

**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](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

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

**DETAILBETRACHTUNG FÜR DEN  
NAHBEREICH DER VERKEHRSBEZOGENEN  
LUFTMESSSTELLE IN  
LIMBURG AN DER LAHN**

Auftraggeber: Industrie- und Handelskammer Limburg  
Walderdorffstraße 7  
65549 Limburg

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Juli 2019, ergänzt September 2019  
Projekt 63939-19-01  
Berichtsumfang 42 Seiten

## **I N H A L T S V E R Z E I C H N I S**

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>3 VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>6</b>
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM .....	6
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen .....	8
<b>4 EINGANGSDATEN .....</b>	<b>9</b>
4.1 Verkehrsdaten .....	12
4.2 Meteorologische Daten .....	12
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung .....	13
<b>5 EMISSIONEN .....</b>	<b>17</b>
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	17
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	17
5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	17
<b>6 ERGEBNISSE .....</b>	<b>20</b>
<b>7 LITERATUR .....</b>	<b>28</b>
<b>A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN .....</b>	<b>32</b>
<b>A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG .....</b>	<b>36</b>
<b>A3 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN ZU NO<sub>2</sub>-IMMISSIONEN .....</b>	<b>39</b>

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

### **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  $\text{mg}/\text{m}^3$  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

Im Hinblick auf Fahrverbote für bestimmte Dieselfahrzeuge steht u.a. die Aussagekraft der erfassten Messwerte für NO<sub>2</sub> in Diskussion. Die Höhe der gemessenen oder prognostizierten Schadstoffbelastung ist dabei stark von der Positionierung der Messungen bzw. Annahmen der Modelle abhängig. In Limburg an der Lahn wird die verkehrsbezogene Luftmessstation Schiede an der innerstädtischen Bundesstraße B 8 betrieben, die hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen erfasst.

Mittels detaillierter Ausbreitungsrechnungen sollte aufgezeigt werden, welche kleinräumigen Unterschiede der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der direkten Umgebung und in dem entsprechenden Straßenzug vorliegen, um daraus die Betroffenheit im Hinblick auf den Geltungsbereich der 39. BImSchV abzuleiten.

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) für das Bezugsjahr 2018 die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

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

Die Auswertung der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen erfolgte für die Messhöhe, d.h. ca. 2.8 m über dem Gelände. In dem Straßenabschnitt Schiede im Bereich der Luftmessstellen Schiede und Schiede I sind hohe NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte mit Konzentrationen deutlich über 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An dem nördlich gelegenen Luftmesscontainer Schiede ist ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> berechnet, der gut mit dem Messwert von 49 µg/m<sup>3</sup> zusammenpasst. In dieser Höhe sind an der nördlich gelegenen Bebauung 48 µg/m<sup>3</sup> und an der bis an die Fahrbahn heranreichenden Gebäudeecke bis 52 µg/m<sup>3</sup> dargestellt. An der südlichen Randbebauung sind an der Messstelle Schiede I NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 53 µg/m<sup>3</sup> berechnet, die gut mit den gemessenen 54 µg/m<sup>3</sup> zusammenpassen. Etwas weiter westlich sind an der geschlossenen Randbebauung 54 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Mit dem darauf folgenden Durchgang zwischen den Gebäuden sind geringere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen verbunden, die an dem Gebäude nahe der Kreuzung an der Nordseite NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 50 µg/m<sup>3</sup> wie am Messcontainer Schiede entsprechend den Berechnungen aufweisen. Aufgrund der un-

terschiedlichen Abstände der Teilgebäude vom Fahrbahnrand sowie unterschiedlicher Nähe zum Baukörperand weisen die berechneten  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen deutliche Variationen auf. An der Bebauung an der Nordseite der Straße Schiede nahe dem Luftmesscontainer variieren die berechneten  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen um ca.  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , an der Bebauung an der Südseite der Straße Schiede um ca.  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In der Auswertehöhe von ca. 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude und der möglichen Fensterhöhe des Erdgeschosses sind durchweg etwas höhere  $\text{NO}_2$ -Werte gegenüber der Darstellung für die mehr als einen Meter darüber gelegene Messhöhe berechnet. An den beschriebenen Messstandorten und Randbebauungsbereichen umfasst das um ca.  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erhöhte  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte.

Insgesamt ist aus fachlicher Sicht aus den für Limburg an der Lahn an der Hauptverkehrsstraße Schiede vorliegenden und erarbeiteten Informationen über  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen festzuhalten, dass an dem Messcontainer für den bebauten Streckenabschnitt mit einer Länge von ca. 100 m die vorherrschenden hohen und ungünstigen Konzentrationen erfasst werden; mit dem Passivsammler werden die relativ ungünstigsten Konzentrationen in dem Streckenabschnitt erfasst. Im vorliegenden Fall in Limburg an der Lahn werden am Messcontainer gegenüber der höher beaufschlagten südlichen Randbebauung um ca. 10% geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen erfasst.

Die 39. BImSchV gibt an, dass die Messungen in den Bereichen erfolgen sollen, in denen die höchsten Werte auftreten, denen die Bevölkerung wahrscheinlich direkt oder indirekt über einen Zeitraum ausgesetzt sein wird, der im Vergleich zum Mittelungszeitraum der betreffenden Immissionsgrenzwerte signifikant ist. Dementsprechend trifft diese Vorgabe der 39. BImSchV im Wesentlichen auf Wohnnutzungen zu, da dort kontinuierliche Aufenthalte gegeben sind. Das lässt den Rückschluss auf die Bestimmung der Konzentration vor den Fenstern zu, die zur Raumbelüftung dienen. Damit werden für Erdgeschossnutzungen Höhen zwischen 1.5 m und 3 m ableitbar, die in Limburg entsprechend den aufgezeigten Ausführungen mit den Messungen abgedeckt werden.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Im Hinblick auf Fahrverbote für bestimmte Dieselfahrzeuge steht u.a. die Aussagekraft der erfassten Messwerte für NO<sub>2</sub> in Diskussion. Die Höhe der gemessenen oder prognostizierten Schadstoffbelastung ist dabei stark von der Positionierung der Messungen bzw. Annahmen der Modelle abhängig. In Limburg an der Lahn wird die verkehrsbezogene Luftmessstation Schiede an der innerstädtischen Bundesstraße B 8 betrieben, die hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen erfasst.

Mittels detaillierter Ausbreitungsrechnungen soll aufgezeigt werden, welche kleinräumigen Unterschiede der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der direkten Umgebung und in dem entsprechenden Straßenzug vorliegen, um daraus die Betroffenheit im Hinblick auf den Geltungsbereich der 39. BImSchV abzuleiten.

### 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, welchen Einfluss der Kfz-Verkehr auf die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verursacht. 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 NO<sub>2</sub> und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

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. Auf Feinstaub PM10 wird in Bezug auf die erfassten Messdaten eingegangen. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>, Kohlenmonoxid CO und Feinstaubpartikel 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 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 bezogen wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 313 x 233 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 000 m x 800 m. Es wird jeweils ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung des Messstandortes 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 ge-

nannten Anforderungen an die Strömungsberechnungen erfüllt. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 45 Ebenen bis in eine Höhe von 475 m über Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Für das Regengebiet 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 Anströmungsrichtungen 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 NO<sub>2</sub>-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO<sub>2</sub>-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 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten wird, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m<sup>3</sup> bis 170 µg/m<sup>3</sup> nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

### 3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m <sup>3</sup>	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO <sub>2</sub>	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (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 Untersuchungsgebiet wurden die genannten Lagedaten in Form von LOD2-Gebäudedaten vom Amt für Bodenmanagement Limburg an der Lahn für den direkten Nahbereich beschafft. Diese Daten wurden ergänzt durch Gebäudeumrisse und aus Luftbildern abgeschätzte Höhen, um die Störung des bodennahen Windfeldes zu berücksichtigen.

Die Straße Schiede, d.h. die innerörtliche Bundesstraße B 8, weist an der Luftmessstelle Schiede eine Orientierung von Südosten nach Nordwesten auf. Direkt nordwestlich schließt der Kreuzungsbereich mit der Diezer Straße, der von Südwesten herangeführten innerörtliche Bundesstraße B 54, an und die Straße Schiede schwenkt im weiteren Verlauf nach Norden und stellt eine Fortführung der B 54 dar. Östlich der Luftmessstelle Schiede wird die B 8 in einer ca. 250 m langen Tunnelstrecke unter den Bahngleisen durchgeführt. Die Freisetzung der in der Tunnelstrecke entstehenden verkehrsbedingten Schadstoffe erfolgt über die Tunnelportale.

An der Luftmessstelle befindet sich nördlich das Flachdachgebäude eines Einkaufcenters mit einer Länge von ca. 80 m und einer Höhe von ca. 18 m, an das östlich ein weiteres, ca. 13 m langes Gebäude mit vergleichbarer Firsthöhe anschließt. Am südlichen Straßenrand der Schiede befinden sich auf einer Länge von ca. 90 m viergeschossige Gebäude mit Schräg- und Flachdächern, die an zwei Abschnitten durch Hofzufahrten unterbrochen sind. Die weitere Umgebung wird durch vergleichbare bauliche Nutzungen geprägt.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt, wobei die bestehende Bebauung hellgrau dargestellt ist.

Für die Modellrechnungen werden die beschafften Gebäudedaten bestehend aus LOD2-Daten, die neben den Gebäudeumrissen Angaben der First- und Traufhöhen der erfassten Gebäude bzw. Teilgebäude beinhalten, entsprechend der maximalen Gebäudehöhen in das Rechengitter überführt.

In **Abb. 4.2** ist eine perspektivische Ansicht aus Süden mit der bestehenden Bebauung aufgezeigt.

Für die Modellrechnungen wird die Einschnittlage des Tunnelportals derart berücksichtigt, dass das gesamte Rechenggebiet einen Geländesockel erhält, in dem der Portalbereich des



**Abb. 4.1** 63939-19-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes

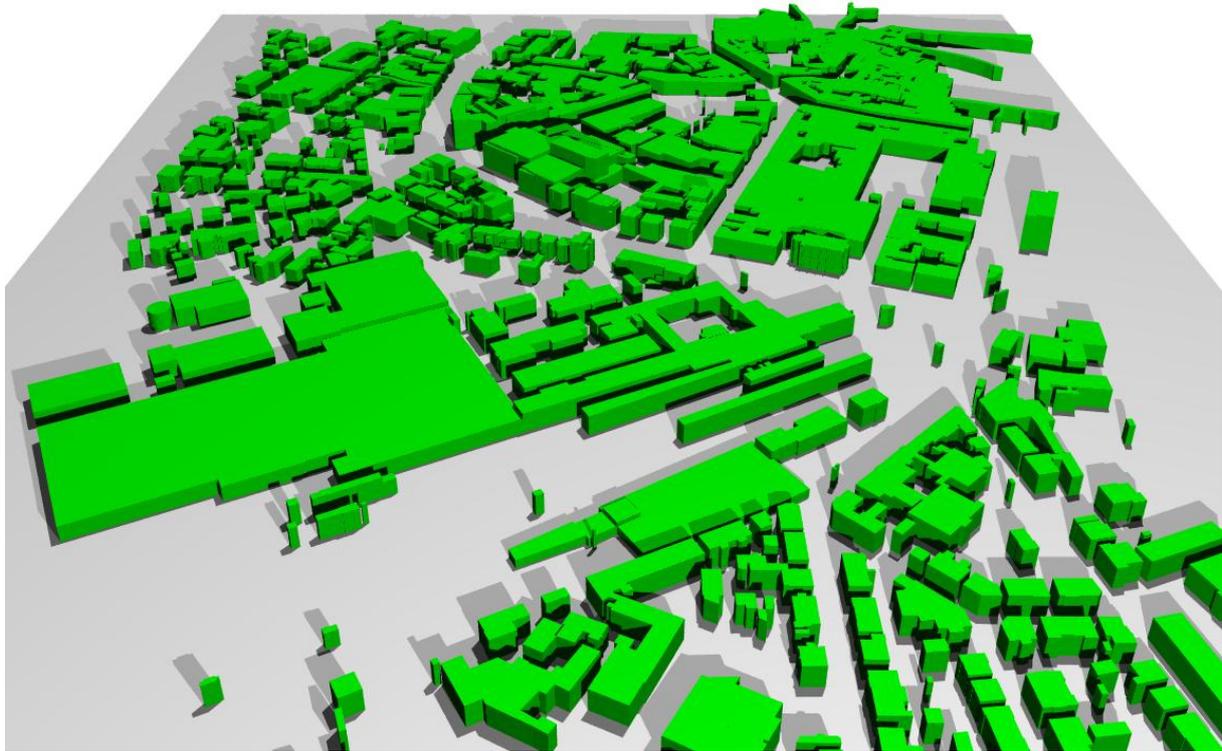


Abb. 4.2: Perspektivische Darstellung der bestehenden Bebauung mit Blick aus Süden

Schiedetunnels mit Rampe eingeschnitten wird, um die entsprechenden eingeschränkten Strömungsverhältnisse bei der Ausbreitungsrechnung zu berücksichtigen.

Für die Lageverhältnisse im Nahbereich der Luftmessstation Schiede ist noch anzumerken, dass in dem nördlich benachbarten Einkaufscenter ein Parkhaus mit ca. 314 Stellplätzen enthalten ist. Die Parkmöglichkeiten befinden sich auf dem Dach bzw. im obersten Stockwerk. Aufgrund der Höhenlage der Parkdecks ist in Verbindung mit den Fahrten im Parkhaus kein erheblicher Schadstoffeintrag in den Straßenraum der Straße Schiede anzunehmen.

An dem betrachteten Straßenabschnitt Schiede im Zuge der B 8 befindet sich am nördlichen Straßenrand der Luftmesscontainer Schiede, an dem in ca. 2.8 m über Grund die Probenahme erfolgt. Der Abstand zur nördlichen Bebauung beträgt ca. 5 m. Der Abstand zum nordwestlich gelegenen Kreuzungsmittelpunkt beträgt mehr als 50 m und zur Haltelinie der Signalanlage mehr als 25 m. Vor der südlichen Randbebauung ist die Probenahmestelle Schiede I nahezu direkt gegenüber dem Messcontainer gelegen. Der Passivsammler ist in

ca. 2.8 m Höhe mit einem Gestänge im Abstand von mehr als 0.5 m vor der Hauswand angebracht.

An einem weiteren Abschnitt der Straße Schiede im Zuge der B 54 nördlich der Kreuzung mit der Diezer Straße befindet sich die Probennahmestelle Schiede II mit einem Passivsammler in ca. 2.8 m über Grund. Dieser Standort liegt außerhalb des Bereichs des Rechengitters mit hoher Auflösung.

Im Abstand von ca. 350 m südlich des Messcontainers Schiede liegt die Luftmessstation Limburg südlich der Gleisanlagen auf einem Flachdachgebäude ohne direkten Einfluss einer Hauptverkehrsstraße. An diesem Standort wird die städtische Hintergrundbelastung erfasst und in ca. 10 m über dem Flachdachgebäude erfolgt eine Windmessung.

Die genannten Messstandorte sind im Lageplan **Abb. 4.1** eingezeichnet.

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 Luftmessstelle Schiede wurden den detaillierten Angaben aus dem „Entwurf Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, 1. Fortschreibung Teilplan Limburg“ (HMUKLV, Februar 2017) entnommen. Das sind Verkehrsdaten für das Bezugsjahr 2017, die von Vertec, Ingenieurbüro für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, Koblenz erarbeitet wurden.

	DTV in Kfz/24h	Lkw-Anteil in %
Schiede (B 8) an der Luftmessstelle	34 417	4.1
Schiede (B 54) nördlich	32 061	4.7

Tab. 4.1: Verkehrsdaten an der Luftmessstelle Schiede in Limburg an der Lahn

Für die aus Südwesten herangeführte Diezer Straße (B 54) und die nach Osten weiterführende B 8 werden etwas geringere Verkehrsstärken genannt.

#### 4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell unter Berücksichtigung der Bebauung werden reprä-

sentative Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Für das Stadtgebiet von Limburg an der Lahn liegen Windmessdaten an der Luftmessstation Limburg vor, die das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt. Die entsprechende Windrose für den Zeitraum 2009 bis 2018 ist in **Abb. 4.3** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus dem südwestlichen bis westlichen Sektor geprägt und Winde aus dem nordöstlichen bis östlichen Sektor bilden das sekundäre Maximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde mit ca. 2 m/s erfasst. Aus der Messdatenreihe wurde ergänzend die Windverteilung für das Jahr 2018 ausgelesen, die in **Abb. 4.4** aufgezeigt ist. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit ist mit ca. 1.9 m/s erfasst und entspricht der langjährig erfassten. Die Windrichtungsverteilung weist gegenüber der langjährigen Häufigkeitsverteilung vor allem bei der Häufigkeit der Winde aus dem nordöstlichen bis östlichen Sektor auf, die im Jahr 2018 deutlich stärker vertreten waren.

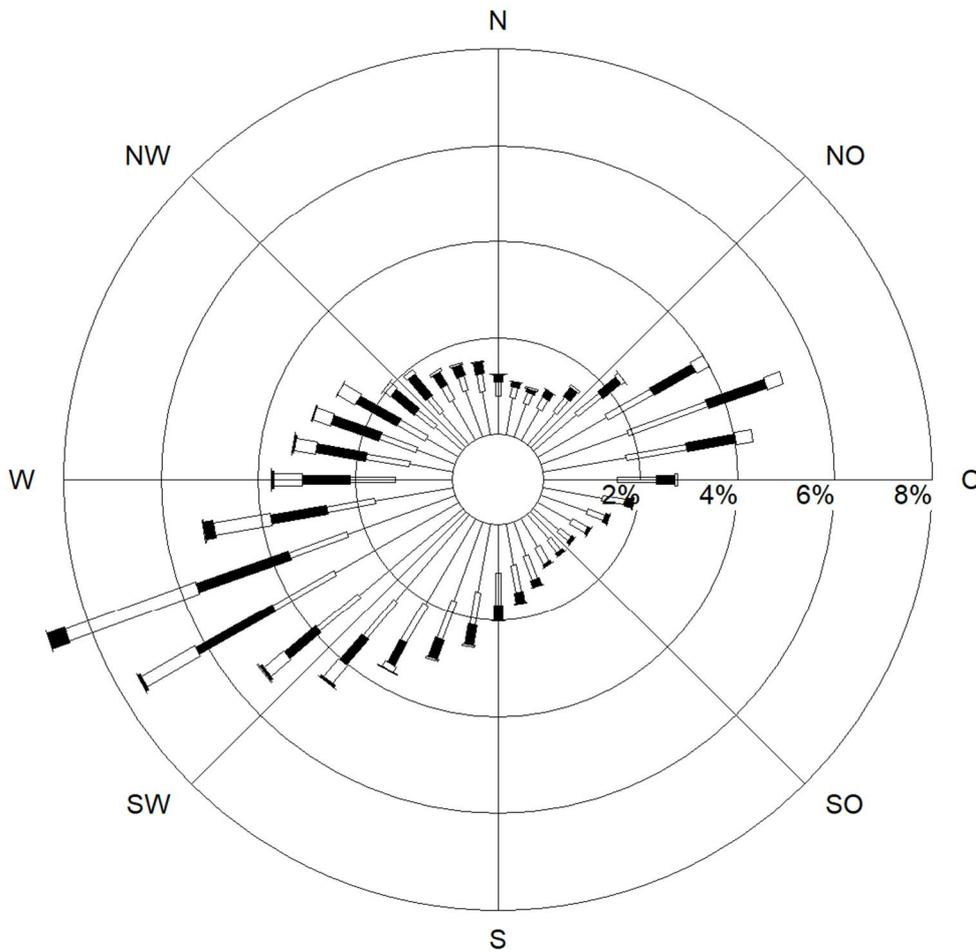
Für die Ausbreitungsrechnungen werden die gemessenen Winddaten der Station Limburg unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Betrachtungsgebietes herangezogen.

### 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.

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Hessen. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (HLNUG, 2014-2019). Die vorliegenden Daten für die Stationen in Limburg an der Lahn sind auszugsweise in **Tab. 4.2** aufgeführt. Die Messwerte weisen die relativ höchsten Konzentrationen für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte und vor allem für die verkehrsnahen Messstandorte auf. Die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen sind gegenüber den erfassten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen deutlich geringer. Während an den verkehrsnahen Standorten die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen über

## Windverteilung in Prozent

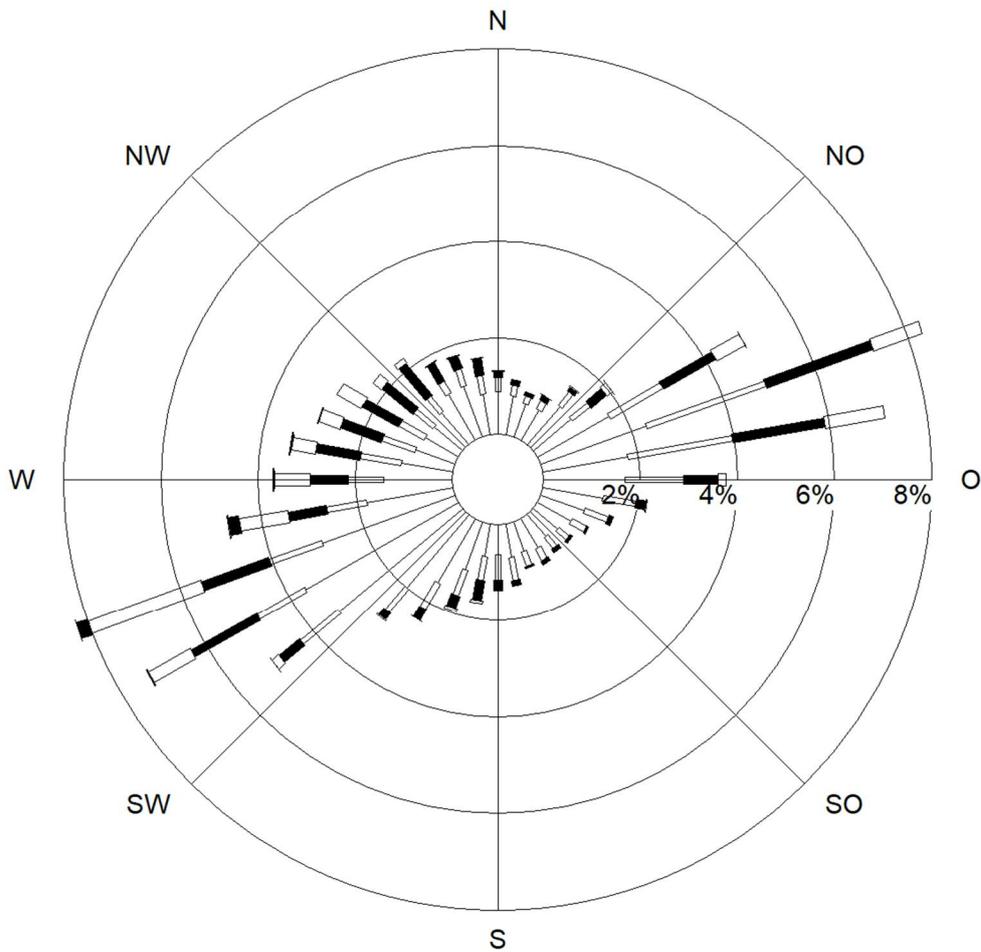


Station : Limb 09-19  
 Messhöhe : 10.0 m  
 Windgeschw. : 2.0 m/s

—	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. 4.3: Windrose der Station Limburg, Zeitraum 2009 bis 2018 (Quelle: HLNUG)

## Windverteilung in Prozent



Station : Limb 2018  
 Messhöhe : 10.0 m  
 Windgeschw. : 1.9 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. 4.4: Windrose der Station Limburg, Zeitraum 2018 (Quelle: HLNUG)

40 µg/m<sup>3</sup> liegen, werden vergleichbare Überschreitungen für PM10-Jahresmittelwerte nicht erfasst.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Limburg	Limburg Schiede	Limburg Diezer Str.	Limburg Frankfurter Str.	Limburg Schiede I	Limburg Schiede II
NO <sub>2</sub> Jahresmittel in µg/m <sup>3</sup>	2013	26	-	46	46	66	52
	2014	25	-	42	56	63	50
	2015	25	-	38	53	63	47
	2016	23	53	38	49	60	46
	2017	22	43	35	50	58	44
	2018	24	49	36	47	54	42
PM10 Jahresmittel in µg/m <sup>3</sup>	2013	20	-	-	-	-	-
	2014	19	-	-	-	-	-
	2015	19	-	-	-	-	-
	2016	17	33	-	-	-	-
	2017	17	23	-	-	-	-
	2018	18	24	-	-	-	-
PM10- Überschreitungstage (Anzahl)	2013	11	-	-	-	-	-
	2014	6	-	-	-	-	-
	2015	6	-	-	-	-	-
	2016	0	7	-	-	-	-
	2017	7	19	-	-	-	-
	2018	5	8	-	-	-	-

Tab. 4.2: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte an Messstationen in Limburg an der Lahn (HLNUG, 2014-2019)

Aus den verfügbaren Messdaten der Station Limburg wird für die Immissionsberechnung die städtische NO<sub>2</sub>-Hintergrundbelastung mit 24 µg/m<sup>3</sup> angesetzt.

Für die Berücksichtigung der NO-NO<sub>2</sub>-Konversion wird aus den Messdaten der Station Limburg ein Ozonjahresmittelwert von 38 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet.

## 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 NO<sub>2</sub> erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird, ergänzt um PM10.

### 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 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ (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:

IO-HVS50: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h

IO-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

IO-HVS50g: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

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 Organisation 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 Limburg die im HBEFA hinterlegte mittlere Lufttemperatur von 9°C, die etwas geringer ist gegenüber der mittleren Lufttemperatur von ca. 9.6°C im Zeitraum 2009 bis 2018 (Quelle DWD) an der Station Montabaur.

**Tab. 5.1** gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen und die zugehörigen Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2018 unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2018			
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit in km/h	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt	
		Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
IO-HVS50	49.0	0.284	1.932	0.0885	0.2497
IO-HVS50d	39.6	0.377	2.379	0.1183	0.3123
IO-HVS50d_2	39.6	0.391	2.165	0.1225	0.3345
IO-HVS50d+2	39.6	0.510	2.387	0.1607	0.3191
IO-HVS50d-2	39.6	0.271	1.943	0.0843	0.3498
IO-HVS50d_4	39.6	0.441	2.038	0.1394	0.3152
IO-HVS50g	34.0	0.543	2.715	0.1715	0.3482
IO-HVS50g_2	34.0	0.556	2.592	0.1755	0.3714
IO-HVS50g+2	34.0	0.688	2.754	0.2177	0.3620

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

**Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für die Straße Schiede an der Luftmessstelle in Limburg die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für das Bezugsjahr 2018 getrennt nach Fahrtrichtung. Die Fahrbahn Fahrtrichtung West ist direkt benachbart zum Messcontainer Schiede, die Fahrtrichtung Ost ist direkt benachbart zum Passivsammler Schiede I und die Fahrrichtungen Nord und Süd beschreiben den Straßenabschnitt nordwestlich der Kreuzung mit der Diezer Straße.

	DTV in Kfz/24h	Lkw-Anteil in %	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte	
				NO <sub>x</sub> in mg/(m*s)	NO <sub>2</sub> direkt in mg/(m*s)
Schiede FR West	17 210	4.1	IO-HVS50g	0.117	0.0338
Schiede FR Ost	17 210	4.1	IO-HVS50d	0.085	0.0238
Schiede FR Nord	16 030	4.7	IO-HVS50d	0.080	0.0223
Schiede FR Süd	16 030	4.7	IO-HVS50g	0.111	0.0316

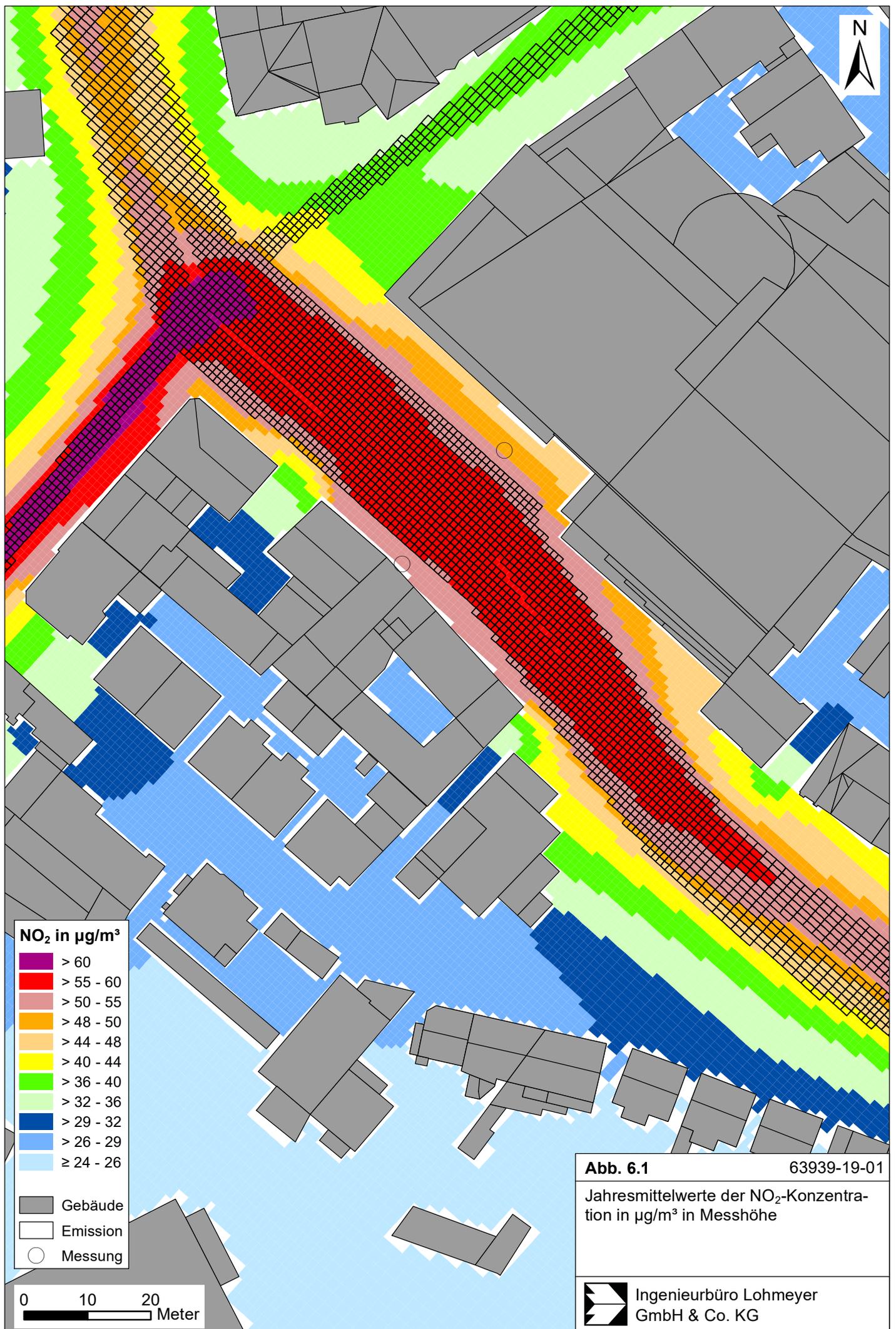
Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Straße Schiede in Limburg getrennt nach Fahrtrichtungen (FR) für 2018

## 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 Limburg an der Lahn 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 geltenden Grenzwert für NO<sub>2</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel mit gelber Farbe belegt und höhere Konzentrationen mit roten Farben.

Die Auswertung der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen erfolgt hier im ersten Schritt mit der Windverteilung für das Jahr 2018 und für die Messhöhe, d.h. ca. 2.8 m über dem Gelände. **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Referenzfall für den zu betrachtenden Bereich um die Luftmessstelle. Über dem Fahrbahnbereich und insbesondere im Kreuzungsbereich der beiden Bundesstraßen sind die höchsten Konzentrationen berechnet. In dem Straßenabschnitt Schiede im Bereich der Luftmessstelle Schiede und Schiede I sind hohe NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte mit Konzentrationen deutlich über 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet, und die hohen Konzentrationen reichen bis an die Randbebauung heran. An dem nördlich gelegenen Luftmesscontainer Schiede ist ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> (49.9 µg/m<sup>3</sup>) berechnet, der gut mit dem Messwert von 49 µg/m<sup>3</sup> (49.2 µg/m<sup>3</sup>) zusammenpasst. In dieser Höhe sind an der nördlich gelegenen Bebauung 48 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der bis an die Fahrbahn heranreichenden Gebäudeecke dieses Gebäudes sind in der Messhöhe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 52 µg/m<sup>3</sup> dargestellt. An der südlichen Randbebauung sind an der Messstelle Schiede I NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 53 µg/m<sup>3</sup> (53.2 µg/m<sup>3</sup>) berechnet, die gut mit den gemessenen 54 µg/m<sup>3</sup> zusammenpassen. Etwas weiter westlich sind an der geschlossenen Randbebauung 54 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Mit dem darauf folgenden Durchgang zwischen



den Gebäuden sind geringere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen verbunden, die an dem Gebäude nahe der Kreuzung an der Nordseite NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 50 µg/m<sup>3</sup> wie an der Luftmessstelle Schiede entsprechend den Berechnungen aufweisen. Östlich dieses beschriebenen Abschnittes weitet sich der Straßenraum auf, sodass an den benachbarten Gebäuden deutlich geringere NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte berechnet werden.

Ergänzend zu der grafischen Ergebnisdarstellung und der Beschreibung der berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen ist eine tabellarische Auflistung der Berechnungsergebnisse bezogen auf die zur Straße Schiede orientierten Gebäudeseiten gefordert. Aufgrund der unterschiedlichen Abstände der Teilgebäude vom Fahrbahnrand sowie unterschiedlicher Nähe zum Baukörperperrand weisen die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen deutliche Variationen auf. An der Bebauung an der Nordseite der Straße Schiede nahe dem Luftmesscontainer variieren die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen um ca. 13 µg/m<sup>3</sup>, an der Bebauung an der Südseite der Straße Schiede um ca. 16 µg/m<sup>3</sup>.

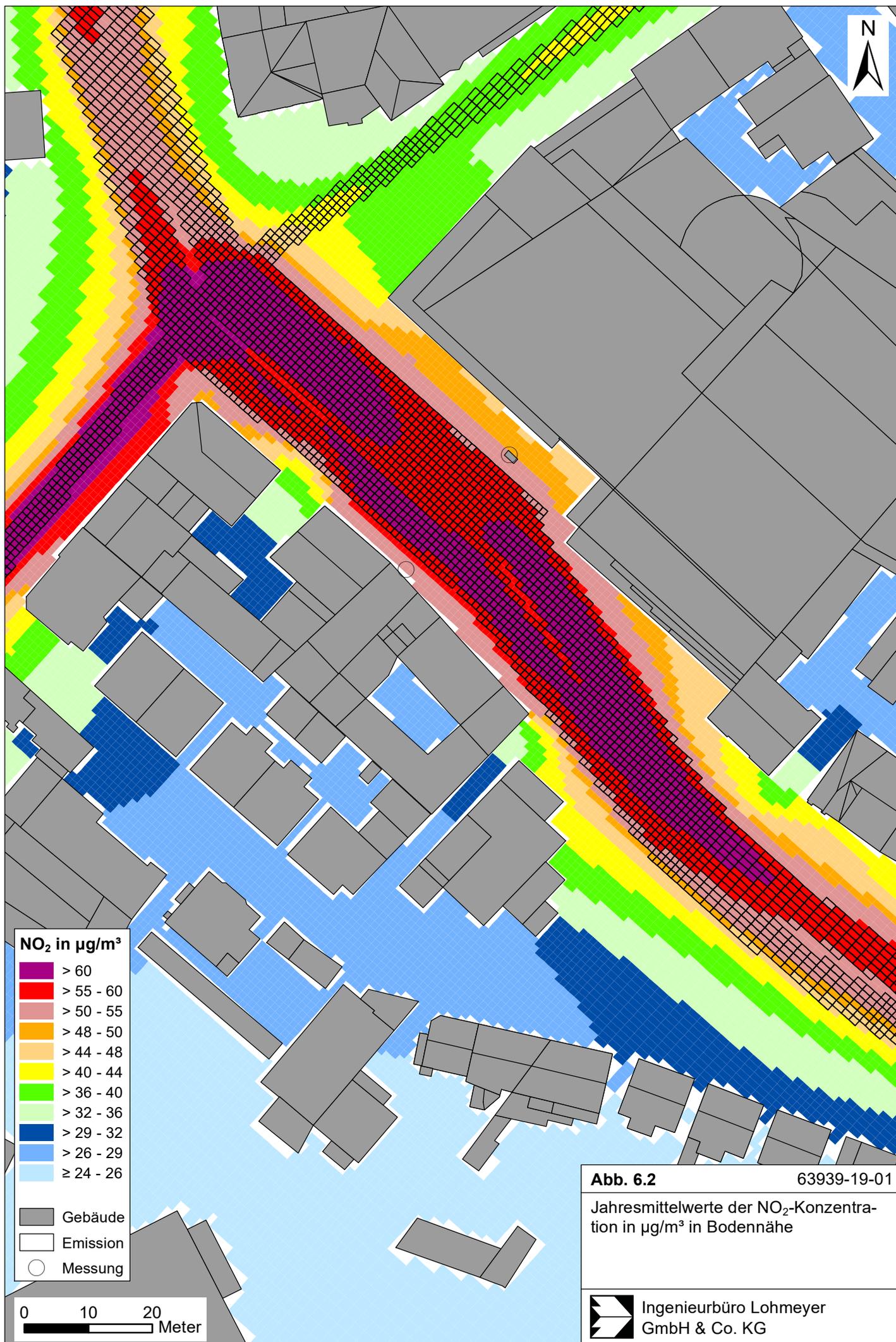
	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
Minimum	37.3	39.4
Maximum	53.7	52.1
Mittelwert	48.3	47.5

Tab. 6.1: Berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) an der Bebauung entlang der Straße Schiede in ca. 3 m über Grund

NO <sub>2</sub> -Konzentration	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
in µg/m <sup>3</sup>	Länge in m	Länge in m
<= 40	11	2
>40-44	16	9
>44-48	7	70
>48-50	12	16
>50-55	44	12
>55-60	0	0
>60	0	0

Tab. 6.2: Länge der Bauflucht mit berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationsbereichen entlang der Straße Schiede in ca. 3 m über Grund

Die Auswertung der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen erfolgt mit Berücksichtigung der Windverteilung im Jahr 2018 auch 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 und der möglichen Fensterhöhe des Erdgeschosses. Die Berechnungen zeigen in dieser Höhe (**Abb. 6.2**) höhere NO<sub>2</sub>-Werte gegenüber der Darstellung für



die mehr als einen Meter darüber gelegene Messhöhe. Da der Messcontainer der Luftmessstelle in den Berechnungen als Strömungshindernis eingegangen ist, werden hier für den Standort die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an den Stirnseiten abgelesen, die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 51 µg/m<sup>3</sup> beschreiben. In dieser Höhe über Grund sind an der nördlich gelegenen Bebauung 49 µg/m<sup>3</sup> (48.5 µg/m<sup>3</sup>) berechnet, die noch etwas geringer gegenüber dem Messwert der Luftmessstation Schiede sind. An der bis an die Fahrbahn heranreichenden Gebäudeecke dieses Gebäudes sind NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 53 µg/m<sup>3</sup> dargestellt. An der südlichen Randbebauung sind unter der Messstelle Schiede I NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 54 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Etwas weiter westlich sind an der geschlossenen Randbebauung bis 55 µg/m<sup>3</sup> (54.6 µg/m<sup>3</sup>) berechnet. Mit dem darauf folgenden Durchgang zwischen den Gebäuden sind geringere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen verbunden, die an dem Gebäude nahe der Kreuzung an der Nordseite NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 51 µg/m<sup>3</sup> (50.6 µg/m<sup>3</sup>) aufweisen.

	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
Minimum	37.4	39.2
Maximum	54.6	53.0
Mittelwert	49.0	47.9

Tab. 6.3: Berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) an der Bebauung entlang der Straße Schiede in Nasenhöhe

NO <sub>2</sub> -Konzentration	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
in µg/m <sup>3</sup>	Länge in m	Länge in m
<= 40	10	2
>40-44	17	8
>44-48	4	47
>48-50	11	34
>50-55	48	18
>55-60	0	0
>60	0	0

Tab. 6.4: Länge der Bauflucht mit berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationsbereichen entlang der Straße Schiede in Nasenhöhe

Für den Querschnitt der an den Straßenseiten der Schiede gegenübergelegenen Messstandorten Schiede und Schiede I wird in **Abb. 6.3** eine Auswertung als Vertikalschnitt unter Anwendung der Windverteilung des Jahres 2018 aufgezeigt. In **Abb. 6.3** ist auf der linken Seite die südliche Bebauung und der Standort der Probenahme Schiede I (Kreis) eingetragen und der Schnitt folgt in nordöstliche Richtung zum Messcontainer Schiede mit der entsprechenden Probenahme (Kreis) und der darauf folgenden Bebauung. Die untersten Schichten weisen eine vertikale Erstreckung von 0.6 m auf, sodass die „Nasenhöhe“ der

3. Schicht von unten entspricht und die Messhöhe der 5. Schicht. Die horizontale Gitterweite beträgt in diesem Bereich im Straßenraum 1 m. Mit zunehmender Höhe über der Straßenoberfläche nehmen die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte ab. Allerdings sind an der südlichen Bebauung bis ins oberste Stockwerk  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der südlichen Randbebauung ist bis in eine Höhe von 5 m über Grund eine Konzentration von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet, dem berechneten Wert an dem Luftmessstandort Schiede.

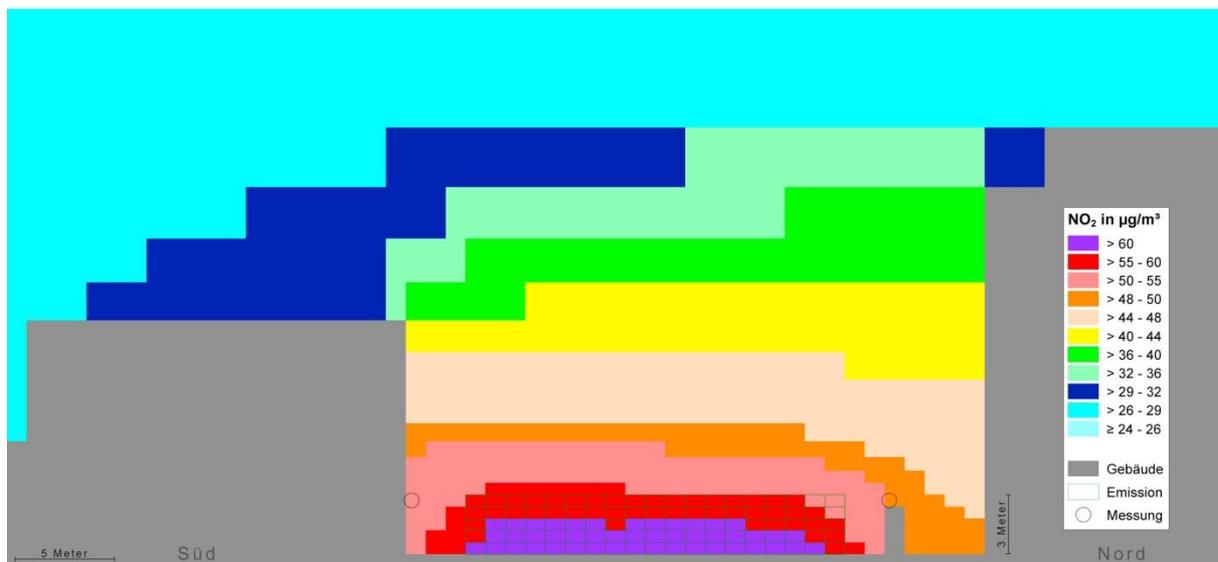
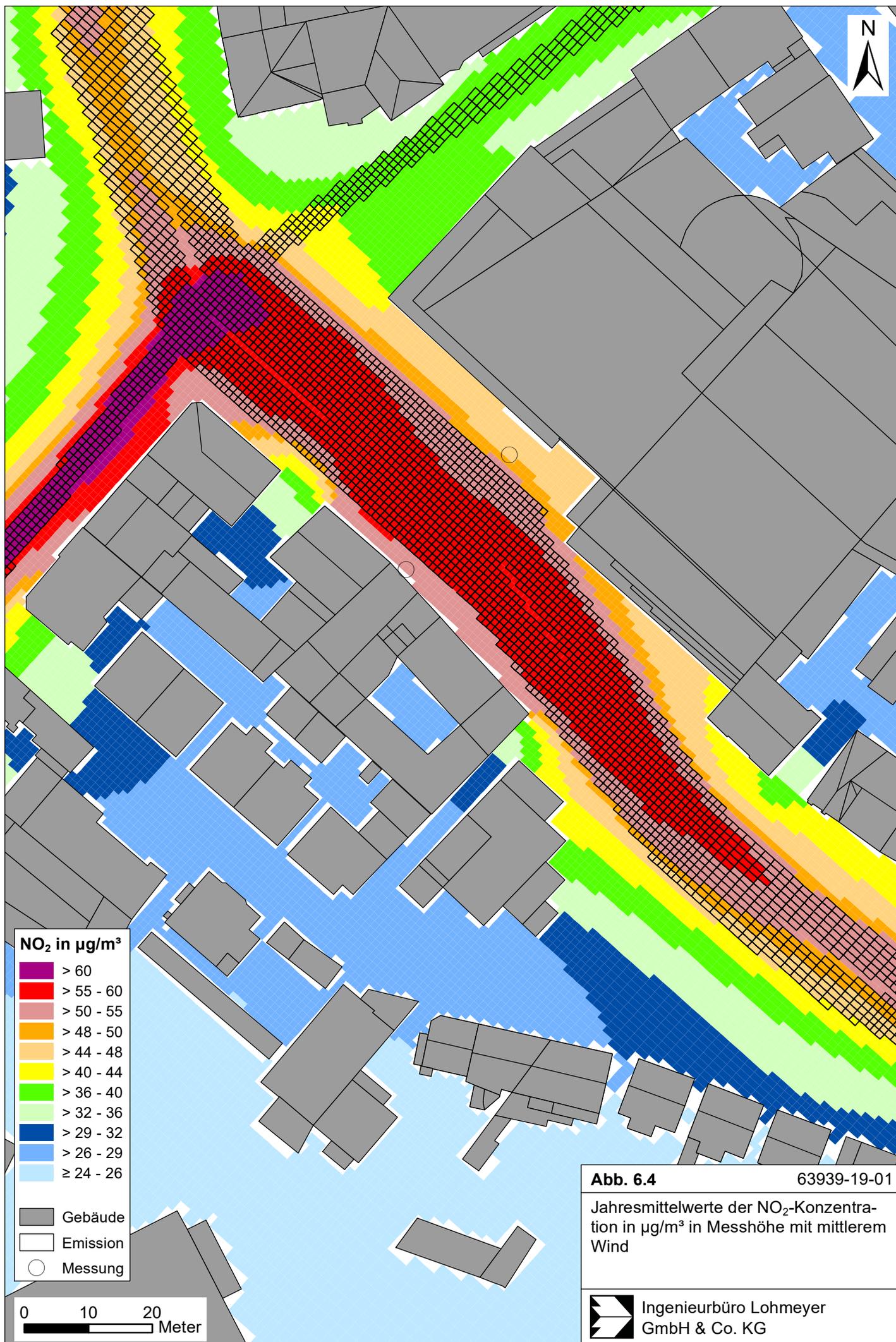


Abb. 6.3: Vertikalschnitt der berechneten  $\text{NO}_2$ -Konzentration für den Straßenraum Schiede an den Messstandorten Schiede und Schiede I

Nachdem in Kapitel 4.2 auf die unterschiedlichen Windhäufigkeitsverteilungen eingegangen wurde, erfolgte für die Messhöhe auch eine Auswertung unter Berücksichtigung der 10-jährigen Windverteilung. Das Ergebnis ist in **Abb. 6.4** dargestellt. Auf den ersten Blick sind ähnliche  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen wie in **Abb. 6.1** dargestellt. An der nördlich gelegenen Luftmessstelle ist ein  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert von  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $48.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) berechnet. In dieser Höhe sind an der nördlich gelegenen Bebauung  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dargestellt. An der bis an die Fahrbahn heranreichenden Gebäudeecke dieses Gebäudes sind in der Messhöhe  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen bis  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dargestellt. An der südlichen Randbebauung sind an der Messstelle Schiede I  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen von  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $53.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) berechnet. Etwas weiter westlich sind an der geschlossenen Randbebauung  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $54.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) berechnet. Mit dem darauf folgenden Durchgang zwischen den Gebäuden und geringeren  $\text{NO}_2$ -Konzentra-



tionen sind an dem Gebäude nahe der Kreuzung an der Nordseite  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen bis  $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Mit dieser Auswertung wird angedeutet, dass die räumliche Verteilung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen im Straßenraum Schiede im Jahr 2018 gegenüber anderen Jahren aufgrund der Windrichtungshäufigkeiten abweicht, mit dem Trend zu höheren Konzentrationen am nördlichen Straßenraumrand.

Insgesamt ist aus fachlicher Sicht aus den für Limburg an der Lahn an der Hauptverkehrsstraße Schiede vorliegenden Informationen über  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen festzuhalten, dass im Nahbereich einer intensiven bodennahen Schadstofffreisetzung, wie dem Kfz-Verkehr einer stark frequentierten Hauptverkehrsstraße, und räumlich beengten Verhältnissen aufgrund dichter und nahe stehender Bebauung kleinräumig variierende Konzentrationsunterschiede in drei Raumrichtungen vorherrschen. Das wird mit den Messungen in unterschiedlichen Entfernungen zum Straßenrand und zur Randbebauung dokumentiert und durch die Auswertungen der Modellsimulationen bestätigt. Die Wahl des Standortes einer punktuellen Probenahmestelle kann in solch einem Konzentrationsgefälle nur eine räumlich begrenzte Repräsentativität aufweisen. Dazu kommen logistische Anforderungen durch den Betrieb der Messeinrichtung. Für zeitlich hoch aufgelöste Messdaten, wie stündliche Messreihen über lange Zeiträume werden derzeit Messcontainer mit entsprechender Stromversorgung eingesetzt, die aus Platzgründen nicht frei wählbar vor der zu beurteilenden Randbebauung ohne Einschränkungen aller Verkehrsteilnehmer positioniert werden können. Im vorliegenden Fall in Limburg an der Lahn kann festgehalten werden, dass am Messcontainer gegenüber der höher beaufschlagten südlichen Randbebauung um ca. 10% geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen erfasst werden.

## 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](http://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.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (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., Böisinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.  
[www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1).
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- HMUKLV (2017): „Entwurf Luftreinhalteplan für das Gebiet Mittel- und Nordhessen, 1. Fortschreibung Teilplan Limburg“, Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV), Wiesbaden, Februar 2017
- HLNUG (2014-2019): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Stationen des Landesmessnetzes Hessen. Im Internet unter [www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LAI (2008): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 mit Begründung und Auslegungshinweisen. Hrsg.: Ministerium für

Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.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](http://www.hbefa.net).
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- 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

**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 ( $\text{NO}_x$  als Summe von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), 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  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$  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  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion über ein Kalender-

jahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO <sub>2</sub>	Stundenmittelwert	200 µg/m <sup>3</sup> maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO <sub>2</sub>	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m <sup>3</sup> maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m <sup>3</sup>	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m <sup>3</sup>	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<sub>2.5</sub>-Exposition von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-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<sub>2.5</sub>-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m<sup>3</sup> 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<sub>2.5</sub>-Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> 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 Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

Für die statistische Fehlerbandbreite der  $\text{NO}_x$ -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**  
**ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN ZU NO<sub>2</sub>-IMMISSIONEN**

### A3 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN ZU NO<sub>2</sub>-IMMISSIONEN

Ergänzend zu den in Kap. 6 beschriebenen Ergebnissen in Bezug auf die räumliche Repräsentativität der Messwerte im Vergleich mit Konzentrationen an der benachbarten Randbebauung im Hinblick auf die Belastungen der Anwohner wurden weitere Auswertungen gewünscht. Das betrifft beispielsweise die Auswertung einer weiteren Höhe, d.h. die Höhe der Fenster des ersten Obergeschosses mit etwa 5.6 m über Grund. Die Ergebnisse sind in **Abb. A3.1** dargestellt und bestätigen die mit dem Vertikalschnitt (**Abb. 6.3**) aufgezeigten und beschriebenen geringeren NO<sub>2</sub>-Konzentrationen gegenüber der Messhöhe. Damit sind die Bereiche der Fassaden mit Werten über 40 µg/m<sup>3</sup> in geringerem Umfang den Berechnungen und der grafischen Darstellung zu entnehmen.

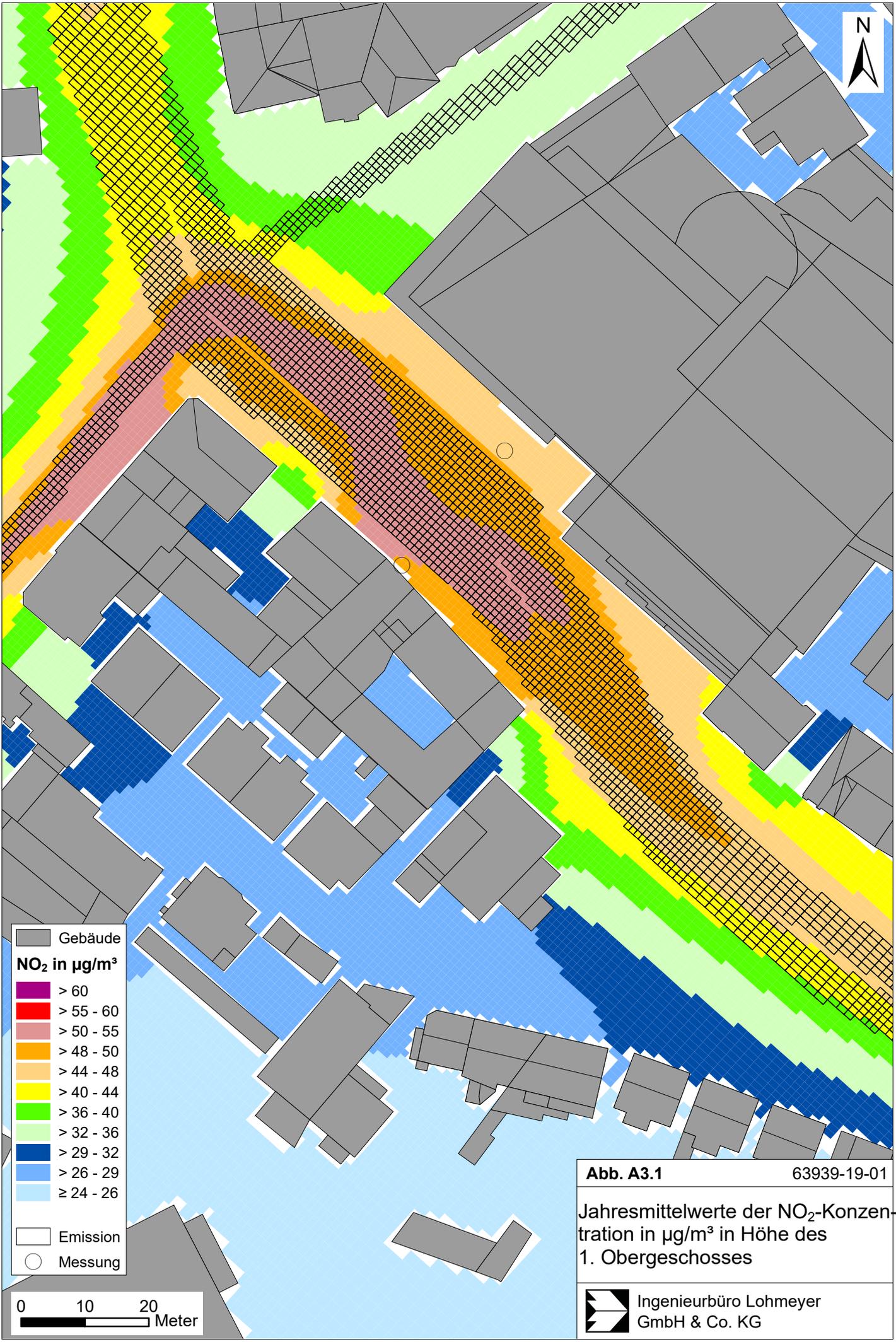
Entsprechend der tabellarischen Auflistung der Berechnungsergebnisse bezogen auf die zur Straße Schiede orientierten Gebäudeseiten zeigen sich aufgrund der unterschiedlichen Abstände der Teilgebäude vom Fahrbahnrand sowie unterschiedlicher Nähe zum Baukörperrand deutliche Variationen der berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen. An der Bebauung an der Nordseite der Straße Schiede nahe dem Luftmesscontainer variieren die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen um ca. 10 µg/m<sup>3</sup>, an der Bebauung an der Südseite der Straße Schiede um ca. 19 µg/m<sup>3</sup>.

	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
Minimum	32.1	39.0
Maximum	50.7	49.0
Mittelwert	45.6	46.1

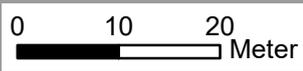
Tab. A3.1: Berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte (µg/m<sup>3</sup>) an der Bebauung entlang der Straße Schiede in Höhe des 1. Obergeschosses

NO <sub>2</sub> -Konzentration	Südseite am Passivsammler	Nordseite am Luftmesscontainer
in µg/m <sup>3</sup>	Länge in m	Länge in m
<= 40	22	3
>40-44	5	18
>44-48	19	79
>48-50	33	9
>50-55	9	0
>55-60	0	0
>60	0	0

Tab. A3.2: Länge der Bauflucht mit berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationsbereichen entlang der Straße Schiede in Höhe des 1. Obergeschosses



■ Gebäude  
**NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>**  
 ■ > 60  
 ■ > 55 - 60  
 ■ > 50 - 55  
 ■ > 48 - 50  
 ■ > 44 - 48  
 ■ > 40 - 44  
 ■ > 36 - 40  
 ■ > 32 - 36  
 ■ > 29 - 32  
 ■ > 26 - 29  
 ■ ≥ 24 - 26  
 □ Emission  
 ○ Messung



**Abb. A3.1** 63939-19-01  
 Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> in Höhe des 1. Obergeschosses  
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Des Weiteren wurde die Darstellung der  $\text{NO}_2$ -Konzentration an dem etwas zurückgesetzten höheren Gebäude Schiede 32 für unterschiedliche Höhen gefordert. Der entsprechende Vertikalschnitt ist in **Abb. A3.2** aufgezeigt. Danach sind in den oberen Stockwerken keine Konzentrationen über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  den Berechnungen zu entnehmen.

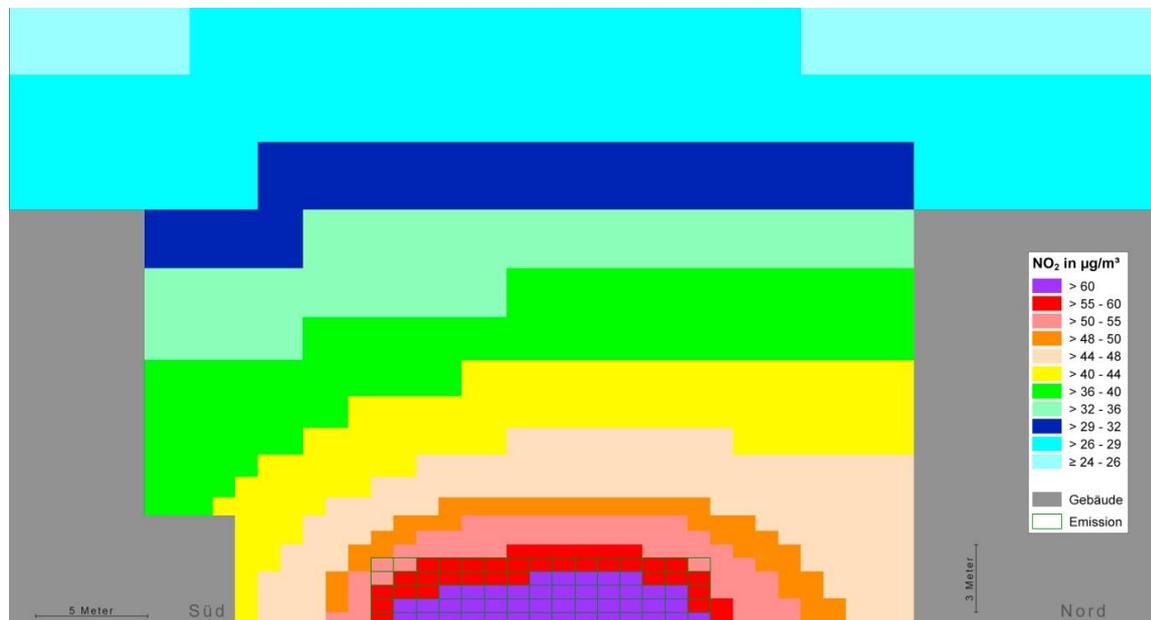


Abb. A3.2: Vertikalschnitt der berechneten  $\text{NO}_2$ -Konzentration für den Straßenraum auf der Höhe des Gebäudes Schiede 32 (linke Seite der Abbildung)

Als weitere Ergänzung wurde eine Darstellung der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte im östlichen Bereich des betrachteten Abschnittes mit den Messstellen Schiede und Schiede I mit Einbeziehung des Tunnelportals gefordert. Wie schon in Kapitel 6 angesprochen, sind aufgrund der Aufweitung des Straßenraumes der Schiede bzw. dem Abrücken der Randbebauung vom Fahrbahnrand der Schiede (B 8) dort an der Bebauung deutlich geringere Konzentrationen gegenüber dem Abschnitt mit den beiden Messstandorten berechnet. An der südlichen Randbebauung sind  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen unter  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , überwiegend unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dargestellt. An der nördlichen Randbebauung sind  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen bis  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und teilweise unter  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt.

