieb	Abgasnorm
PC_EU0_G	Benzin	Euro-0
PC_EU1_G	Benzin	Euro-1
PC_EU2_G	Benzin	Euro-2
PC_EU3_G	Benzin	Euro-3
PC_EU4_G	Benzin	Euro-4
PC_EU5_G	Benzin	Euro-5
PC_EU6_G	Benzin	Euro-6
PC_EU6c_G	Benzin	Euro-6c
PC_EU0_D	Diesel	Euro-0
PC_EU1_D	Diesel	Euro-1
PC_EU2_D	Diesel	Euro-2
PC_EU3_D	Diesel	Euro-3
PC_EU4_D	Diesel	Euro-4
PC_EU4_D_DPF	Diesel	Euro-4_DPF
PC_EU5_D	Diesel	Euro-5
PC_EU6_D	Diesel	Euro-6
PC_EU6c_D	Diesel	Euro-6c
PC_EU6D	Diesel	Euro-6d
PC_EU6d-TEMP_D	Diesel	Euro-6d-TEMP

Tab. 5.5: Fahrzeugdifferenzierung der PKW in PHEM

Für den Abschnitt 1 (zwischen Unterer Rheinweg und Erasmusplatz) wurde in der Emissionsberechnung eine mittlere Längsneigung von 2 %, für alle übrigen Abschnitte keine Streckenlängsneigung angenommen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt in PHEM ohne Berücksichtigung des Temperatureinflusses, d. h. mit PHEM werden sog. Basisemissionsfaktoren berechnet, die für Die-

sel-PKW-EURO-4 bis EURO-6 entsprechend HBEFA 3.3 nur für Temperaturen über 20°C repräsentativ sind. Bei den übrigen Emissionskonzepten wird in HBEFA der Temperatureinfluss als nicht relevant betrachtet, sodass dort die Basisemissionsfaktoren unabhängig von der Umgebungstemperatur unverändert bleiben.

Der Temperatureinfluss wird im HBEFA 3.3 für die o. g. Emissionskonzepte durch Korrekturfaktoren berücksichtigt, mittels derer die Stickoxidemissionsfaktoren – ausgehend von den Basisemissionsfaktoren – im Temperaturbereich zwischen 20°C und 0°C erhöht werden (siehe **Abb. 5.4**).

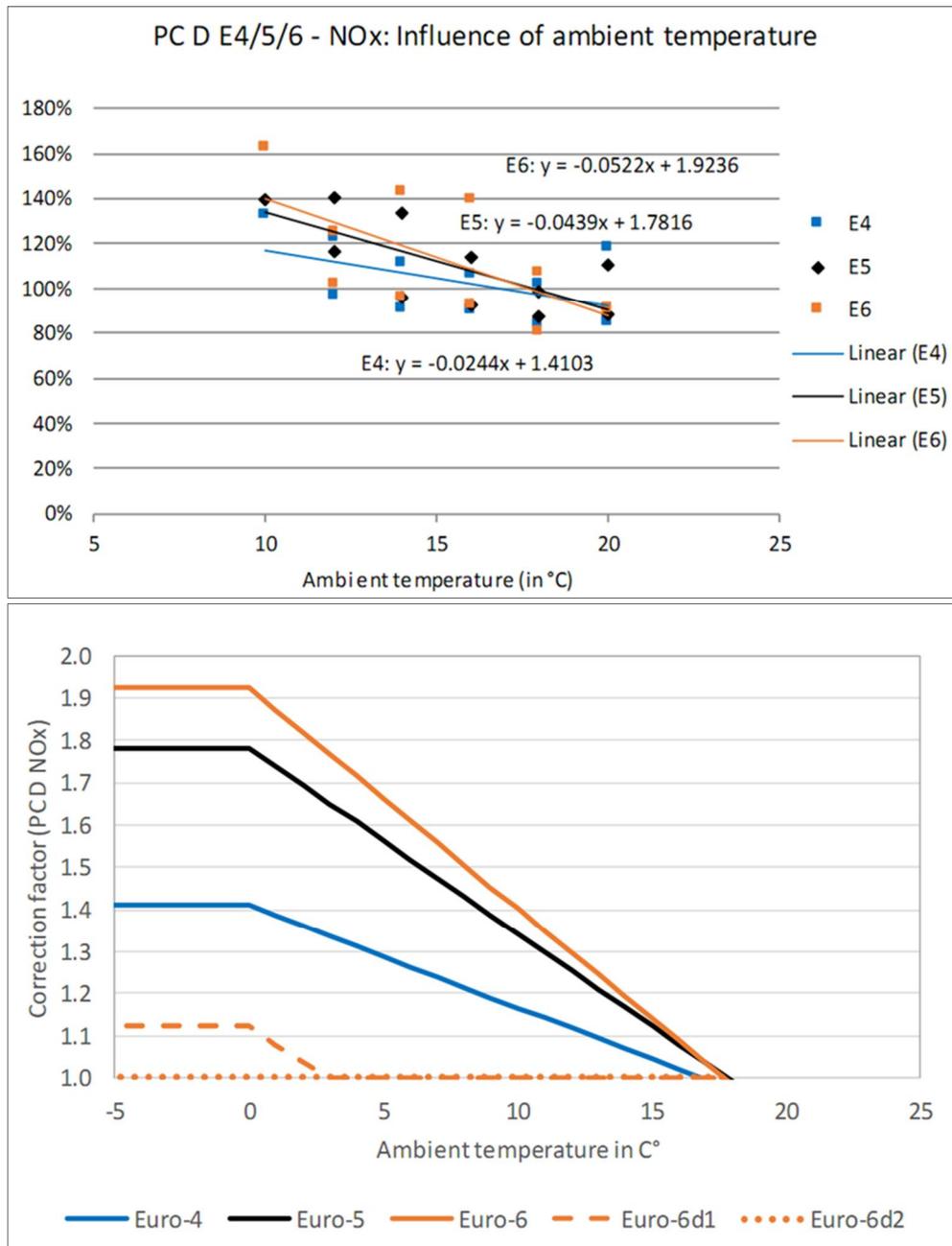


Abb. 5.4: Funktion zur Berücksichtigung des Einflusses Umgebungstemperatur auf die Höhe der Stickoxid-Emissionsfaktoren der Diesel-PKW-EURO-4 – EURO-6¹

Aus den Regressionsfunktionen ergeben sich die in **Tab. 5.6** dargestellten Koeffizienten.

Korrekturfaktor: $K_f = a \cdot T_{VTg} + b$

¹ http://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA33_Documentation_20170425.pdf

Emissionskonzept PHEM	a	b
PC_EU4_D	-0.0244	1.4103
PC_EU4_D_DPF	-0.0244	1.4103
PC_EU5_D	-0.0439	1.7816
PC_EU6_D	-0.0522	1.9236

Tab. 5.6: Koeffizienten der Funktionen zur Berechnung der Korrekturfaktoren

In Absprache mit dem AG wurde für Basel eine repräsentative Temperatur von 11.6°C angenommen. Daraus ergeben sich die in **Tab. 5.7** dargestellten Korrekturfaktoren.

Emissionskonzept PHEM	Korrekturfaktor
PC_EU4_D	1,13
PC_EU4_D_DPF	1,13
PC_EU5_D	1,27
PC_EU6_D	1,32

Tab. 5.7: Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung des Temperatureinflusses

Die Ergebnisse werden in PHEM für jedes Emissionskonzept und jede Fahrkurve sekundenfein in g/h ausgewiesen. Die Wichtung zu einer PKW-Emission erfolgte auf Basis einer vom AG zur Verfügung gestellten repräsentativen Baseler PKW-Flottenzusammensetzung für den Untersuchungszeitraum (siehe **Abb. 5.5**).

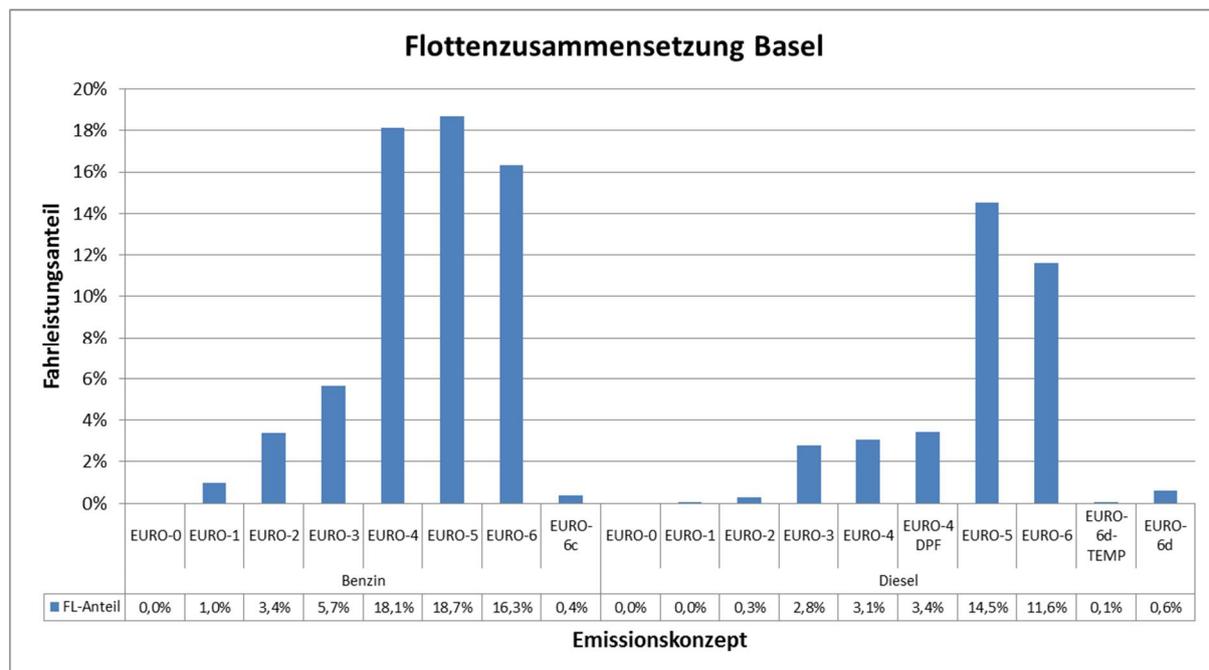


Abb. 5.5: Flottenzusammensetzung Basel

Aus den sekundlich aufgelösten zeitspezifischen Emissionen in g/h kann für einen längeren Abschnitt durch Division durch die mittlere Geschwindigkeit eine streckenspezifische Emission in g/km berechnet werden. Die Berechnung einer sekundlich aufgelösten streckenspezifischen Emission ist nur bedingt möglich, da diese bei Standvorgängen unendlich wäre.

Die Berechnung der Emissionsprofile erfolgte deshalb pro 20-m-Schritt. Die maximale Geschwindigkeit, die bei den Messfahrten erreicht wurde, beträgt ca. 53 km/h. Bei dieser Geschwindigkeit beträgt die pro Sekunde zurückgelegte Wegstrecke ca. 14,7 m. Somit wurde mit der 20-m-Schrittweite sichergestellt, dass bei der Mittelwertbildung in jedem der einzelnen Distanzintervalle mindestens ein Geschwindigkeits- bzw. Emissionswert einer jeden Fahrkurve berücksichtigt wird.

Zur Berücksichtigung des Einflusses der zeitlichen Schwankungen der Verkehrsstärke erfolgte bei der Berechnung der tagesmittleren Emissionen eine Differenzierung nach Zeitscheiben (siehe **Tab. 5.8**).

Zeitscheibe	Tageszeit
Frühzeitig	06 bis 07 Uhr
Früh	07 bis 10 Uhr
Mittag	10 bis 15 Uhr
Nachmittag	15 bis 19 Uhr
Abend	19 bis 21 Uhr

Tab. 5.8: zeitliche Differenzierung der Messfahrten

Die mittleren Emissionen pro Zeitscheibe wurden entsprechend des jeweiligen Anteils am täglichen Verkehrsaufkommen gewichtet. Die entsprechenden Tagesganglinien dafür wurden vom AG zur Verfügung gestellt und sind für die beiden Befahrungsrichtungen in **Abb. 5.6** dargestellt.

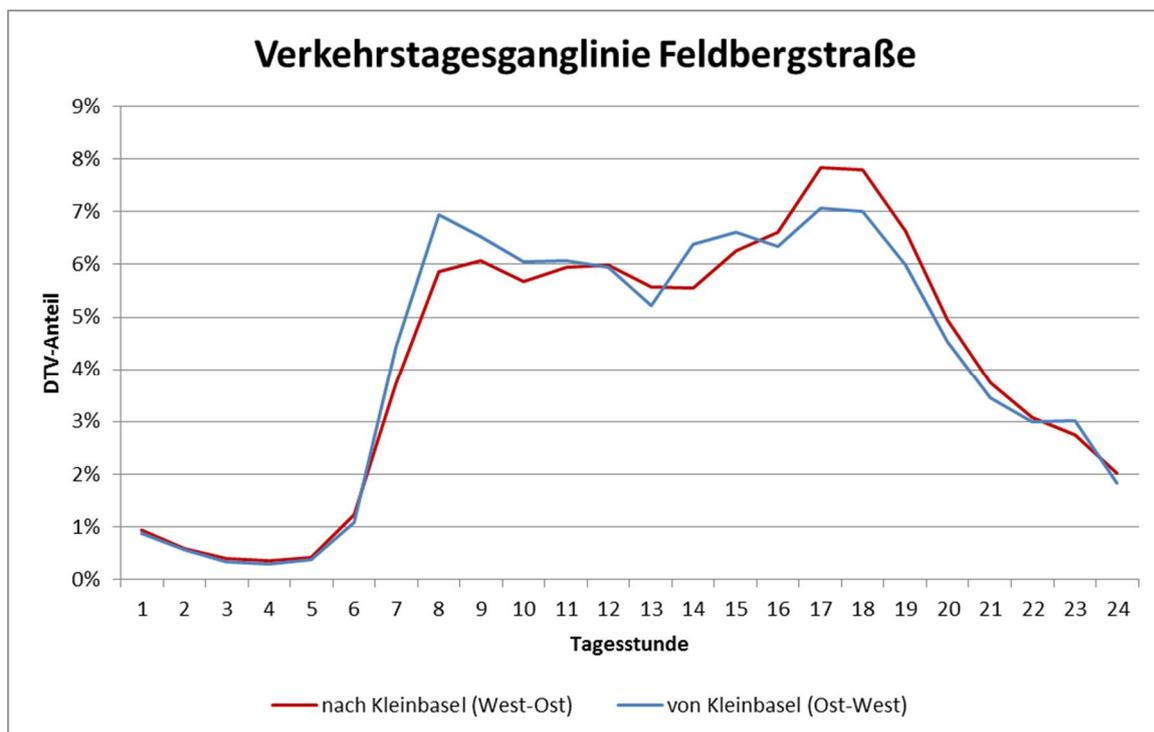


Abb. 5.6: Verkehrstagesganglinie Feldbergstrasse

Die Messfahrten fanden in der Zeit zwischen 06.00 und 21.00 Uhr statt. Für den Nachtbereich lagen somit keine Fahrkurven zur Auswertung vor. Um diesen Zeitbereich dennoch zu berücksichtigen, wurde für den Nachtbereich die jeweils störungsfreieste Fahrt, d.h. die mit der höchsten mittleren Geschwindigkeit angenommen.

5.3 Ergebnisse

Das Ergebnis der Emissionsberechnung ist in Form der NO_x-Emissionsverläufe in **Abb. 5.7** und **Abb. 5.8** dargestellt. Darin zeigt sich zunächst der eingangs beschriebene Effekt, dass die Emission insbesondere bei Beschleunigungsvorgängen auf eine Zielgeschwindigkeit von 50 km/h höher ist als bei 30 km/h. In den Abschnitten ohne wesentliche Beschleunigungen ist das Emissionsniveau relativ gleich.

In der Befahrungsrichtung West-Ost (zwischen Riehenring und Unterer Rheinweg) ergeben sich demnach bei Betrachtung der Gesamtstrecke nur marginale NO_x-Emissionsminderungen. Zwischen den einzelnen Abschnitten gibt es jedoch relativ grosse Unterschiede.

Im Abschnitt 1 (zwischen Unterer Rheinweg und Erasmusplatz) kommt es dabei bei Tempo 30 zu einer Emissionserhöhung von 19 %. Die Ursachen dafür liegen in den unterschiedlichen Geschwindigkeiten, mit denen in diesen Abschnitt - von der Johanniterbrücke kommend - bei Tempo 30 und Tempo 50 eingefahren wird.

Bei Tempo 50 liegt das mittlere Geschwindigkeitsniveau mit 40 km/h um ca. 10 km/h höher als bei Tempo 30. Bei der Zufahrt auf den Erasmusplatz verringert sich bei Tempo 50 auf Grund der baulichen Gegebenheiten (Fahrbahnverschwenkungen, Fussgänger-LSA) die mittlere Geschwindigkeit, selbst wenn an der Fussgänger-LSA nicht gehalten werden muss. In dieser Phase nutzt das Fahrzeug sozusagen noch den „Schwung“ der Einfahrtgeschwindigkeit und rollt tendenziell ohne grosse Motorlast auf den Knoten zu bzw. über diesen hinweg. Auf Grund des Streckengefälles von 2 % wird dieser Rolleffekt noch unterstützt. Dies führt dazu, dass die NO_x-Emission in diesem Abschnitt mit ca. 0.1 g/km nur etwa halb so hoch sind wie die niedrigsten Werte entlang der weiteren Strecke.

Bei Tempo 30 hingegen wird die Einfahrtgeschwindigkeit von 30 km/h im gesamten Abschnitt sowie über den Knoten Erasmusplatz hinaus gehalten, sodass trotz des Streckengefälles der Rolleffekt nicht in dem Masse auftritt, wie bei Tempo 50.

Das Streckengefälle wirkt sich jedoch sowohl bei Tempo 30 als auch bei Tempo 50 emissionsmindernd aus, sodass sich die Erhöhung von 19 % auf relative geringe absolute Werte bezieht. Somit kommt es bei Tempo 30 in diesem Abschnitt nicht zu einer überdurchschnittlichen Erhöhung der absoluten Emission.

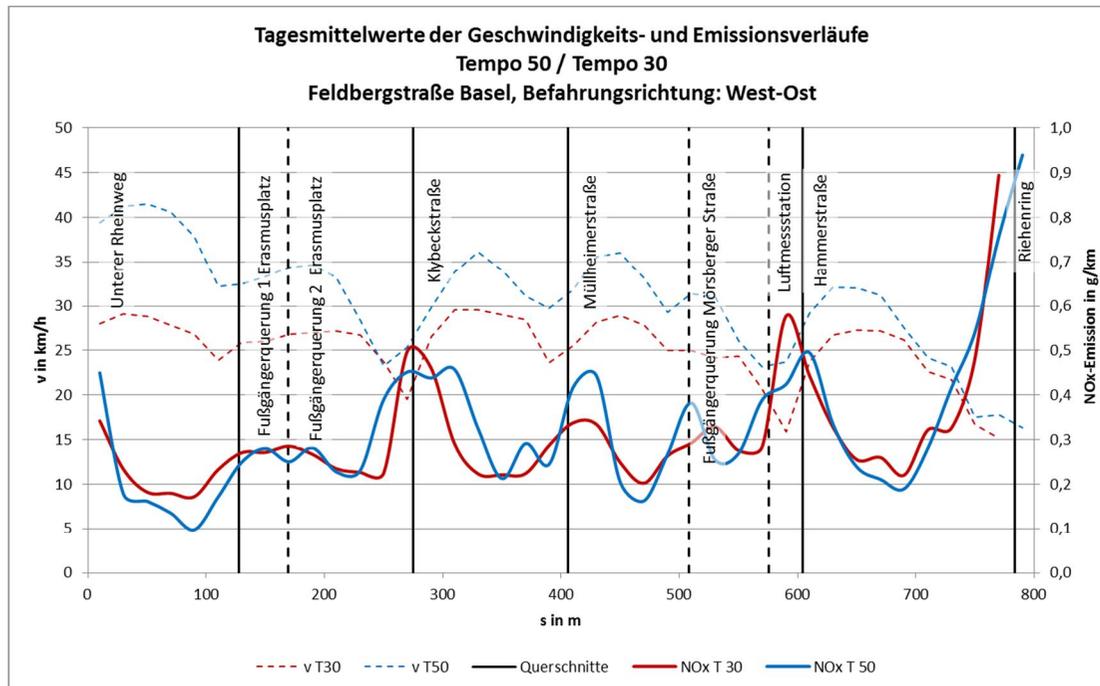
Im Abschnitt 3 (zwischen Klybeckstrasse und Müllheimerstrasse) kommt es auf Grund des unterschiedlichen Beschleunigungsverhaltens bei Tempo 30 zu einer Emissionsreduzierung von ca. 13 %.

In den übrigen Abschnitten führt Tempo 30 in der Befahrungsrichtung West-Ost zu keiner wesentlichen Änderungen der NO_x-Emission. Im Bereich der Luftmessstelle (Abschnitt 4, zwischen Müllheimerstrasse und Hammerstrasse) wurden NO_x-Emissionsminderungen von ca. 2 % ermittelt.

In der Befahrungsrichtung Ost- West ist das Fahrverhalten im Vergleich zur Gegenrichtung dynamischer, d.h. es treten tendenziell mehr und höhere Beschleunigungen auf. Dies bestätigt auch die Analyse des Halteverhaltens. Demnach treten im Tagesmittel in Ost-West-Richtung pro Fahrt 3 Halte, in der Gegenrichtung hingegen nur 2 Haltevorgänge pro Fahrt auf (vgl. **Tab. 5.2** – **Tab. 5.4**). Durch Tempo 30 könnte durch die damit verbundene Reduzierung der Zielgeschwindigkeit auch die Höhe der Beschleunigungen reduziert werden.

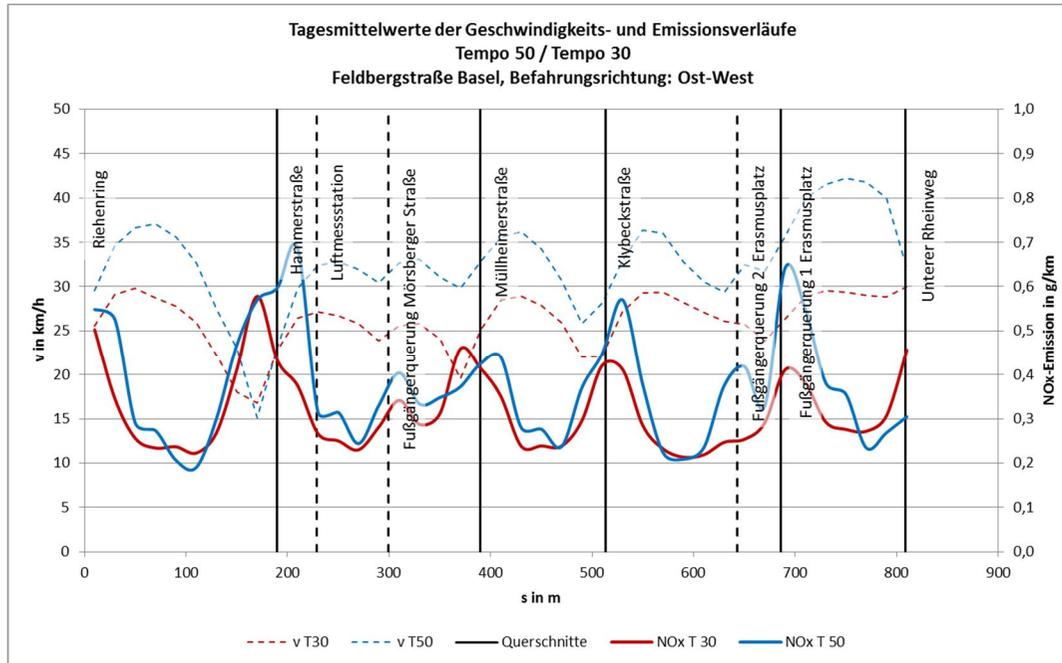
Bei den Tempo-30-Fahrten wurden deshalb im gesamten Streckenabschnitt zwischen Riehenring und Unterer Rheinweg NO_x-Emissionsreduzierungen von ca. 15 %, im Bereich der Luftmessstelle 13 % ermittelt.

Im Abschnitt 1 (zwischen Erasmusplatz und Unterer Rheinweg) treten auf Grund der Steigung in dieser Richtung sowohl bei Tempo 30 als auch bei Tempo 50 relativ hohe Emissionen auf. Die Emissionsminderung beträgt dabei ca. 18 %. Im Gegensatz zur West-Ost-Richtung, wo Tempo 30 zu einer relativen Emissionserhöhung von 19 % auf niedrigem absolutem Niveau führt, basiert die Emissionsminderung auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Bei Betrachtung des Gesamtquerschnitts dieses Abschnitts über beide Richtungen führt Tempo 30 somit zu einer Emissionsreduktion von ca. 6 %.



NOx-Emissionsfaktoren T30, T50 in g/km Feldbergstraße Basel, Befahrungsrichtung: West-Ost, nach Tageszeiten												
von LSA nach LSA Länge in m	Unterer Rheinweg		Erasmusplatz		Klybeckstraße		Müllheimer Straße		Hammerstraße		Unterer Rheinweg	
	Erasmusplatz	Klybeckstraße	Müllheimer Straße	Hammerstraße	Riehenring	Riehenring						
	127		148		130		199		179		783	
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50
Frühzeitig	0,19	0,22	0,26	0,27	0,27	0,36	0,28	0,29	0,34	0,43	0,27	0,32
Früh	0,23	0,18	0,34	0,34	0,29	0,29	0,30	0,31	0,40	0,41	0,32	0,31
Mittag	0,21	0,20	0,27	0,30	0,29	0,33	0,30	0,32	0,36	0,39	0,29	0,31
Nachmittag	0,25	0,19	0,31	0,32	0,31	0,33	0,36	0,37	0,42	0,39	0,34	0,33
Abend	0,21	0,15	0,25	0,27	0,26	0,36	0,30	0,38	0,35	0,41	0,28	0,33
Nacht	0,18	0,17	0,24	0,18	0,26	0,33	0,28	0,19	0,33	0,25	0,27	0,22
Tagesmittelwert	0,22	0,19	0,28	0,29	0,29	0,33	0,31	0,32	0,38	0,37	0,30	0,31
Änderung T30/T50	19%		-2%		-13%		-2%		1%		-1%	

Abb. 5.7: Tagesmittelwerte der Geschwindigkeits- und Emissionsverläufe: Befahrungsrichtung West-Ost



NOx-Emissionsfaktoren T30, T50 in g/km Feldbergstraße Basel, Befahrungsrichtung: Ost-West, nach Tageszeiten

von LSA	Riehenring	Hammerstraße	Müllheimer Str.	Klybeckstraße	Erasmusplatz	Riehenring						
nach LSA	Hammerstraße	Müllheimer Straße	Klybeckstraße	Erasmusplatz	Unt. Rheinweg	Unterer Rheinweg						
Länge in m	189	201	123	173	123	809						
	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50	T30	T50		
Frühzeitig	0.29	0.39	0.29	0.30	0.29	0.33	0.27	0.27	0.35	0.37	0.30	0.33
Früh	0.34	0.42	0.28	0.34	0.30	0.37	0.28	0.32	0.34	0.41	0.30	0.37
Mittag	0.36	0.41	0.32	0.38	0.30	0.35	0.27	0.41	0.32	0.40	0.32	0.39
Nachmittag	0.35	0.40	0.37	0.41	0.35	0.35	0.29	0.35	0.33	0.48	0.34	0.39
Abend	0.38	0.31	0.32	0.34	0.27	0.37	0.26	0.35	0.32	0.30	0.31	0.33
Nacht	0.22	0.25	0.28	0.35	0.22	0.22	0.26	0.21	0.32	0.28	0.26	0.27
Tagesmittelwert	0.34	0.38	0.32	0.37	0.30	0.33	0.27	0.34	0.33	0.40	0.31	0.36
Änderung T30/T50	-11%		-13%		-10%		-20%		-18%		-15%	

Abb. 5.8: Tagesmittelwerte der Geschwindigkeits- und Emissionsverläufe: Befahrungsrichtung Ost-West

Richtung	Abschnitt	von	nach	NO _x in g/km		NO _x
				T 30	T 50	T30/T50
West-Ost	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	0,22	0,19	19%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	0,28	0,29	-2%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	0,29	0,33	-13%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	0,31	0,32	-2%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	0,38	0,37	1%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	0,30	0,31	-1%
Ost-West	5	Riehenring	Hammerstrasse	0,34	0,38	-11%
	4	Hammerstrasse	Müllheimer Strasse	0,32	0,37	-13%
	3	Müllheimerstrasse	Klybeckstrasse	0,30	0,33	-10%
	2	Klybeckstrasse	Erasmusplatz	0,27	0,34	-20%
	1	Erasmusplatz	Unterer Rheinweg	0,33	0,40	-18%
	gesamt	Riehenring	Unterer Rheinweg	0,31	0,36	-15%
Querschnitt	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	0,273	0,291	-6%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	0,28	0,32	-12%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	0,29	0,33	-12%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	0,32	0,35	-8%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	0,36	0,38	-5%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	0,31	0,33	-8%

Tab. 5.9: Tagesmittlere NO_x-Emission abschnitts- und richtungsfein sowie als Querschnitt und Gesamtstrecke

Tab. 5.9 – Tab. 5.11 zeigt zusammenfassend abschnittsfein und richtungsfein sowie für Querschnitt und Gesamtstrecke die Tagesmittelwerte der Emissionen für NO_x, direktes NO₂ und motorbedingtes PM10 bei Tempo 30 und Tempo 50 sowie deren Unterschiede.

Bei Tempo 30 ergibt sich demnach bei den NO_x-Emissionen auf der Gesamtstrecke in West-Ost-Richtung eine leichte Minderung von 1 %, in Ost-West-Richtung von 15 % sowie als Mittelwert über beide Richtungen von 8 %.

Bei den direkten NO₂-Emissionen ergibt sich bei Tempo 30 auf der Gesamtstrecke in West-Ost-Richtung eine Erhöhung von 3 %, in Ost-West-Richtung zu einer Reduzierung von 9 % sowie als Mittelwert über beide Richtungen eine Reduzierung von 5 %.

Bei den motorbedingten PM10-Emissionen ergibt sich bei Tempo 30 auf der Gesamtstrecke in West-Ost-Richtung eine Erhöhung von 5 %, in Ost-West-Richtung eine Reduzierung von 9 % sowie als Mittelwert über beide Richtungen eine leichte Reduzierung von 2 %.

Richtung	Abschnitt	von	nach	NO ₂ in g/km		NO ₂ T30/T50
				T 30	T 50	
West-Ost	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	0,09	0,08	22%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	0,11	0,11	3%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	0,11	0,12	-8%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	0,12	0,12	1%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	0,15	0,14	4%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	0,12	0,12	3%
Ost-West	5	Riehenring	Hammerstrasse	0,13	0,14	-9%
	4	Hammerstrasse	Müllheimer Strasse	0,12	0,14	-10%
	3	Müllheimerstrasse	Klybeckstrasse	0,12	0,13	-9%
	2	Klybeckstrasse	Erasmusplatz	0,11	0,13	-17%
	1	Erasmusplatz	Unterer Rheinweg	0,12	0,15	-15%
	gesamt	Riehenring	Unterer Rheinweg	0,12	0,14	-12%
Querschnitt	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	0,11	0,11	-2%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	0,11	0,12	-8%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	0,11	0,12	-8%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	0,12	0,13	-5%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	0,14	0,14	-3%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	0,12	0,13	-5%

Tab. 5.10: Tagesmittlere NO₂-Emission abschnitts- und richtungsfein sowie als Querschnitt und Gesamtstrecke

Richtung	Abschnitt	von	nach	PM10 in mg/km		PM10
				T 30	T 50	T30/T50
West-Ost	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	4,37	3,34	31%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	4,44	4,28	4%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	4,32	4,63	-7%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	4,77	4,68	2%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	5,79	5,49	5%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	4,80	4,57	5%
Ost-West	5	Riehenring	Hammerstrasse	5,29	5,63	-6%
	4	Hammerstrasse	Müllheimer Strasse	4,88	5,26	-7%
	3	Müllheimerstrasse	Klybeckstrasse	4,57	4,91	-7%
	2	Klybeckstrasse	Erasmusplatz	4,21	4,93	-14%
	1	Erasmusplatz	Unterer Rheinweg	4,70	5,20	-10%
	gesamt	Riehenring	Unterer Rheinweg	4,74	5,21	-9%
Querschnitt	1	Unterer Rheinweg	Erasmusplatz	4,53	4,27	6%
	2	Erasmusplatz	Klybeckstrasse	4,33	4,61	-6%
	3	Klybeckstrasse	Müllheimerstrasse	4,45	4,77	-7%
	4	Müllheimerstrasse	Hammerstrasse	4,83	4,97	-3%
	5	Hammerstrasse	Riehenring	5,54	5,56	0%
	gesamt	Unterer Rheinweg	Riehenring	4,77	4,89	-2%

Tab. 5.11: Tagesmittlere PM10-Emission (nur Auspuff) abschnitts- und richtungsfein sowie als Querschnitt und Gesamtstrecke

Als Fazit kann Folgendes festgehalten werden: Ein Tempolimit auf 30 km/h kann in der Feldbergstrasse zu Reduzierungen der NO_x- und PM10-Emissionen führen. Dies gilt sowohl in der Bilanz des gesamten Strassenzuges als auch für die Mehrzahl der Einzelabschnitte.

Im Bereich des Messcontainers wurden als Mittelwert über beide Richtungen sowohl bei den Stickoxiden als auch beim motorbedingten PM10 Emissionsreduzierungen ermittelt worden. Die abgeleiteten Minderungspotenziale gelten unter den Bedingungen, dass das Tempolimit von 30 km/h eingehalten wird.

Aus Sicht der Luftschadstoffemissionen ist die Umsetzung eines Tempolimits positiv zu bewerten.

Auf der Grundlage der oben beschriebenen Ausarbeitungen erfolgte im Hinblick auf die Verkehrsflussparameter und die NO_x-Emissionen eine Zuordnung zu städtischen Verkehrssituationen des HBEFA inklusive anteiligem Einrechnen von Stop and Go Aufkommen. Damit werden auch für den Schwerverkehr, die durchgespielten Umweltzonenregelungen und die Prognose für 2025 Emissionsberechnungen ermöglicht.

5.4 Umweltzonenregelungen

Im Rahmen der Betrachtungen von Luftreinhalteplänen zur Immissionsminderung werden in letzter Zeit bezogen auf den Mfz-Verkehr als Massnahmen sogenannte Umweltzonenregelungen benannt, die mittels Einschränkungen vor allem für dieselbetriebene Fahrzeuge zur Senkung des verkehrsbedingten Beitrages führen sollen. Solche Ansätze werden prognostisch für den Bereich der Feldbergstrasse rechnerisch betrachtet, indem mögliche Umweltzonen-Regelungen als Verbot der Fahrten für ausgewählte Fahrzeuge mit 20%igem Ausnahme genehmigungsansatz angenommen werden. Mit der Umsetzung werden für die Feldbergstrasse folgende emissionsseitigen Minderungen erzielt.

- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro4** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 7%,
- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro5** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 12%,
- Wenn alle **Diesel**-Fahrten schlechter **Euro6** untersagt werden, NO_x-Emissionsminderung um ca. 35%.

Im Vergleich dazu werden für die Tempo 30-Regelung abgeleitet:

- NO_x-Emissionsminderung durch Tempo 30 gegenüber Tempo 50 im Querschnitt bis 13%.

Ergänzend erfolgte eine Prognosebetrachtung für das Jahr 2025, indem die erfasste dynamische Fahrzeugflottenzusammensetzung in der Feldbergstrasse in Anlehnung an die Vorgehensweise der Flottenentwicklungsführung des HBEFA für die Schweiz auf das Prognosejahr 2025 übertragen wurde. Damit wird folgende Entwicklung abgeleitet:

- NO_x-Emissionsminderung für 2025 gegenüber 2018 um ca. 43% in der Feldbergstrasse.

6 ERGEBNISSE

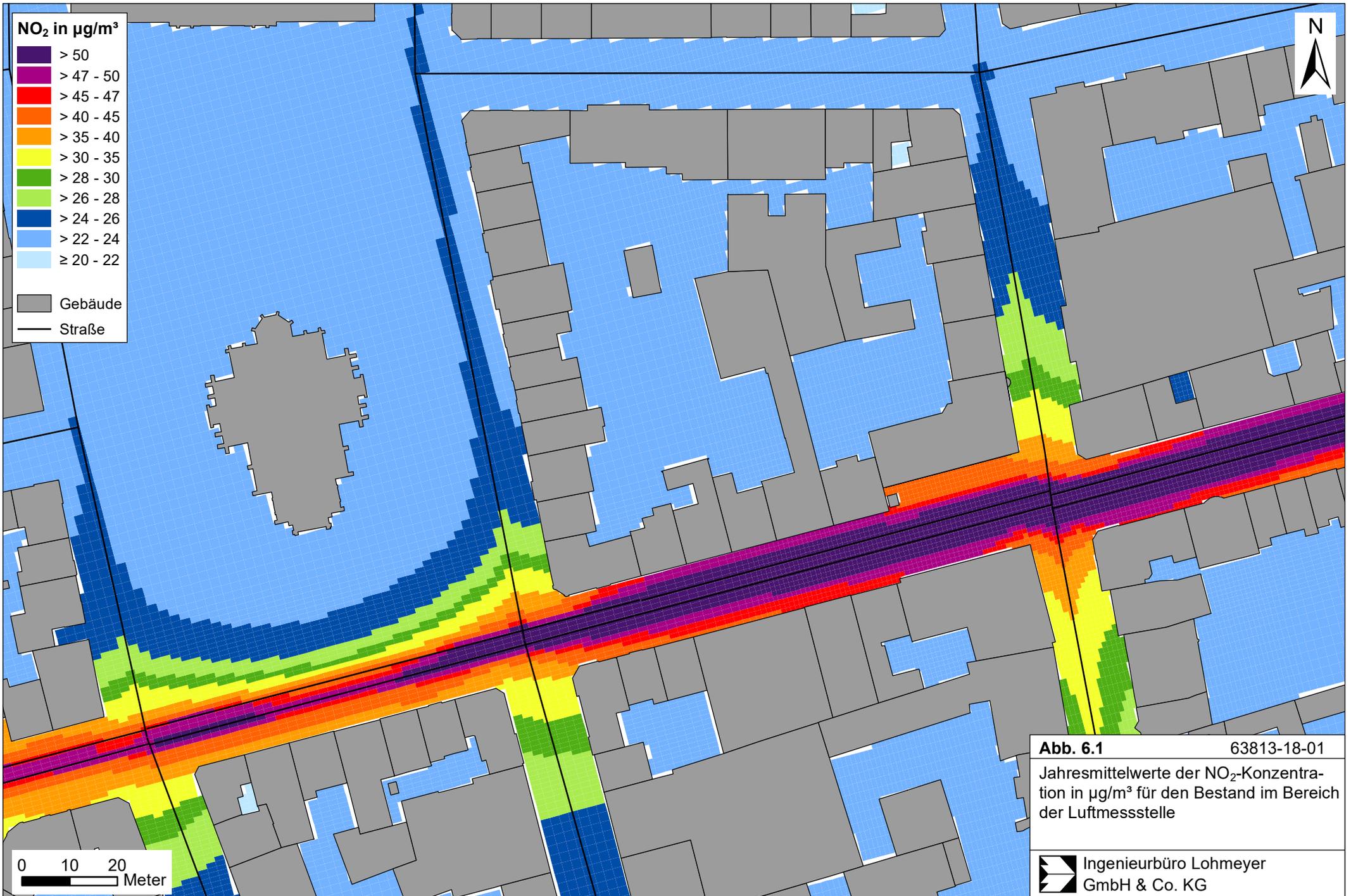
In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Strassen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich an der Feldbergstrasse in Basel repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und grossräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt, wobei der Beitrag durch den Schiffsverkehr auf dem Rhein überlagert wurde.

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 geltenden Grenzwert für NO₂ von 30 µg/m³ im Jahresmittel mit gelber Farbe belegt und höhere Konzentrationen mit roten Farben.

Die Ergebnisse werden für jeden Betrachtungsfall mit vier Ausschnitten dargestellt; die erste Abbildung entspricht dem Bereich um die Luftmessstelle Feldbergstrasse, die zweite Abbildung umfasst den östlichen Abschnitt mit der Kreuzung mit dem Riehenring, die dritte Abbildung den mittleren Abschnitt und die vierte Abbildung den westlichen Abschnitt bis zur Johanniterbrücke.

Für den Abschnitt an der Luftmessstelle Feldbergstrasse sind die berechneten NO₂-Konzentrationen für den Bestand 2018 in Bodennähe, d.h. ca. 1.5 m über Grund, der „Nasenhöhe“ für fussläufige Aufenthalte im Freiraum, in **Abb. 6.1** dargestellt. Am Standort der Messstation ist ein NO₂-Jahresmittelwert von ca. 46 µg/m³ ermittelt. In den Abschnitten mit beidseitiger Randbebauung und geringer Strassenraumbreite werden an der Bebauung auch NO₂-Konzentrationen über 47 µg/m³ berechnet. In Bereichen mit breiteren Strassenräumen bzw. aufgelockerter Randbebauung werden teilweise NO₂-Konzentrationen unter 40 µg/m³ dargestellt.

Im östlichen Abschnitte mit der Kreuzung zum Riehenring weitet sich der Strassenraum auf; dort sind trotz Einfluss des Kreuzungsbereichs an der Randbebauung NO₂-Konzentrationen



unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (**Abb. 6.2**); das betrifft sowohl die nördliche als auch die südliche Randbebauung. Im westlich anschliessenden Strassenabschnitt mit verengter Strassenraumbreite sind NO_2 -Konzentrationen bis über $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufgezeigt.

Im mittleren Abschnitt (**Abb. 6.3**) weitet sich im Bereich des nach Süden abzweigenden Claragrabens der Strassenraum deutlich auf und an der Randbebauung sind dort NO_2 -Konzentrationen um $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, an der nördlichen Randbebauung der Feldbergstrasse dort bis $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, während an dem westlich anschliessenden Abschnitt der Feldbergstrasse aufgrund des relativ schmalen Strassenraumes an der Randbebauung der Feldbergstrasse bis $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt sind.

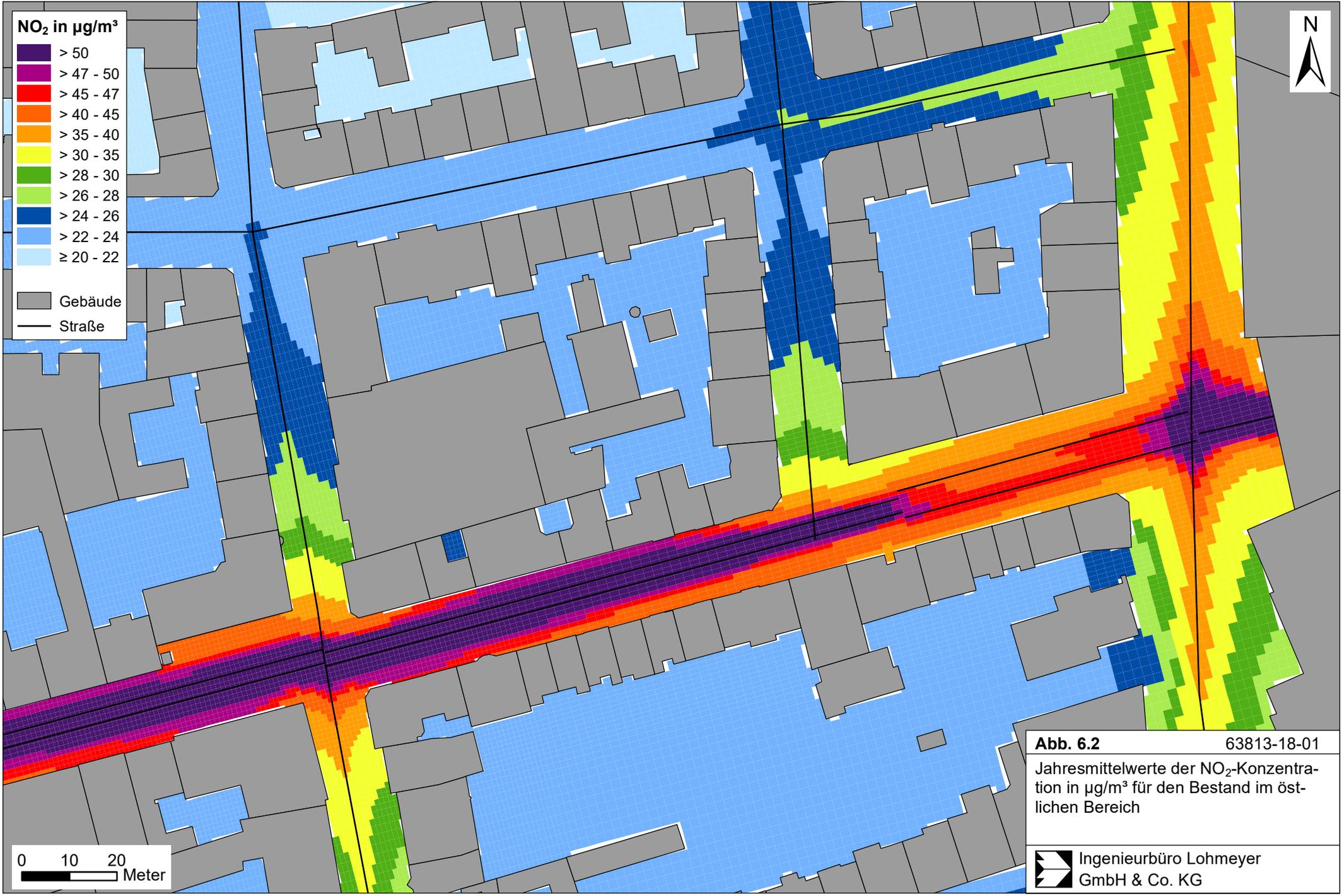
Im westlichen Abschnitt (**Abb. 6.4**) führt die Strassenraumaufweitung zu etwas geringeren NO_2 -Konzentrationen, die inklusive Einfluss des Schiffsverkehrs über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und nur vereinzelt bis $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ umfassen.

Mit der Tempo 30-Regelung sind für den Abschnitt an der Messstelle Feldbergstrasse die berechneten NO_2 -Konzentrationen in **Abb. 6.5** aufgezeigt. Am Standort der Messstelle werden NO_2 -Konzentrationen von ca. $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet und an der Randbebauung sind gegenüber dem Bestand bis um ca. $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verringerte Konzentrationen abgeleitet.

Im östlichen Abschnitt sind nahezu unveränderte NO_2 -Konzentrationen berechnet (**Abb. 6.6**), da im Kreuzungsbereich mit dem Riehenring durch eine Tempo 30-Regelung wenig Änderungen im Verkehrsfluss abgeleitet werden. Damit ist dort eine mit dem Bestand vergleichbare verkehrsbedingte Schadstofffreisetzung zu erwarten, die im Nahbereich der Kreuzung zu keinen nennenswerten Konzentrationsänderungen führt.

Für den zentralen (**Abb. 6.7**) und westlichen Abschnitt (**Abb. 6.8**) werden mit der Tempo 30-Regelung verringerte NO_2 -Konzentrationen berechnet, vergleichbar zum Bereich an der Luftmessstelle

Die ergänzend betrachteten Planszenarien mit den Ansätzen für eine Umweltzonenregelung durch Verbote von Fahrten mit Dieselmotoren der Eurostufen unter Euro 4 (Umweltzone 1), unter Euro 5 (Umweltzone 2) und unter Euro 6 (Umweltzone 3) sowie die Prognose 2025 mit entsprechend fortentwickelter Flottenzusammensetzung bewirken eine Minderung der Schadstofffreisetzung auf allen betrachteten Strassenabschnitten bei unverändert angesetzter Verkehrsmenge. Zusammenfassend sind in **Tab. 6.1** die Ergebnisse der Berechnungen für den Standort der Luftmessstelle Feldbergstrasse aufgeführt, dargestellt mit einer Nachkommastelle, um auch die geringen Unterschiede ablesbar zu machen.



NO₂ in µg/m³

- > 50
- > 47 - 50
- > 45 - 47
- > 40 - 45
- > 35 - 40
- > 30 - 35
- > 28 - 30
- > 26 - 28
- > 24 - 26
- > 22 - 24
- ≥ 20 - 22

Gebäude
 Straße



0 10 20
 Meter

Abb. 6.2 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für den Bestand im östlichen Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

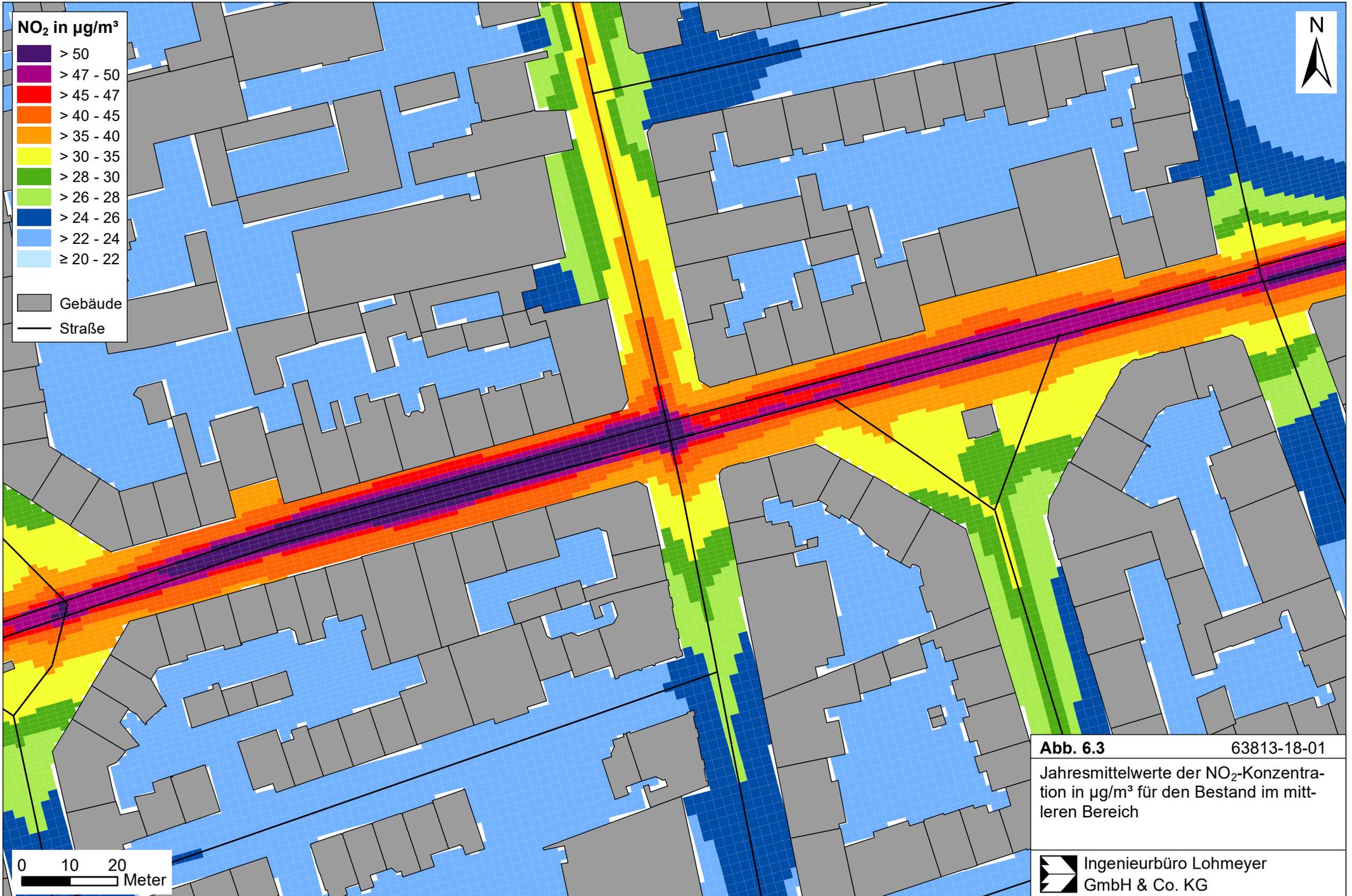
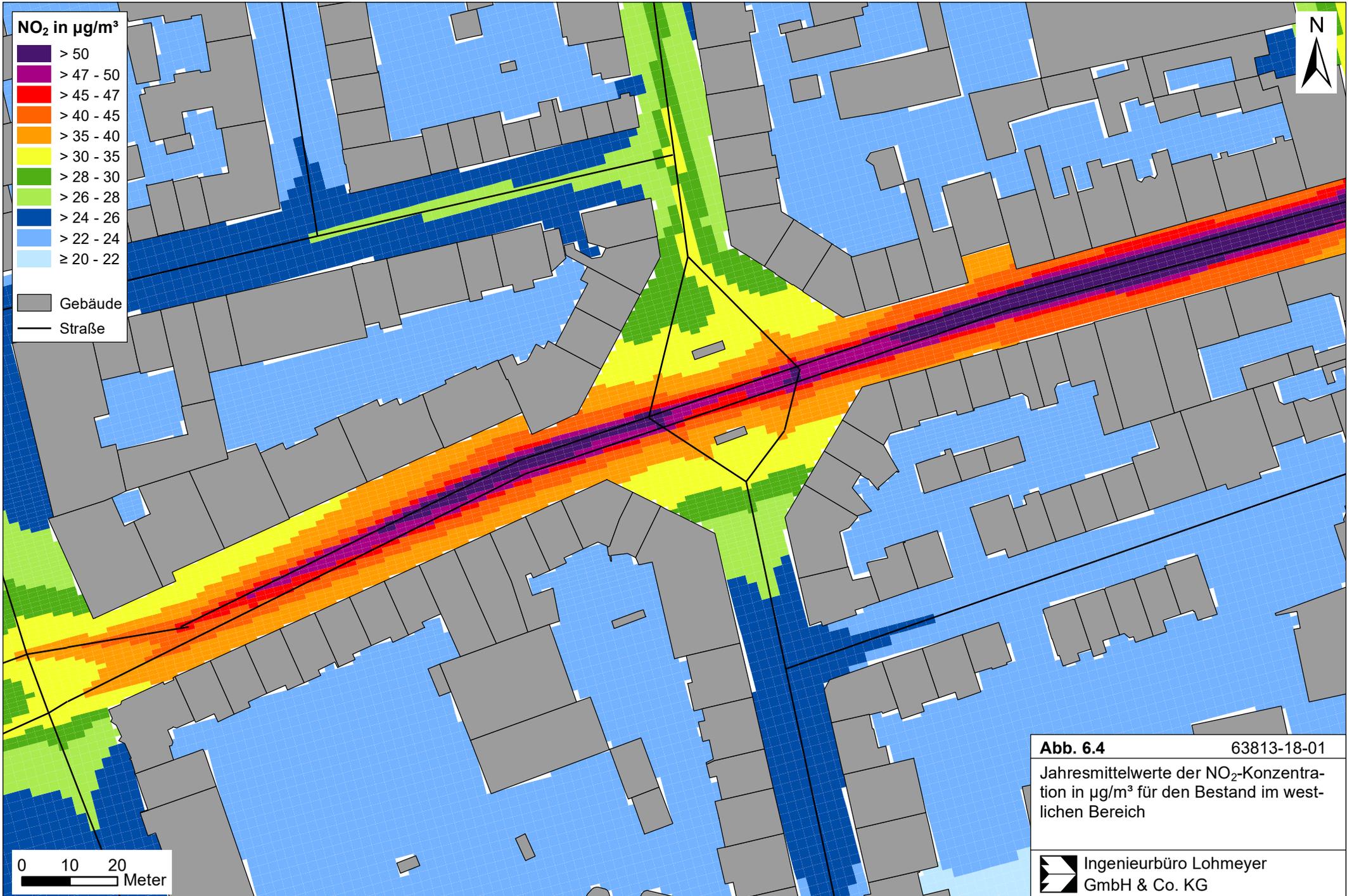


Abb. 6.3 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für den Bestand im mittleren Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



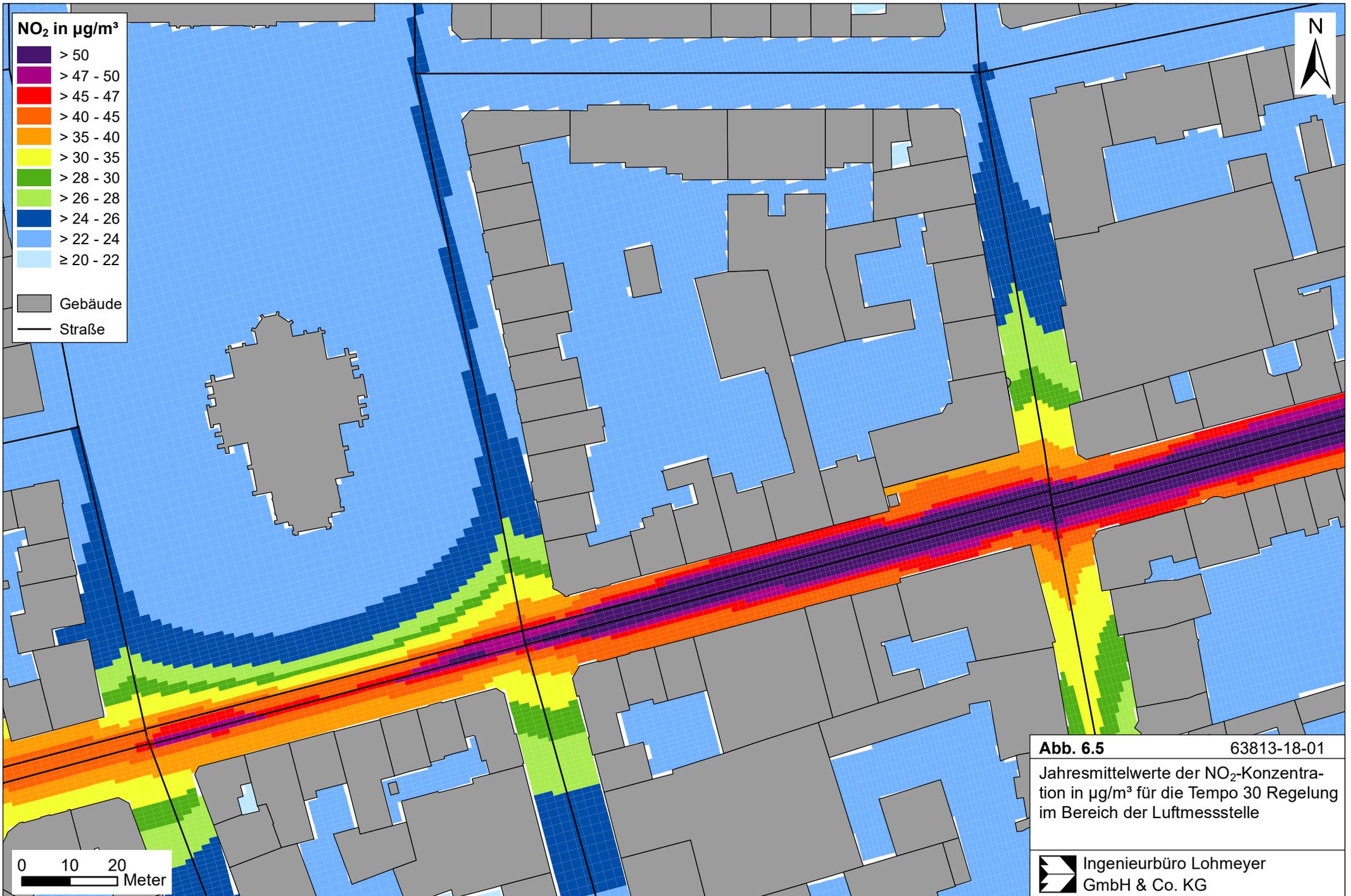
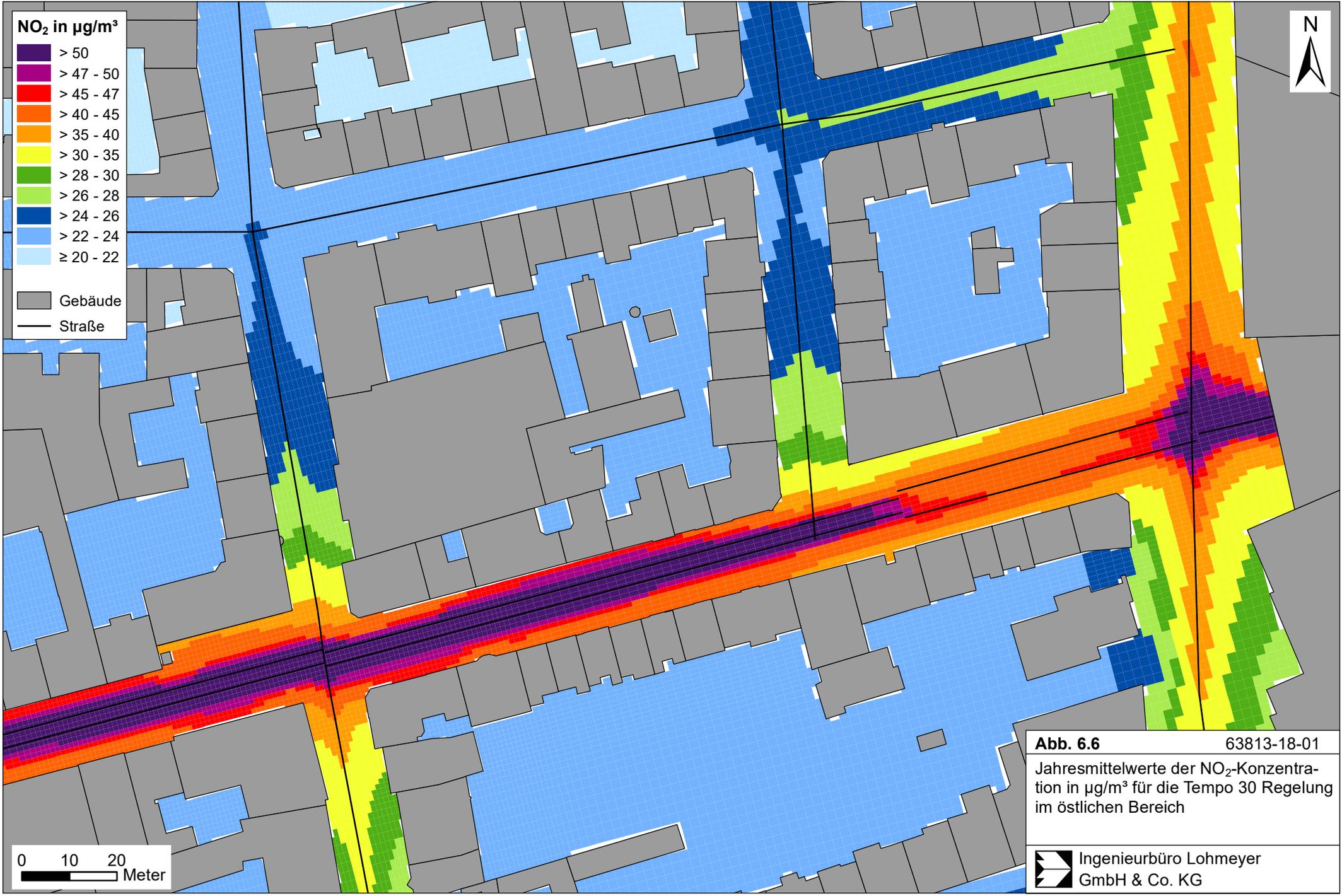


Abb. 6.5 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für die Tempo 30 Regelung im Bereich der Luftmessstelle
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



NO₂ in µg/m³

- > 50
 - > 47 - 50
 - > 45 - 47
 - > 40 - 45
 - > 35 - 40
 - > 30 - 35
 - > 28 - 30
 - > 26 - 28
 - > 24 - 26
 - > 22 - 24
 - ≥ 20 - 22
- Gebäude
 Straße



0 10 20
 Meter

Abb. 6.6 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für die Tempo 30 Regelung im östlichen Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

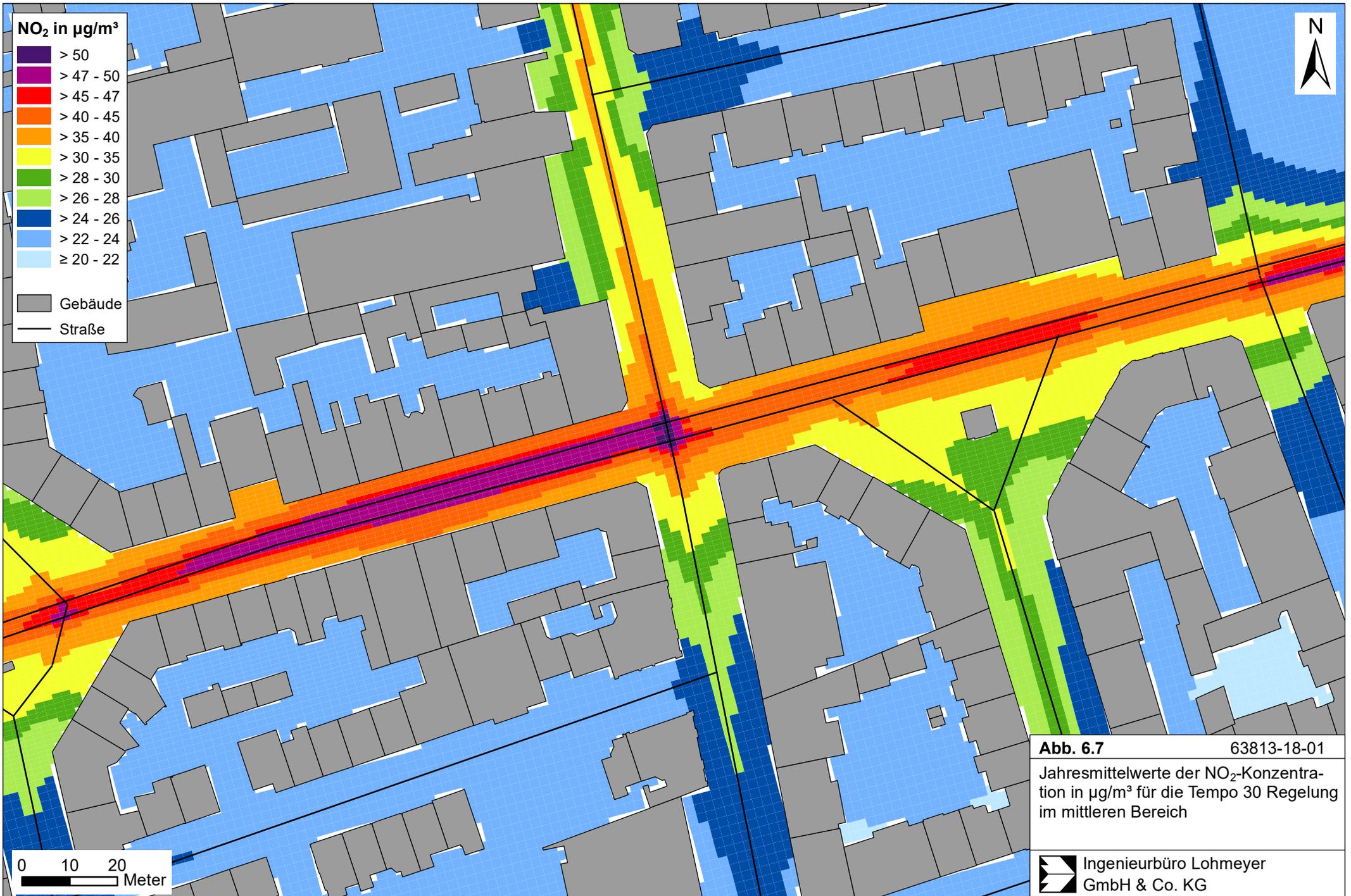


Abb. 6.7 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für die Tempo 30 Regelung im mittleren Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

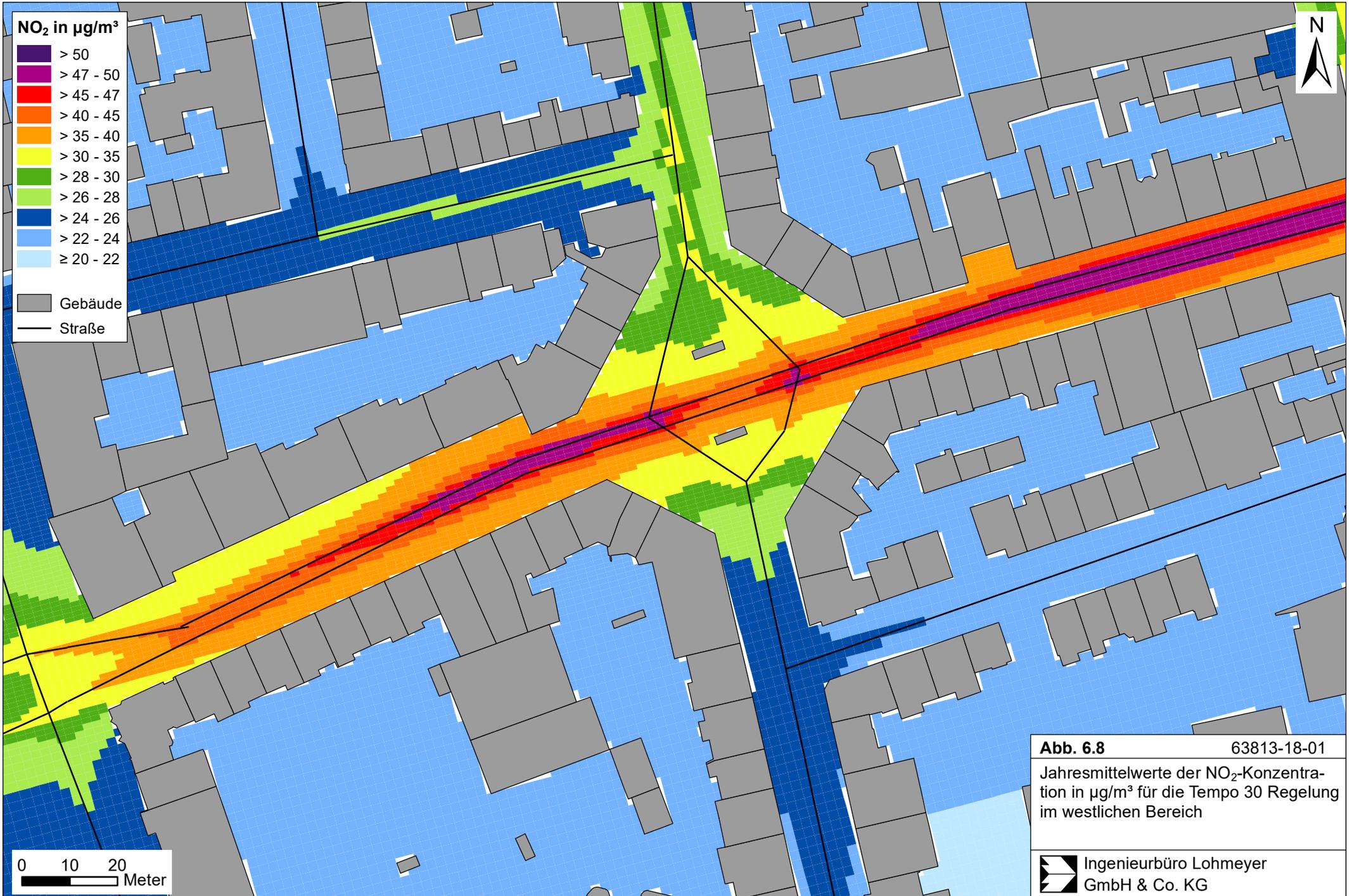


Abb. 6.8 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für die Tempo 30 Regelung im westlichen Bereich

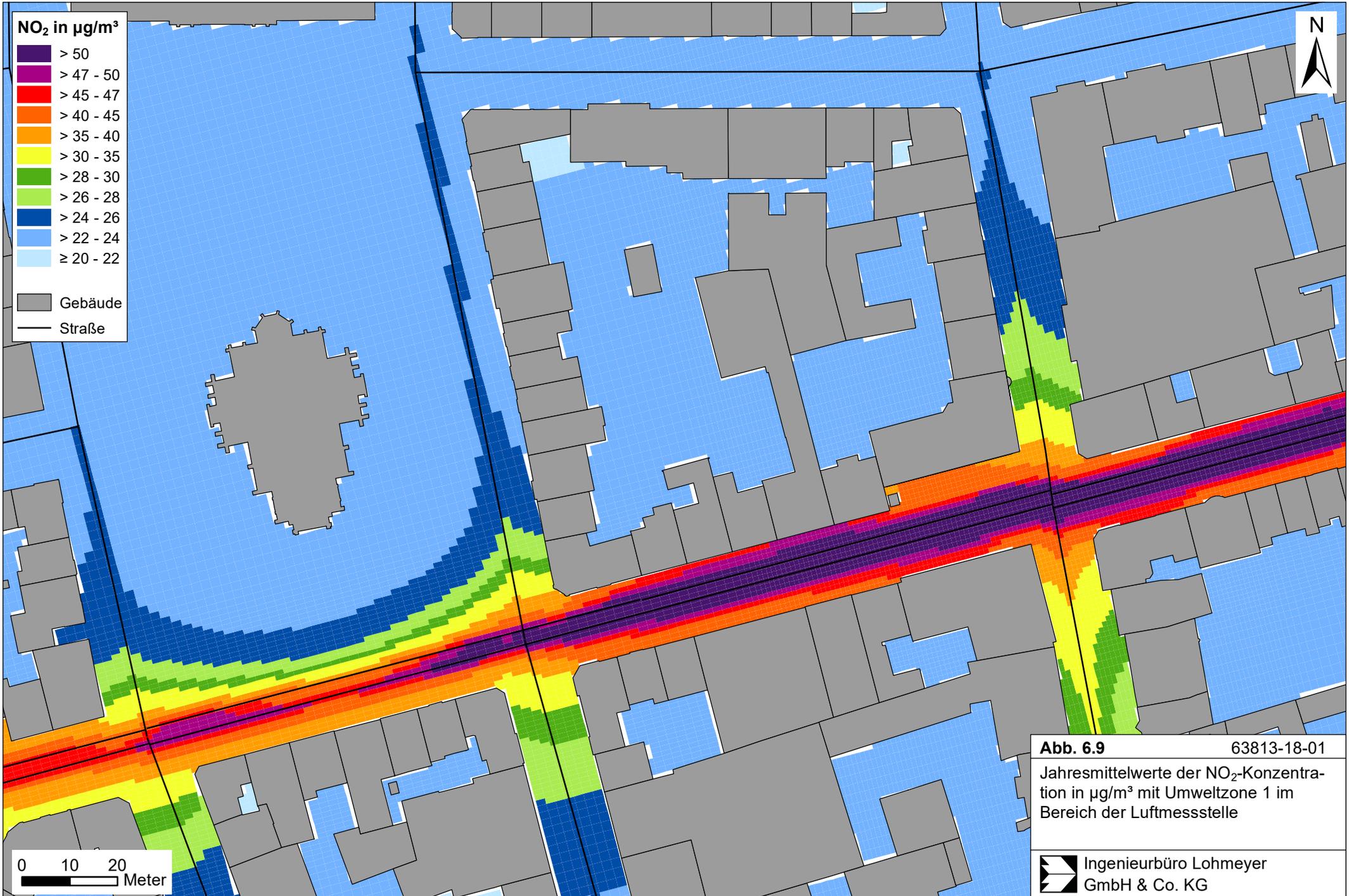
■ Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

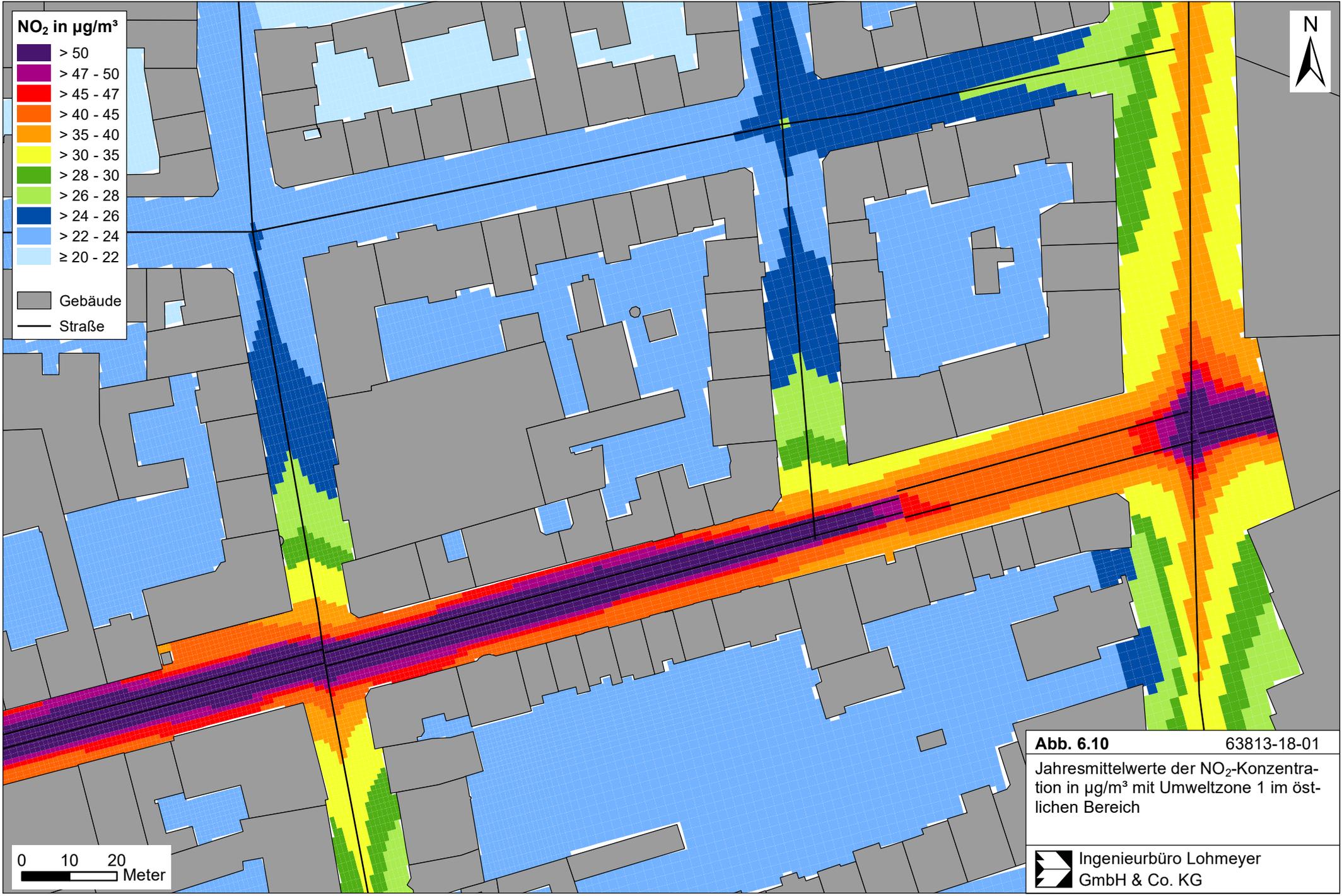
	NO ₂ in µg/m ³
Bestand 2018	45.8
T30-Regelung	43.2
Umweltzone 1-Regelung	44.3
Umweltzone 2-Regelung	42.6
Umweltzone 3-Regelung	36.6
Prognose 2025	35.8

Tab. 6.1: Berechnete NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Standort der Luftmessstelle Feldbergstrass für die betrachteten Szenarien

Danach wirken sich die Umweltzonenregelungen 1 und 2 in geringem Umfang aus, an der Luftmessstelle auch in geringerem Umfang gegenüber einer Tempo 30 Regelung. Erst ab einer Einschränkung der dieselbetriebenen Fahrzeuge bis Euro 5 werden deutliche Minderungen erwartet, die sich beispielsweise in vergleichbarer Form bis 2025 einstellen.

Die flächenhaften Immissionsdarstellungen der Berechnungsergebnisse für diese Varianten sind in **Abb. 6.9** bis **Abb. 6.24** beigefügt. In Teilbereichen der Feldbergstrasse werden an der Randbebauung für das Jahr 2025 bzw. eine Umweltzonenregelung 3 auch NO₂-Konzentrationen unter 30 µg/m³ berechnet.





NO₂ in µg/m³

- > 50
- > 47 - 50
- > 45 - 47
- > 40 - 45
- > 35 - 40
- > 30 - 35
- > 28 - 30
- > 26 - 28
- > 24 - 26
- > 22 - 24
- ≥ 20 - 22

- Gebäude
- Straße



0 10 20
Meter

Abb. 6.10 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 1 im östlichen Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

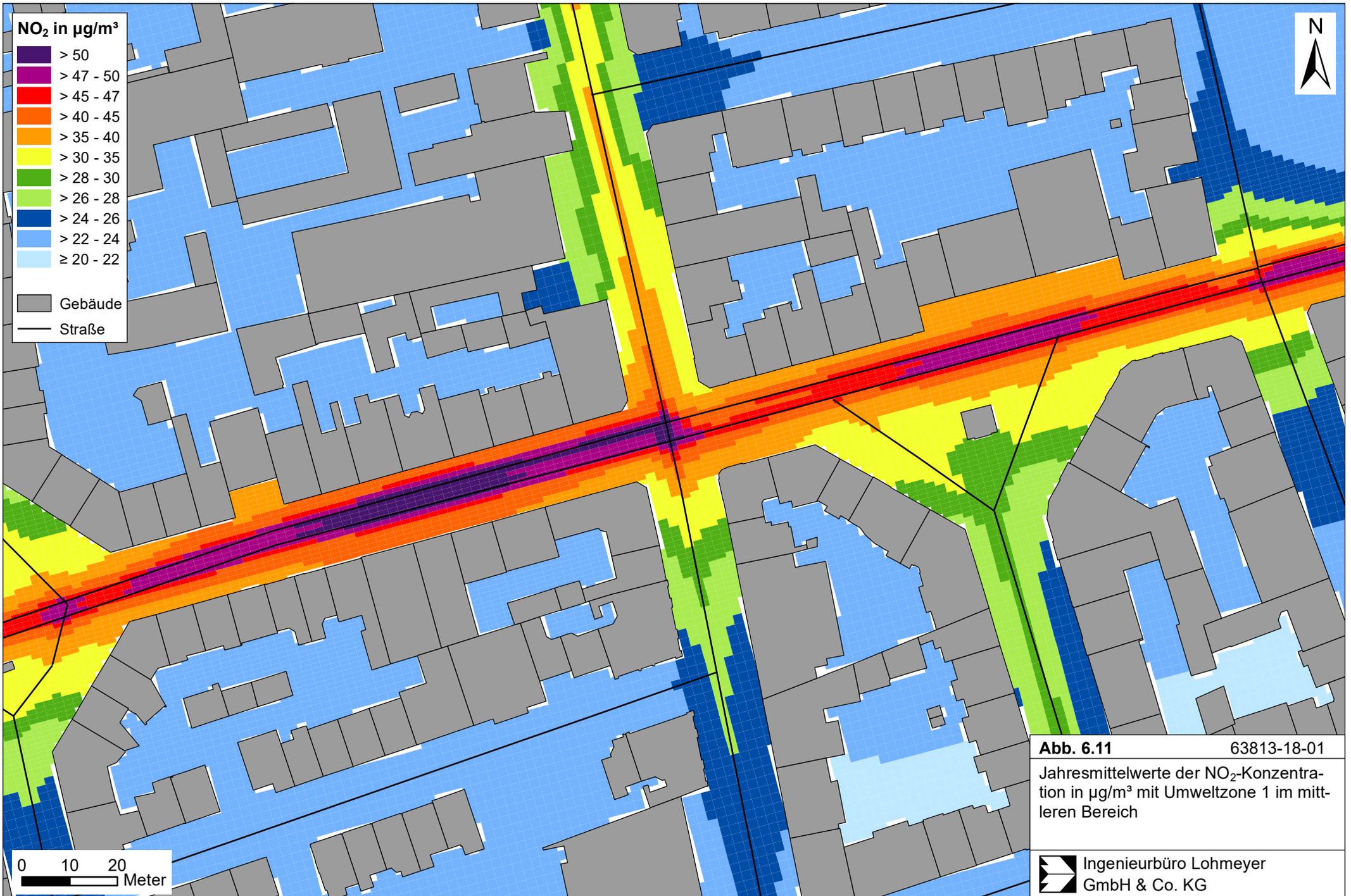


Abb. 6.11 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 1 im mittleren Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

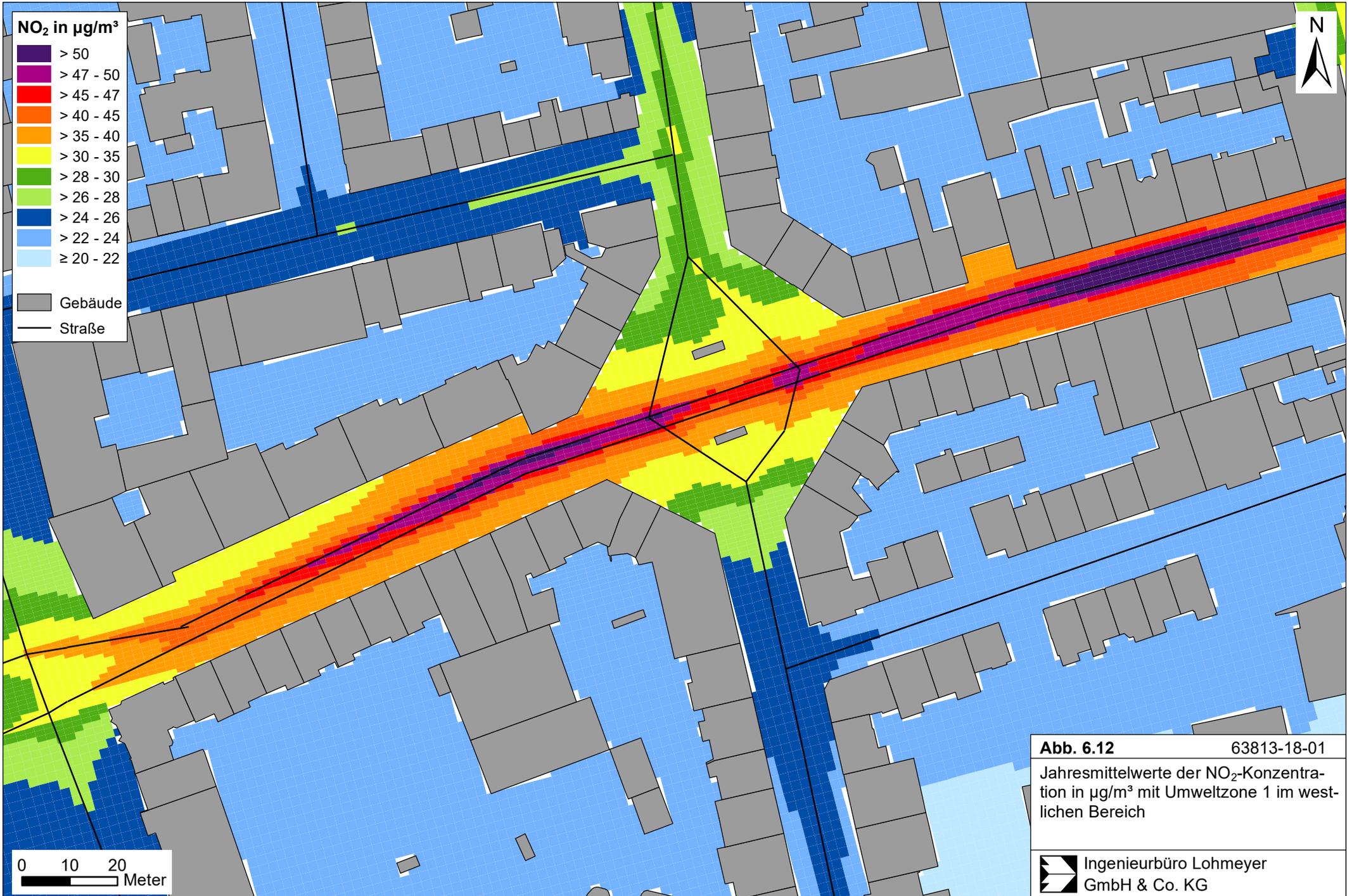


Abb. 6.12 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 1 im westlichen Bereich

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

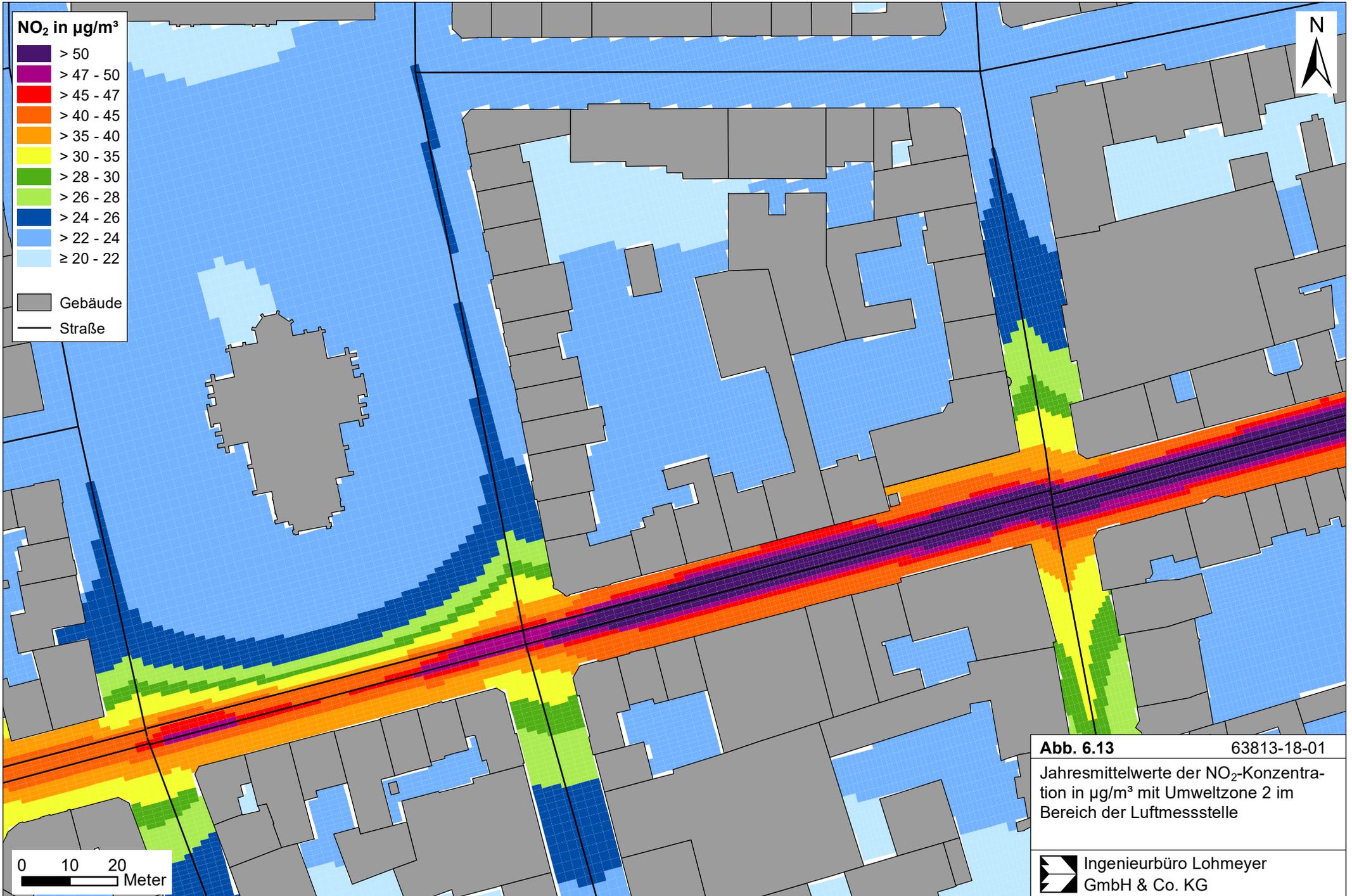
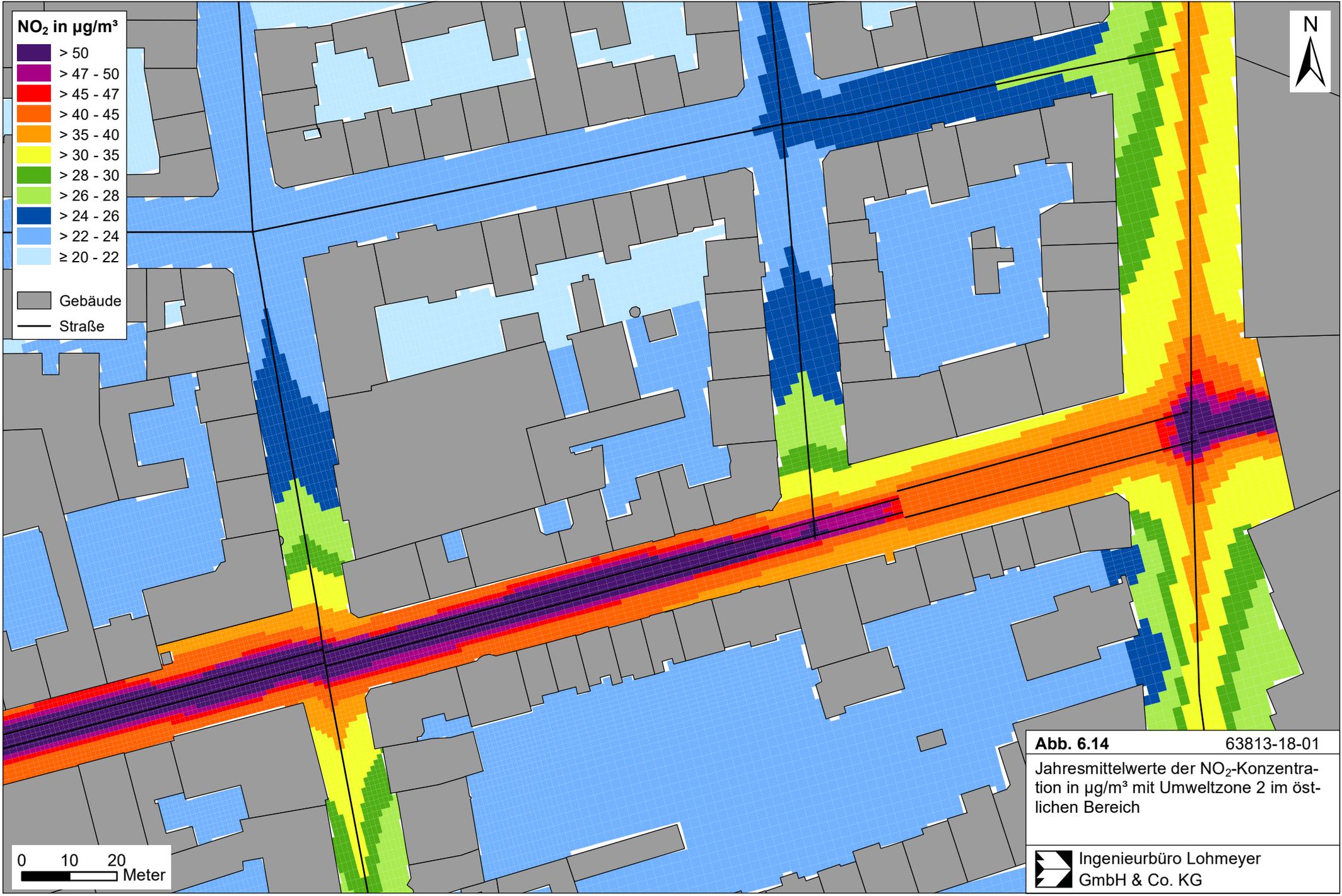


Abb. 6.13 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 2 im Bereich der Luftmessstelle



NO₂ in µg/m³

- > 50
- > 47 - 50
- > 45 - 47
- > 40 - 45
- > 35 - 40
- > 30 - 35
- > 28 - 30
- > 26 - 28
- > 24 - 26
- > 22 - 24
- ≥ 20 - 22

- Gebäude
- Straße



0 10 20
 Meter

Abb. 6.14 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 2 im östlichen Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

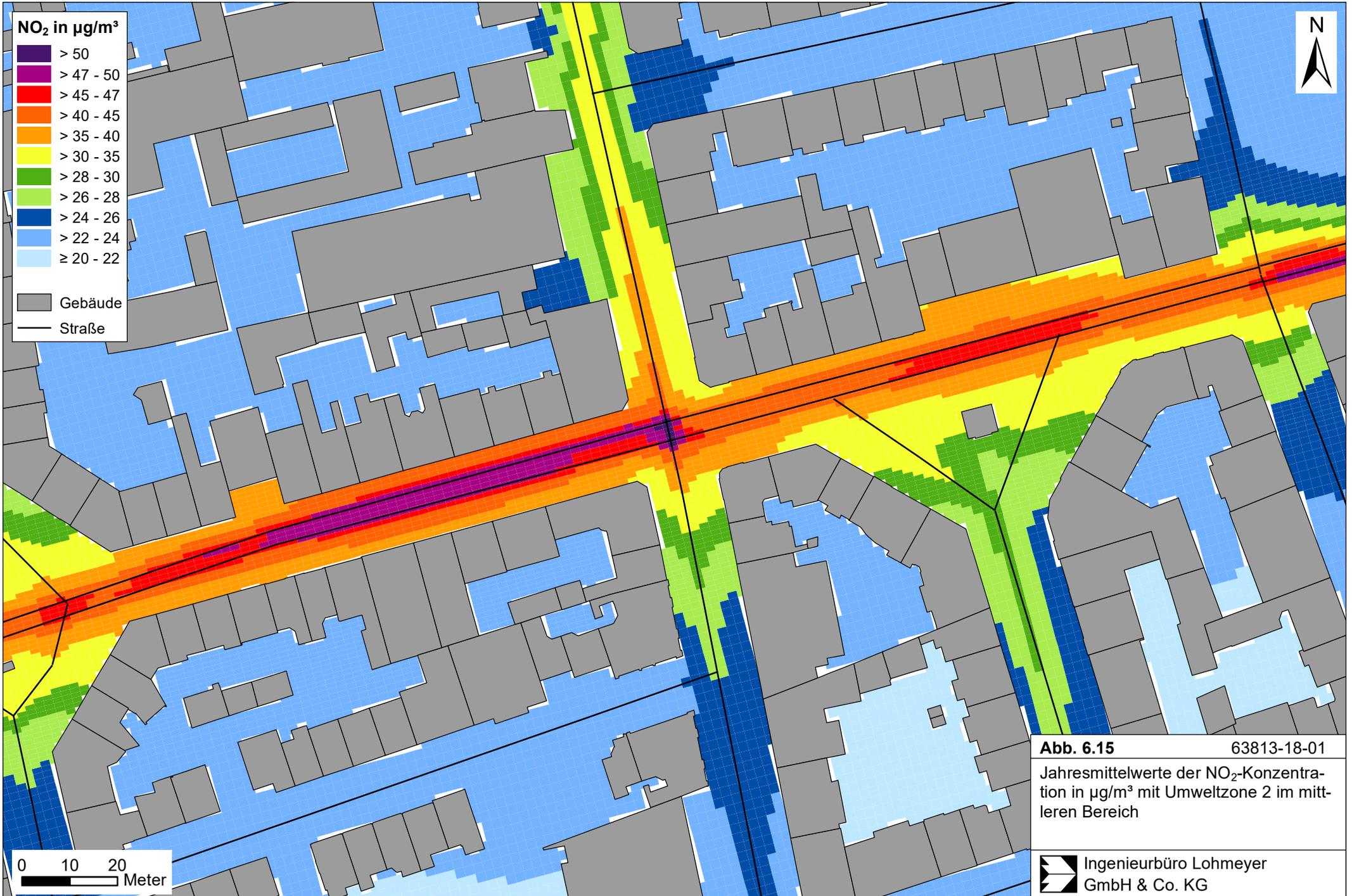
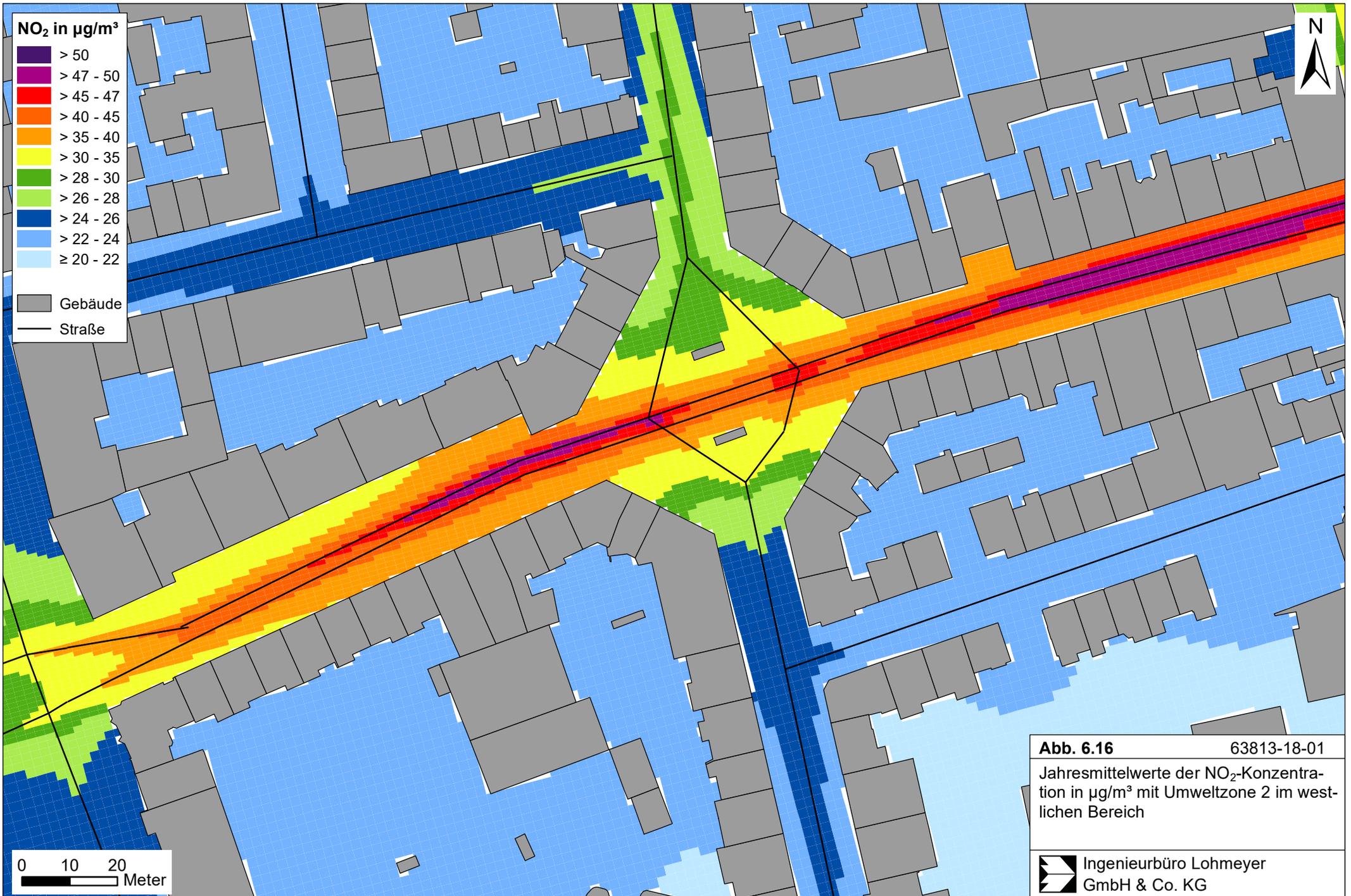


Abb. 6.15 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 2 im mittleren Bereich
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



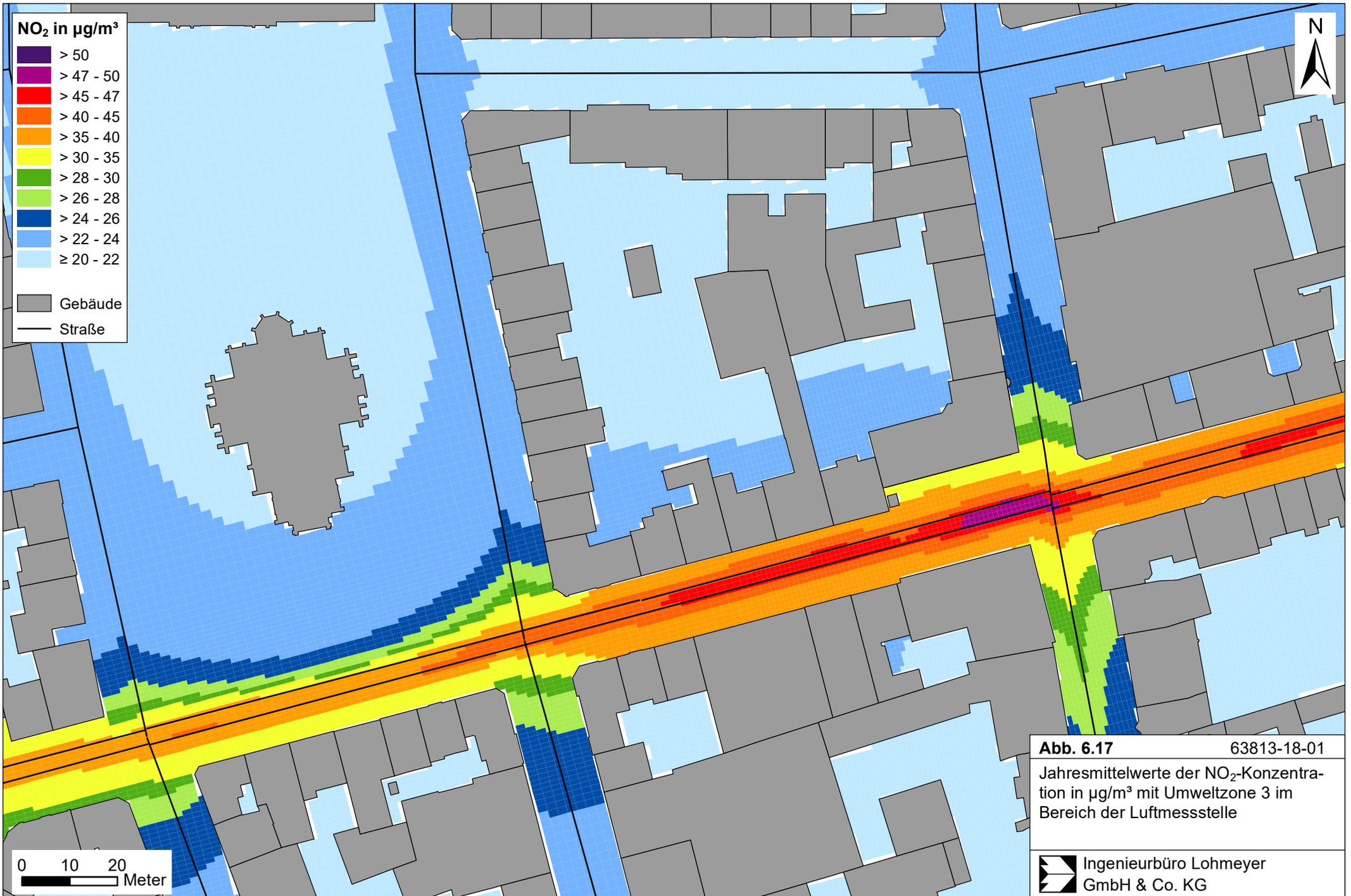


Abb. 6.17 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 3 im Bereich der Luftmessstelle
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

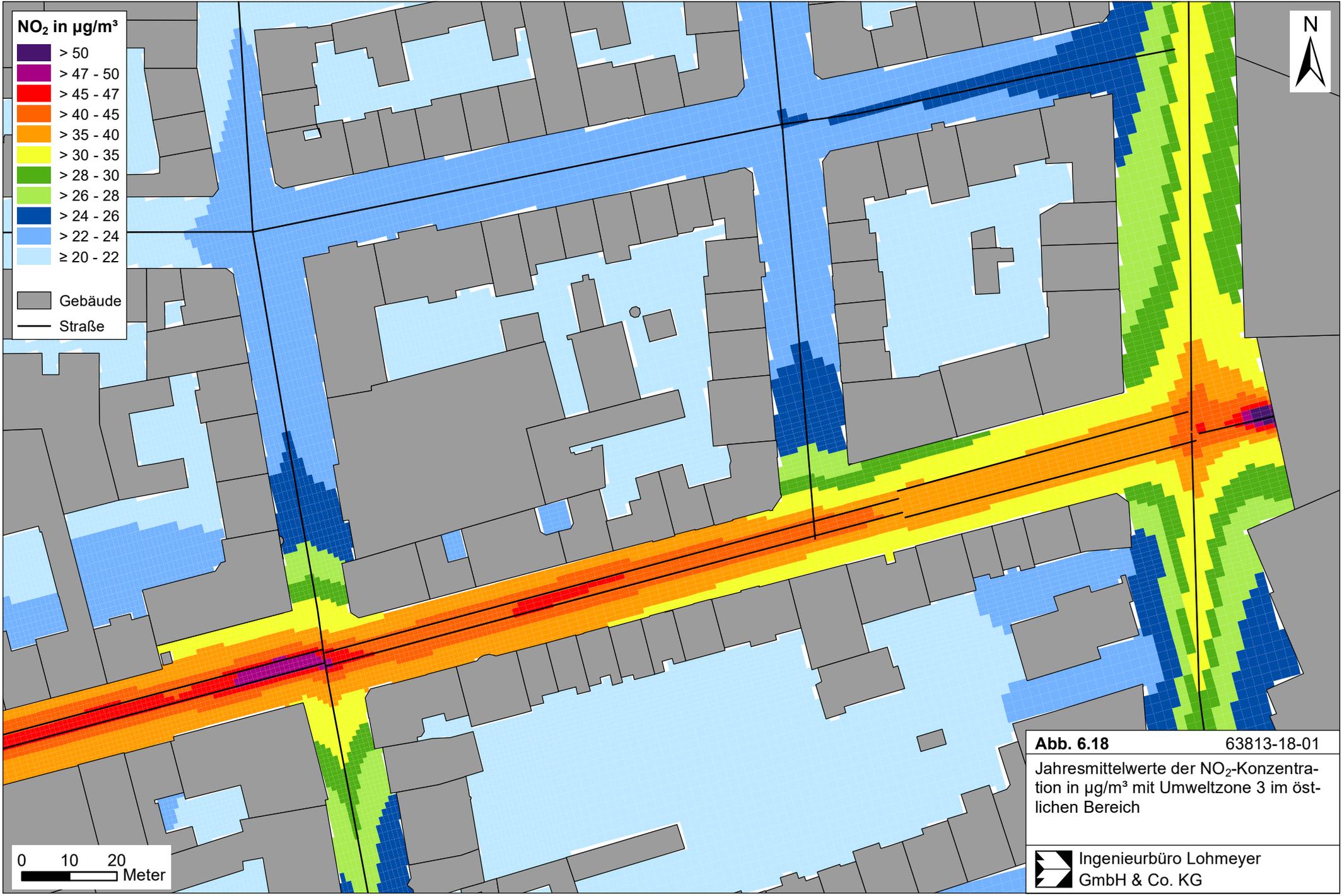


Abb. 6.18 63813-18-01
Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 3 im östlichen Bereich

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

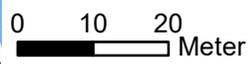
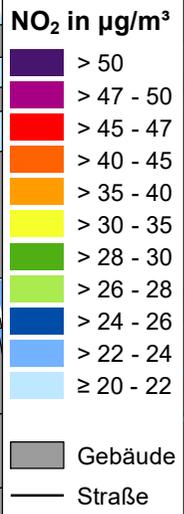
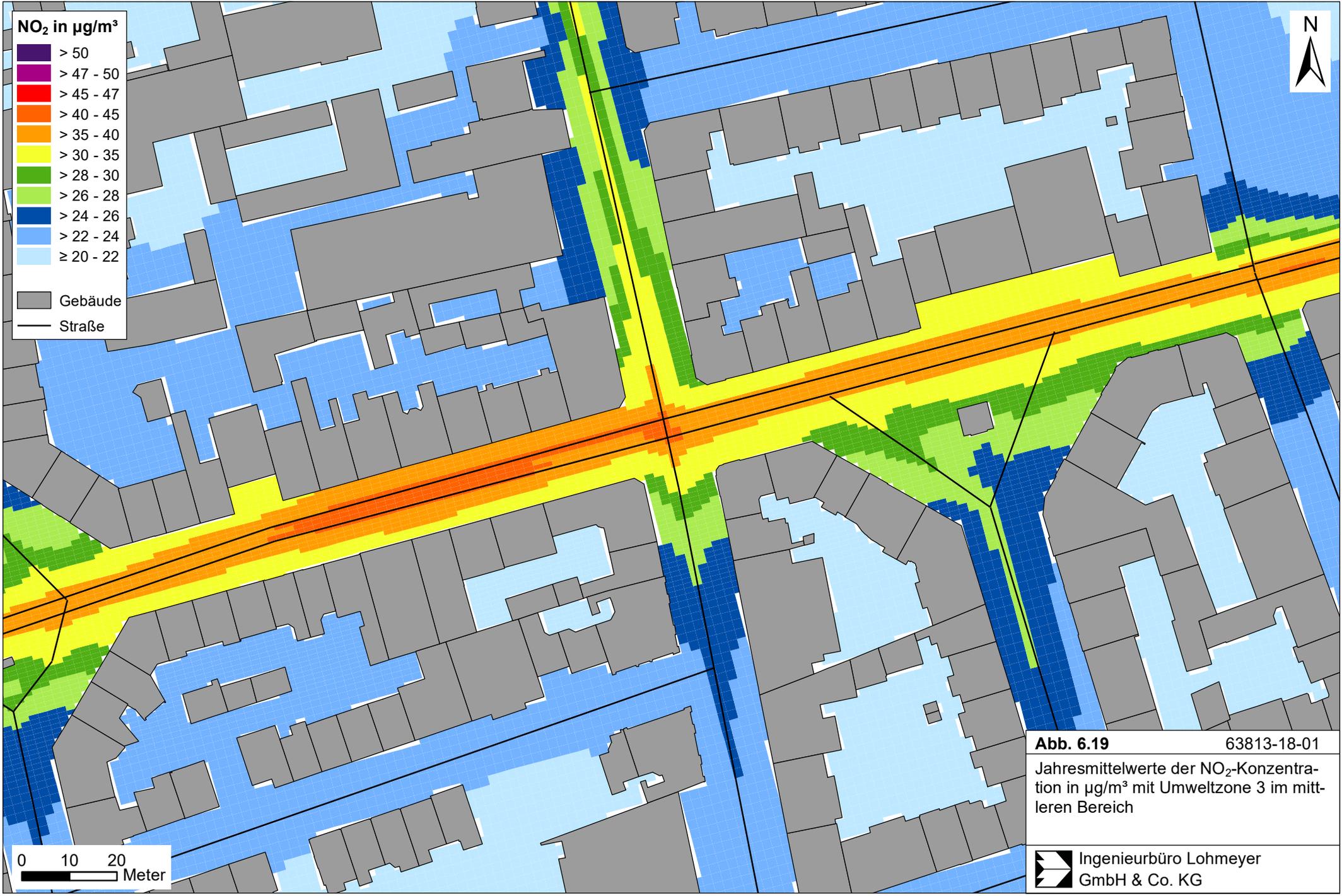
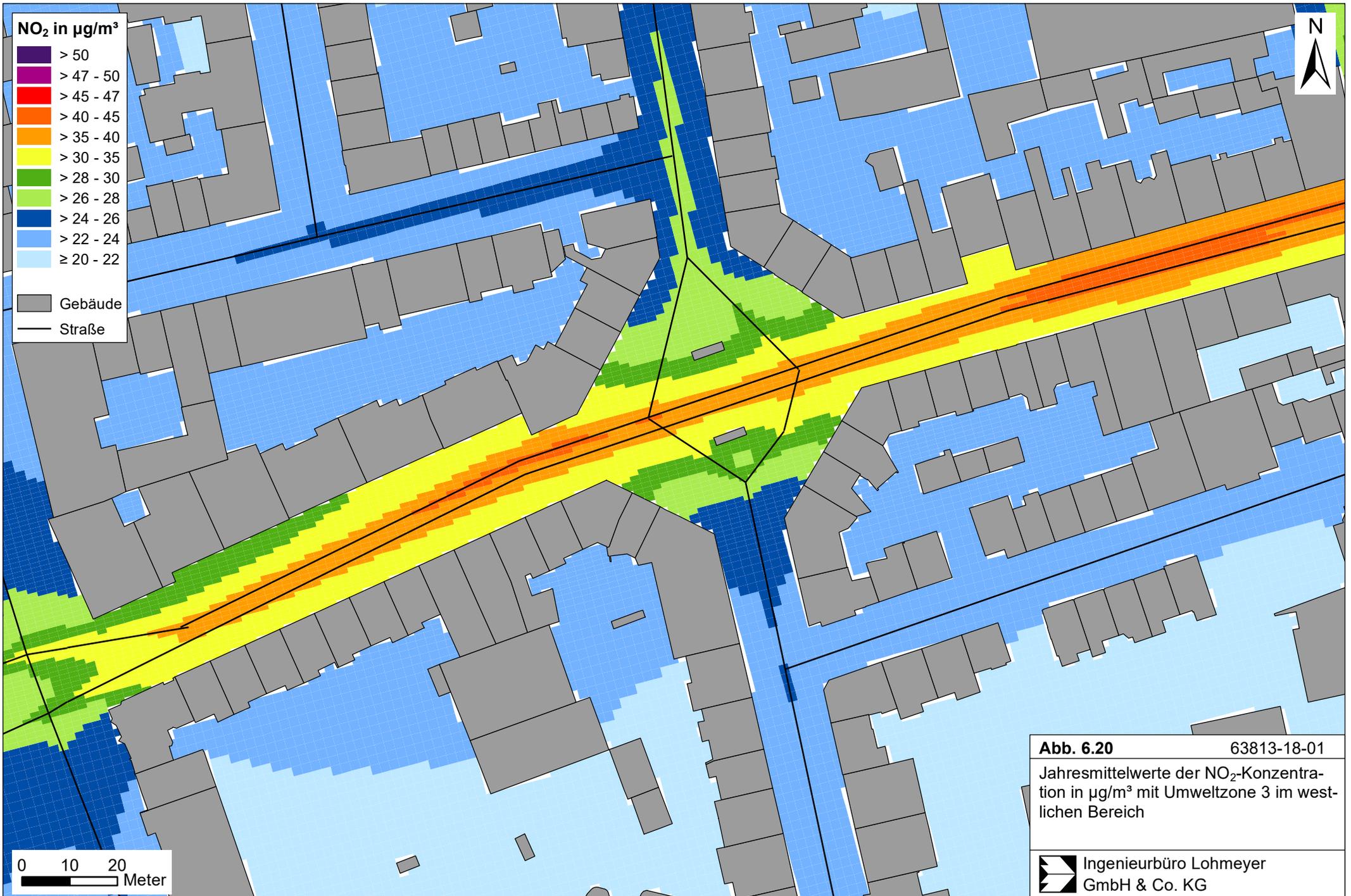


Abb. 6.19 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ mit Umweltzone 3 im mittleren Bereich

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG



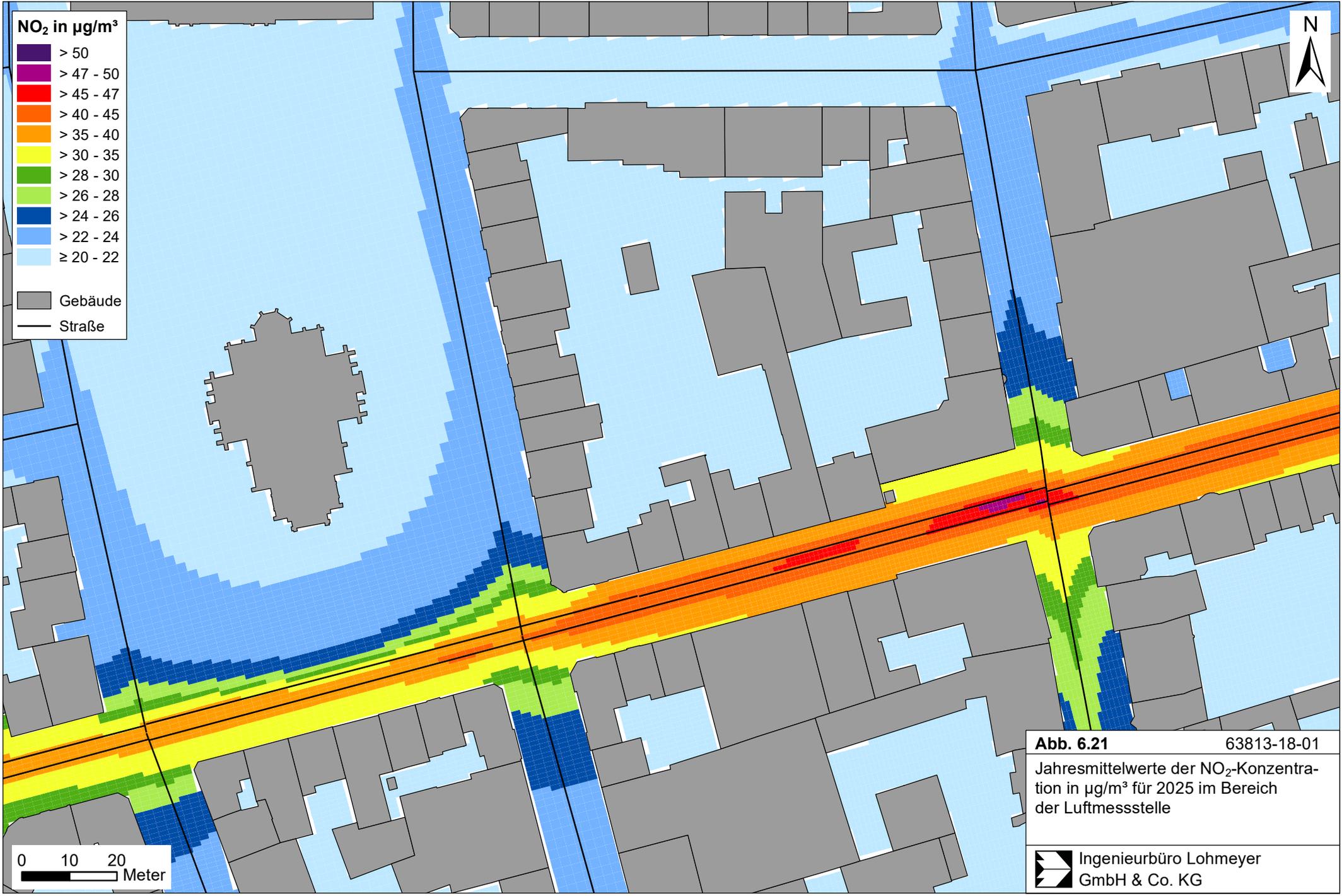


Abb. 6.21 63813-18-01
Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für 2025 im Bereich der Luftmessstelle
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

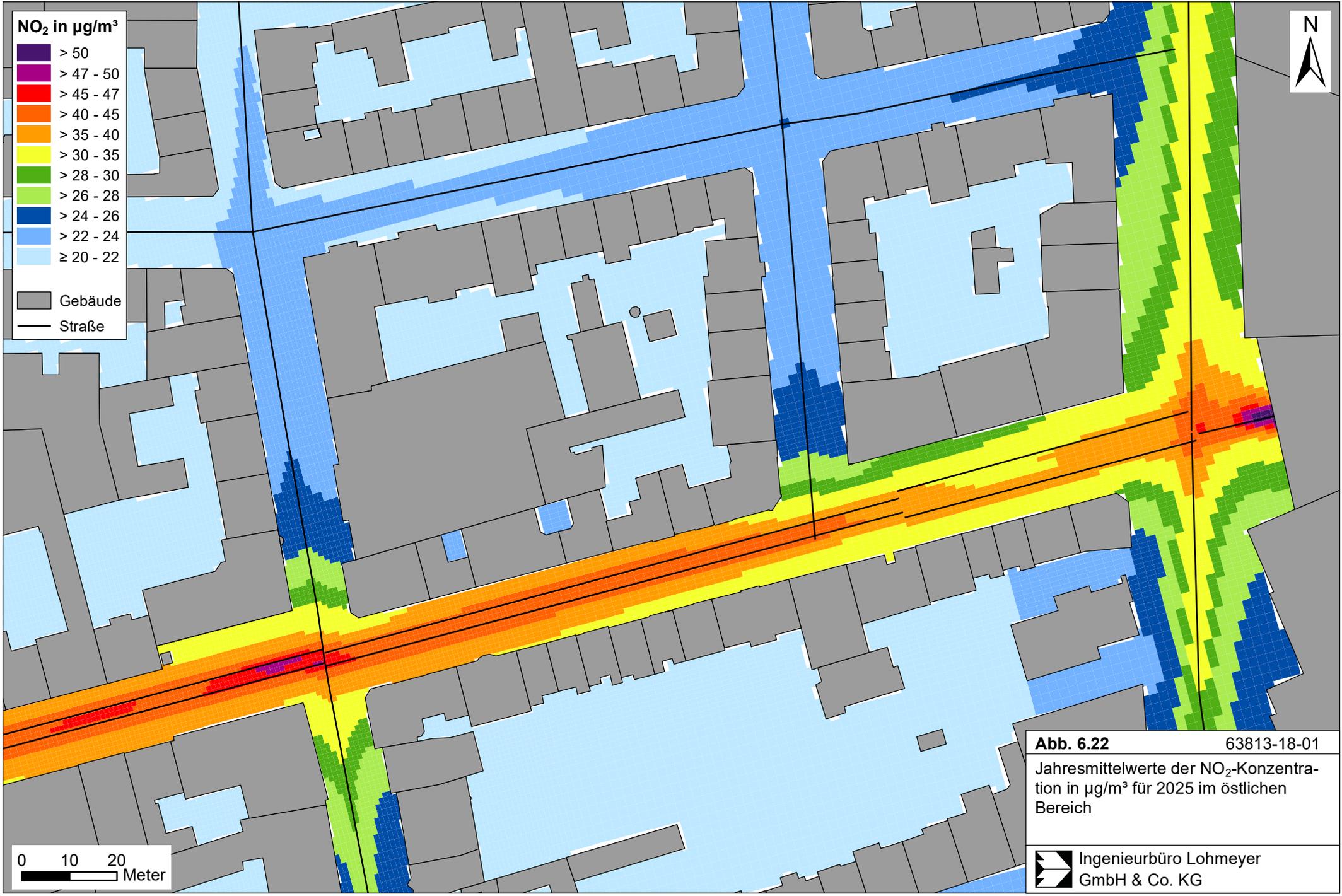
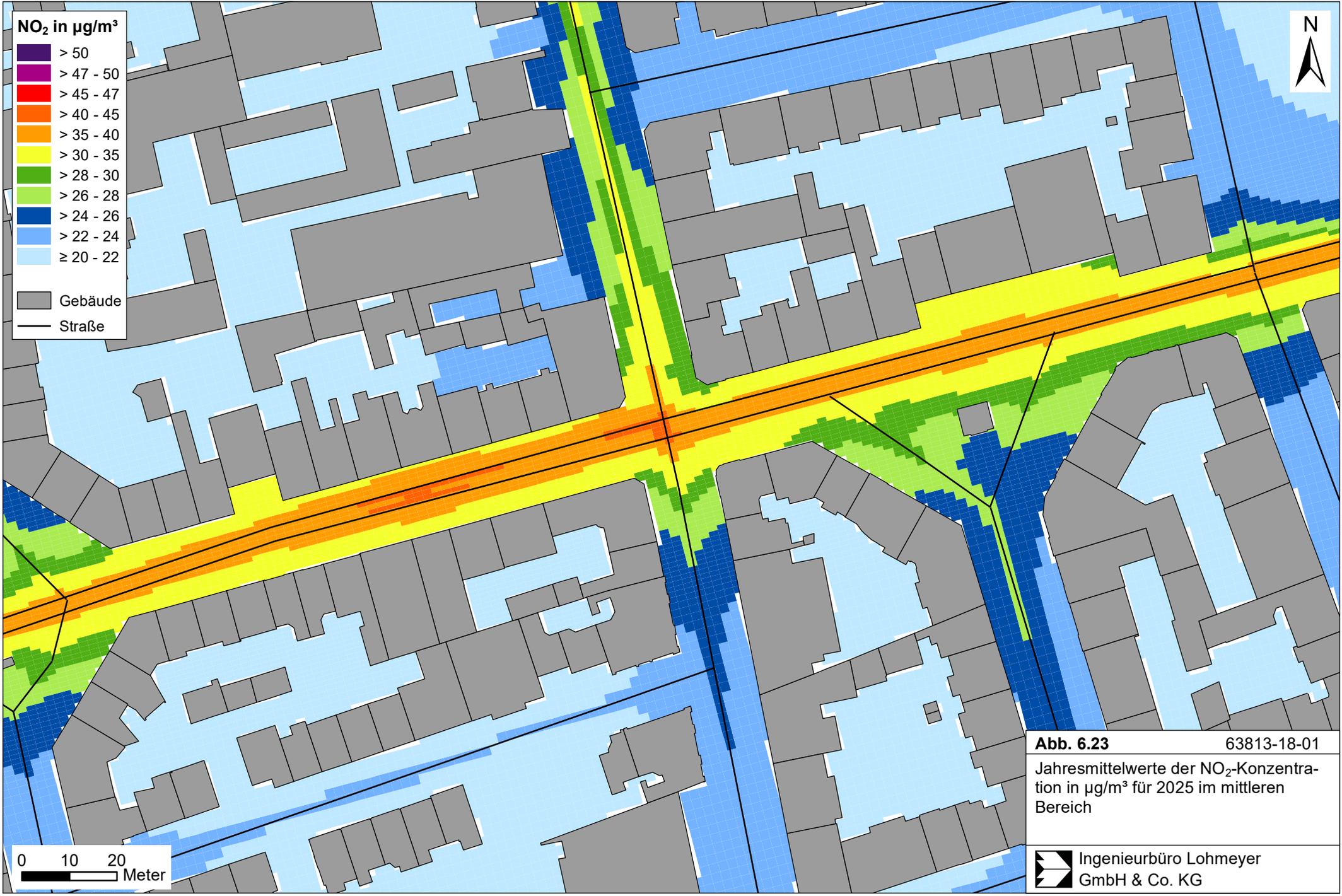


Abb. 6.22 63813-18-01
Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für 2025 im östlichen Bereich

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



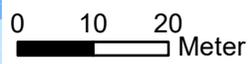
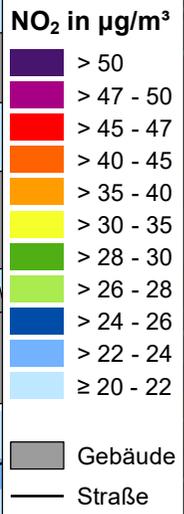
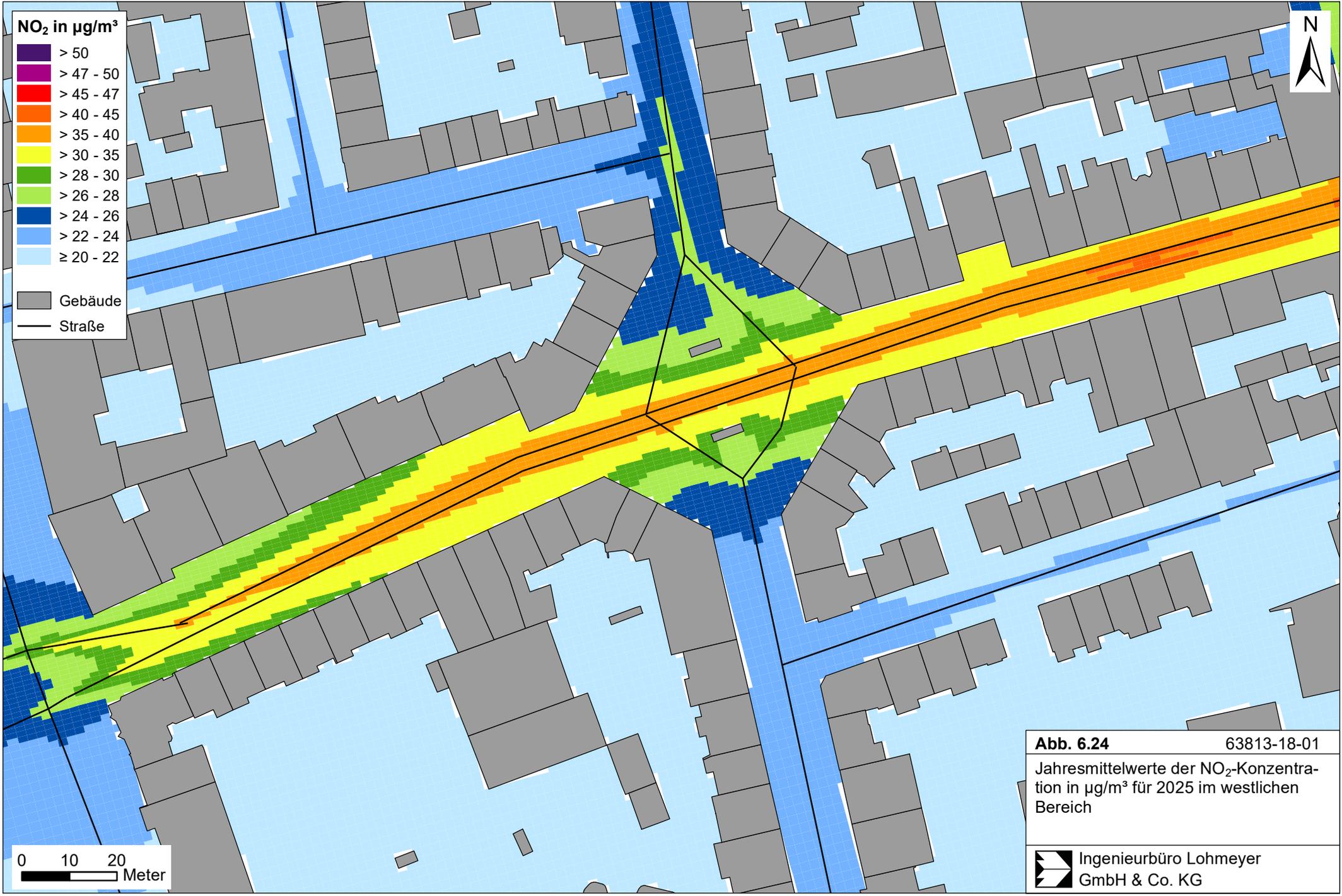


Abb. 6.24 63813-18-01
 Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für 2025 im westlichen Bereich

Ingenieurbüro Lohmeyer
 GmbH & Co. KG

7 LITERATUR

- Hausberger et.al (2009): Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3. funded by Umweltbundes-amt GmbH Österreich, Lebensministerium Österreich, BMVIT Österreich and Joint Research Centre and ERMES members, Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/67, Graz, 2009
- Heusch/Boesefeldt (1993): Untersuchungen des repräsentativen Fahrverhaltens von PKW auf Stadt- und Landstrassen; Heusch/Boesefeldt Beratende Ingenieure für Verkehrstechnik und Datenverarbeitung GmbH, Aachen und TÜV Rheinland, Köln; im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, 1993
- LUBW (2012): Ersteinschätzung der Wirkung von Tempo 30 auf Hauptverkehrsstrassen auf die NO_x- und PM10-Emissionen. Hrsg.: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe
- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Version 3.3 / April 2017. Erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/d/start.html>.
- 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.
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- VDI 3782 Blatt 7(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 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017