

Straßenbauverwaltung:	im Auftrag des Landes Hessen, DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
Straße/Abschnittsnummer/Station:	B 324 zw. NK 5124 032B und NK 5124 0310 Betr.-km 41,0
VKE C341 B 324 - Bad Hersfeld UF Stadtstraße und DB "Peterstor"	
PROJIS-Nr.:	

Feststellungsentwurf

- Unterlage 17.2 -

Immissionstechnische Untersuchungen Luftschadstoffgutachten

<p>Aufgestellt: 14. Okt. 2021 Berlin, den DEGES Deutsche Einheit Fernstraßen- planungs- und bau GmbH Zimmerstraße 54, 10117 Berlin</p> <p><u>i. A. L. Althoff, PzT</u> (Name, Amtsbezeichnung)</p>	<p><i>nachrichtliche</i> Unterlage Nr. 17.2 zum Planfeststellungsbeschluss vom <i>08.10.2024</i> Az. VI-061-k-06-2212#003 Wiesbaden, den <i>10.10.2024</i> Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum Abt. VI Im Auftrag</p> <p><i>[Signature]</i> Baurat</p>
---	---





**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

**ERSATZNEUBAU
DER HOCHBRÜCKE „PETERSTOR“
AN DER B 324 IN BAD HERSFELD
LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN**

Auftraggeber: DEGES GmbH
Zimmerstraße 54

10117 Berlin

Dr. rer. nat. R. Hagemann

Dr.-Ing. T. Flassak

August 2021
Projekt 64016-19-01
Berichtsumfang 49 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	6
3.2 Berechnungsverfahren MISKAM	7
4 EINGANGSDATEN	9
4.1 Lageplan	9
4.2 Verkehrsdaten	11
4.3 Meteorologische Daten	13
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	16
5 EMISSIONEN	20
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	20
5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	24
6 ERGEBNISSE	26
6.1 Prognosenullfall	26
6.2 Planfall.....	29
7 LITERATUR	33
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	36
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG.....	40
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	43
A4 KOHLENDIOXID-EMISSIONEN (CO₂).....	46

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 hervorgehoben wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe zum Beispiel Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV). Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

Die 39. BImSchV fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte beziehungsweise 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM₁₀ / PM_{2.5}

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Bad Hersfeld ist an der Bundesstraße B 324 der Ersatzneubau der Hochbrücke Peterstor geplant. In Teilbereichen des Bauwerks reichen vereinzelte Gebäude bis nahe an die Hochbrücke heran, zum Teil überragen diese Gebäude auch das Bauwerk. Das geplante Ersatzneubauwerk der Hochbrücke Peterstor weist gegenüber dem Bestandsbauwerk etwas größere Höhen und Längsneigungen auf, zudem wird zum Teil die Gradientenführung der Rampenbauwerke angepasst.

Im Rahmen der Planfeststellung war ein Gutachten über die Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffbelastungen zu erstellen und im Vergleich zu den bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV zu beurteilen. Das beinhaltet die Betrachtung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe, für die in der 39. BImSchV Grenzwerte genannt sind, und die die jeweiligen Grenzwerte am deutlichsten ausschöpfen, was insbesondere auf Stickstoffdioxid (NO₂) zutrifft.

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 Emissionsdatenbank HBEFA4.1 (UBA, 2019) für das Bezugsjahr 2026 die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet wurden der Prognosenullfall mit dem Bestandsbauwerk und der Planfall unter Berücksichtigung der Planungen für das Ersatzneubauwerk der Hochbrücke Peterstor.

Ergebnisse

Die flächenhaften Ergebnisse der Immissionsprognose zeigen, dass die relativ höchsten Immissionen in Bodennähe nur im direkten Nahbereich der betrachteten Straßen auftreten. Insgesamt sind die höchsten bodennahen Schadstoffbelastungen im Nahbereich der B 324 berechnet, die im Fahrbahnbereich Jahresmittelwerte überwiegend über 21 µg/m³ und bis 36 µg/m³ aufweisen. Dabei sind im Planfall im Bereich der südwestlichen und der östlichen Rampe der Hochbrücke Peterstor aufgrund der im Planfall größeren Längsneigungen und den damit verbundenen höheren Schadstofffreisetzungen gewisse Zunahmen der bodennahen NO₂-Konzentrationswerte abgeleitet, wobei mit den Planungen keine wesentlichen Verkehrsänderungen verbunden sind. Im Bereich des Brückenbauwerks sind in Bodennähe im Bereich

der Straße Peterstor die NO₂-Jahresmittelwerte bis 27 µg/m³ und sonst überwiegend unter 20 µg/m³ dargestellt. Dabei sind im Planfall aufgrund der etwas größeren Bauwerkshöhe die bodennahen NO₂-Immissionen etwas geringer als im Prognosenullfall. An Straßenabschnitten, die nicht direkt an die Hochbrücke angrenzen, sind zwischen den Untersuchungsfällen vergleichbare NO₂-Gesamtbelastungen abgeleitet.

An der Bebauung im Untersuchungsgebiet sind im Prognosenullfall an den zur Hochbrücke nächstgelegenen Wohngebäuden an den zum Hauptbauwerk zugewandten Gebäudeseiten die NO₂-Immissionen in Bodennähe bis 24 µg/m³ berechnet. An der zur südwestlichen Zufahrtsrampe nächstgelegenen Bebauung sind die NO₂-Jahresmittelwerte in Bodennähe bis 18 µg/m³ ermittelt. An der Randbebauung der übrigen Straßen im Untersuchungsgebiet sind die bodennahen NO₂-Immissionen vereinzelt bis 27 µg/m³ dargestellt, so an der Straße Peterstor und an der Bebauung im nordwestlichen Rampenbereich der Hochbrücke. An Wohngebäuden, die nicht direkt an die berücksichtigten Straßen angrenzen, sind die Immissionen geringer und unter 20 µg/m³ im Jahresmittel dargestellt.

Damit sind im Prognosenullfall die NO₂-Jahresmittelwerte deutlich unter 40 µg/m³ (dem Grenzwert der 39. BImSchV) berechnet.

Im Planfall sind an den zur Hochbrücke nächstgelegenen Wohngebäuden an den zum Hauptbauwerk zugewandten Gebäudeseiten die NO₂-Immissionen in Bodennähe vereinzelt bis 27 µg/m³ berechnet. An der zur südwestlichen Zufahrtsrampe nächstgelegenen Bebauung sind die NO₂-Jahresmittelwerte in Bodennähe weiterhin bis 18 µg/m³ ermittelt. Im nordwestlichen Rampenbereich der Hochbrücke sind an der Bebauung die bodennahen NO₂-Immissionen im Planfall bis 30 µg/m³ im Jahresmittel prognostiziert. An der übrigen Bebauung sind zum Prognosenullfall vergleichbare NO₂-Immissionen berechnet.

Damit sind im Planfall die NO₂-Jahresmittelwerte ebenfalls deutlich unter 40 µg/m³ (dem Grenzwert der 39. BImSchV) berechnet.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass die Planungen zum Teil mit einer gewissen Zunahme der NO₂-Immissionen an den zur Hochbrücke nächstgelegenen Gebäuden verbunden sind. Die an der Wohnbebauung ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte führen jedoch deutlich nicht zu Konflikten mit den Beurteilungswerten. Bezogen auf die umliegenden Wohnnutzungen und den in der 39. BImSchV genannten Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist die Umsetzung der Planung nicht abzulehnen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Bad Hersfeld ist an der Bundesstraße B 324 der Ersatzneubau der Hochbrücke Peterstor geplant. In Teilbereichen des Bauwerks reichen vereinzelte Gebäude bis nahe an die Hochbrücke heran, zum Teil überragen diese Gebäude auch das Bauwerk. Das geplante Ersatzneubauwerk der Hochbrücke Peterstor weist gegenüber dem Bestandsbauwerk etwas größere Höhen und Längsneigungen auf, zudem wird zum Teil die Gradientenführung der Rampenbauwerke angepasst.

Im Rahmen der Planfeststellung ist ein Gutachten über die Auswirkungen der Planungen auf die Luftschadstoffbelastungen zu erstellen und im Vergleich zu den bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV zu beurteilen.

3 VORGEHENSWEISE

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

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂, Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. In der Umgebung von Bad Hersfeld werden in den letzten Jahren keine hohen Konzentrationen für Feinstaubpartikel (PM10, PM2.5) erfasst. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

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

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

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

3.2 Berechnungsverfahren MISKAM

Im Bereich des Bebauungsplangebietes wird die Situation im Hinblick auf die Luftschadstoffe geprägt durch die Freisetzung verkehrsbedingten Luftschadstoffe in Hochlage mit direkt angrenzender Bebauung, die die lokalen Windverhältnisse bestimmen. Aus fachlicher Sicht sind damit 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 und der geplanten Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster und Bauwerksinformationen für den derzeitigen baulichen Zustand und die Planung werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Die Ausdehnung des Rechengitters setzt die Vorgaben der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) um. Das Rechengitter besteht aus 336 x 226 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von circa 1 200 m x 980 m. Es wird ein nicht-äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Planung an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 52 Schichten bis in eine Höhe von 500 m über Grund, wobei die Schichten in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Das Rechengitter berücksichtigt einen Geländesockel, damit tiefer liegende Portalbereiche rechentechnisch berücksichtigt werden können. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das entsprechende Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI 3782 Blatt 7, 2020).

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

Für die Ermittlung der NO₂-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011). Gegenüber einem statistischen Modell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion wie dem Ansatz nach Romberg et al. (1996) können so bei der Prognose der NO₂-Immissionen die Flottenentwicklung im betrachteten Bezugsjahr und die damit verbundenen veränderlichen Anteile der NO₂-Direktmissionen berücksichtigt werden.

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

4 EINGANGSDATEN

Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Gebäude sowie des bestehenden und des geplanten Bauwerkes der Hochbrücke Peterstor, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Im Planfall werden die übergebenen Lage- und Höheinformationen des geplanten Ersatzneubauwerkes berücksichtigt, um die Windfeldänderungen sowie die geänderten Hochlagen der Luftschadstofffreisetzungen und die damit verbundene Beeinflussung der Luftschadstoffausbreitung im Detail zu berücksichtigen.

4.1 Lageplan

Das Untersuchungsgebiet befindet sich südöstlich der Innenstadt von Bad Hersfeld im Tal der Fulda und ist in **Abb. 4.1** dargestellt. Im Bereich des überwiegend ebenen Untersuchungsgebietes verläuft das Tal der Fulda von Südwesten aus kommend in nordöstlicher Richtung. Südöstlich des Untersuchungsgebietes mündet das aus Süden kommende Tal der Haune in das Fuldataal.

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Bauwerk der Hochbrücke Peterstor an der Bundesstraße B 324. Aus südöstlicher Richtung kommend überspannt die Hochbrücke die Stadtstraße Peterstor und die Bahnstrecke Bebra-Fulda. Westlich der Bahnstrecke ist die Hochbrücke mittels Verbindungsrampen mit dem städtischen Straßennetz von Bad Hersfeld verbunden. Im Plangebiet besteht an den innerstädtischen Abschnitten der B 324 eine innerörtliche Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h.

Das derzeitige Brückenwerk umfasst vier Fahrstreifen, dabei beträgt die lichte Höhe ab der Straßenoberfläche entsprechend den übergebenen digitalen Vermessungsdaten bis ca. 7.5 m im Bereich der DB-Strecke und im östlichen Rampenbereich auf Höhe der Stadtstraße Peterstor bis ca. 5.5 m. Das östliche Widerlager befindet sich ca. 50 m östlich der Stadtstraße Peterstor. Beidseitig der östlichen Rampe des Brückenbauwerkes befinden sich nahegelegene einzelstehende Gebäude, die zum Teil vom Fahrbahnrand ca. 5 m entfernt liegen und das Brückenbauwerk zum Teil um ca. 10 m überragen. Westlich der DB-Strecke befindet sich im Bereich der südwestlichen Verbindungsrampe nahegelegene Bebauung, die ca. 4.5 m vom Fahrbahnrand entfernt liegt und die Straßenoberfläche um ca. 10 m überragt.

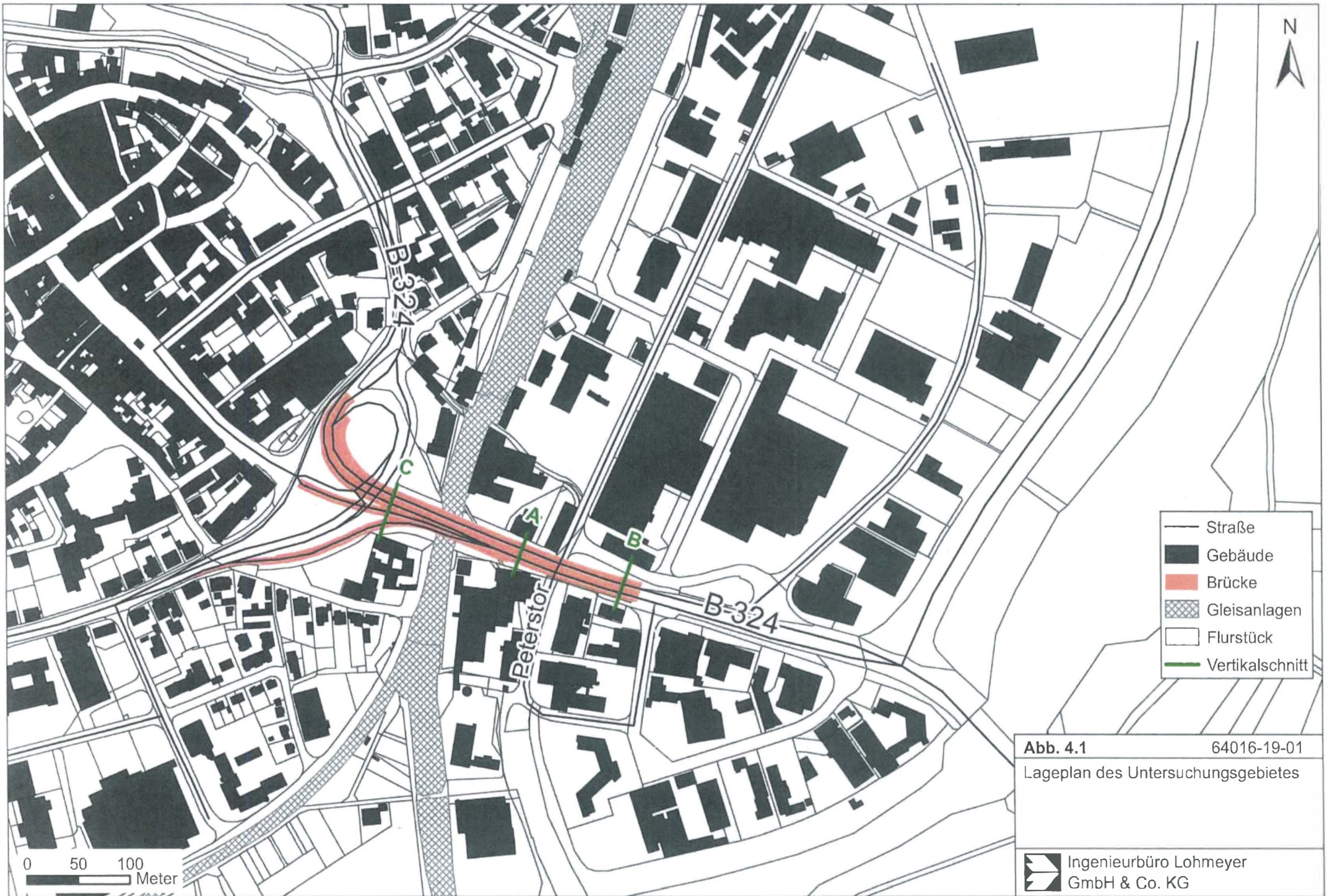


Abb. 4.1 64016-19-01
 Lageplan des Untersuchungsgebietes

Im Bereich der übrigen Verbindungsrampen sind die nächstgelegenen Gebäude weiter vom Fahrbahnrand entfernt. Das bestehende Bauwerk der Hochbrücke besitzt eine Restnutzungsdauer bis 2025.

Das geplante Ersatzneubauwerk umfasst ebenfalls vier Fahrstreifen, dabei beträgt die lichte Höhe ab der Straßenoberfläche entsprechend den übergebenen digitalen Vermessungsdaten bis ca. 8.5 m im Bereich der DB-Strecke und im östlichen Rampenbereich auf Höhe der Stadtstraße Peterstor bis ca. 6 m. Damit verbunden ist eine etwas größere Längsneigung gegenüber dem Bestandsbauwerk. Im Zuge der Planungen wird das östliche Widerlager um ca. 36 m nach Westen verschoben. Damit verbunden ist eine Verringerung der Brückenfläche. Der Abstand des geplanten Ersatzneubauwerks ändert sich gegenüber dem Bestand nur geringfügig. Im Bereich der südwestlichen und der westlichen Verbindungsrampen sind die Widerlager ca. 15 m in westlicher Richtung verschoben; an der südwestlichen Zufahrtsrampe ist im Planfall eine 3 m hohe Lärmschutzwand geplant. Damit verbunden ist eine Erhöhung der Brückenflächen der Bauwerke dieser Verbindungsrampen.

Folgende Untersuchungsfälle werden in diesem Gutachten betrachtet:

- **Prognosenullfall:** Bestehendes Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit Verkehrsdaten für das Prognosejahr 2030
- **Planfall:** Bestehendes Straßennetz unter Berücksichtigung des Planvorhabens mit Verkehrsdaten für das Prognosejahr 2030

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten im Plangebiet wurden mit der Verkehrsuntersuchung (Zacharias, 2019) durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Das sind Angaben für die B 324 mit Hochbrücke und Verbindungsrampen sowie für die angrenzenden Stadtstraßen über das durchschnittliche werktägliche Verkehrsaufkommen des Gesamtverkehrs sowie des Schwerverkehrs im Prognosejahr 2030; aus den Angaben für den Schwerverkehr werden die relativen LKW-(SV)-Anteile abgeleitet. Entsprechend den Angaben des Auftraggebers sind mit den Planungen keine wesentlichen Verkehrsänderungen verbunden.

Die **Abb. 4.2** zeigt die Verkehrsbelegungsdaten für den Prognosenullfall, dabei sind die Angaben für die B 324 im Bereich der Hochbrücke fahrtrichtungsfein dargestellt. Die beschriebenen Verkehrsdaten aus dem Prognosejahr 2030 werden unverändert für das Bezugsjahr 2026 angewendet, dem Jahr der frühestmöglichen Fertigstellung wesentlicher Teile der Planungen.

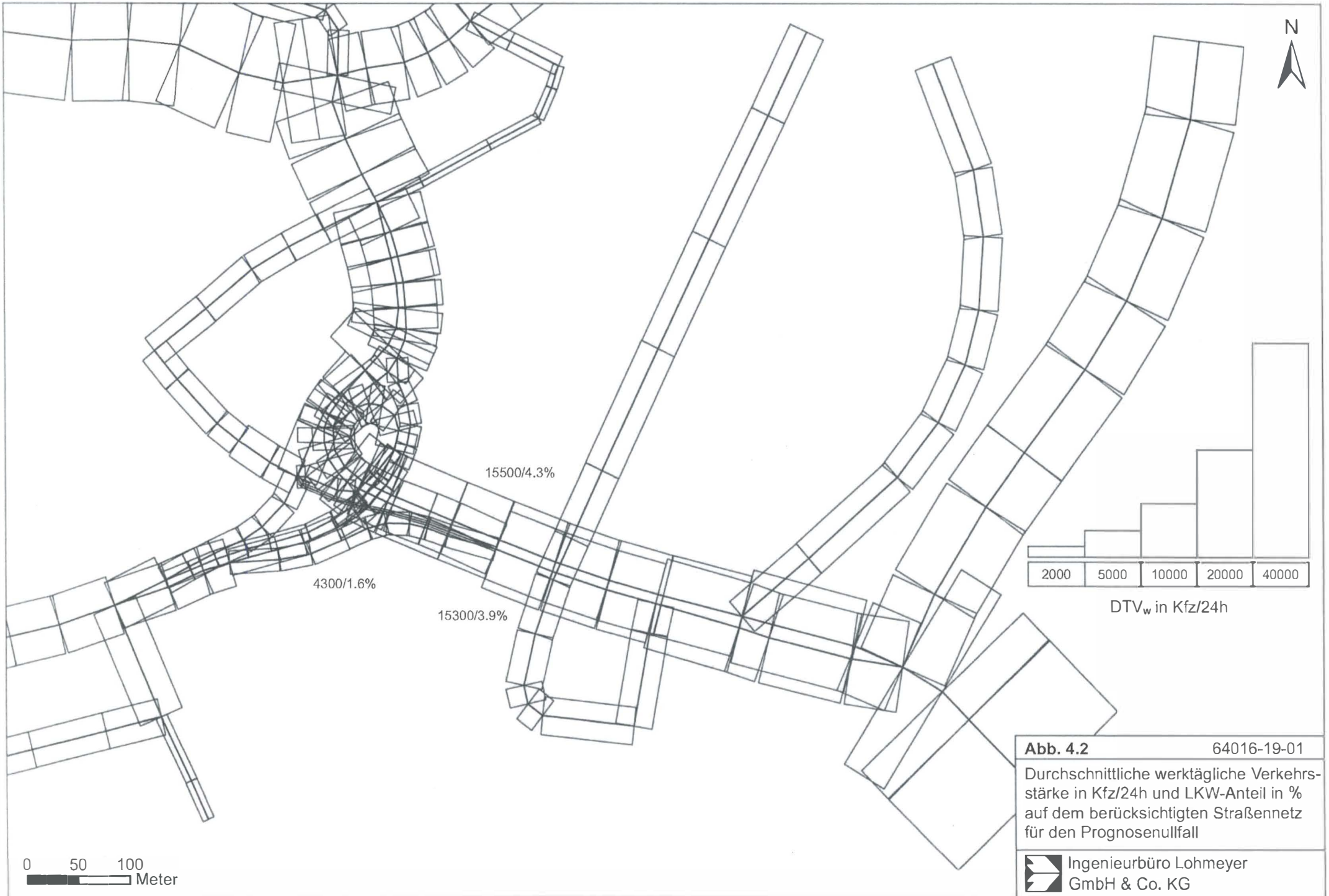



Abb. 4.2 64016-19-01
 Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Prognoseullfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Diese Kombination aus hohen Verkehrsstärken und hohen Emissionsfaktoren entspricht damit einer konservativen Vorgehensweise.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und SV-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt. Die in diesem Gutachten verwendeten Verkehrstagesganglinien beruhen auf den Daten für Bundesstraßen aus RLuS 2012 (FGSV, 2019).

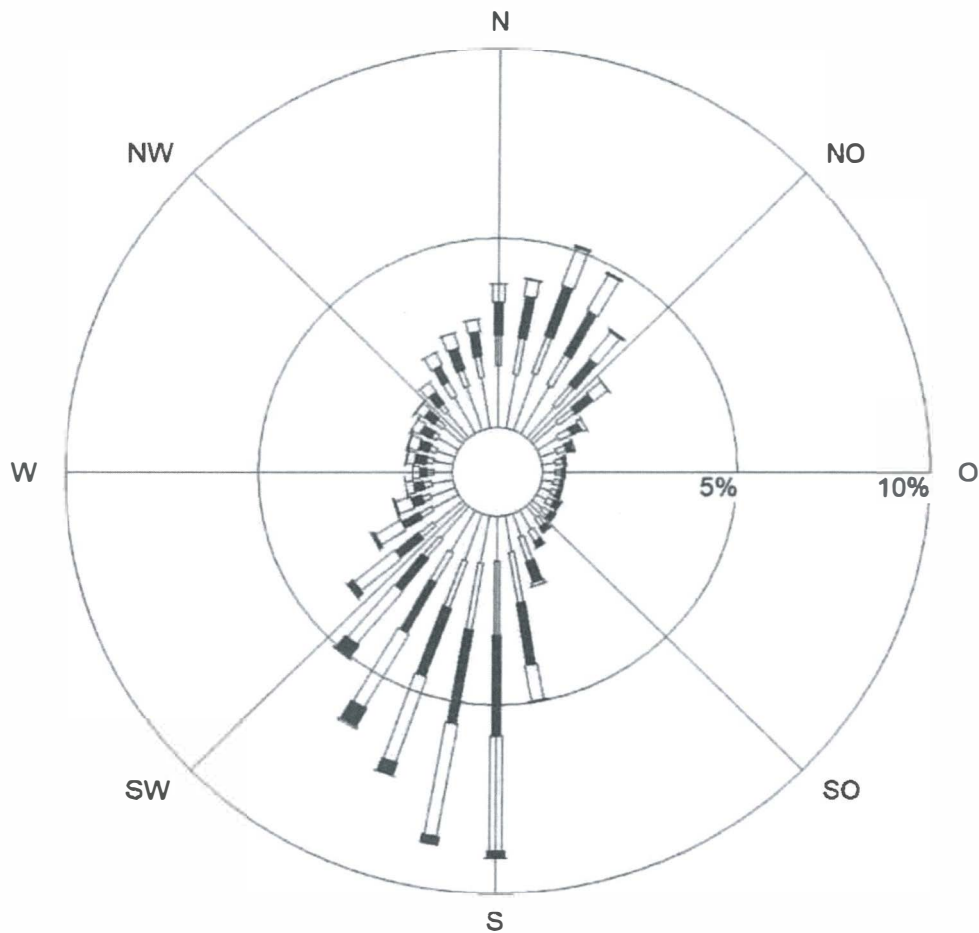
4.3 Meteorologische Daten

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.

Der nächstgelegene Standort mit aktuellen Windmessdaten befindet sich ca. 2 km südöstlich des Untersuchungsgebietes an der Messstation Bad Hersfeld. Dort werden durch den Deutschen Wetterdienst meteorologische Messungen am Ausgang des Haunetals in Halbhöhenlage durchgeführt. Die dort erfasste Windrichtungsverteilung (**Abb. 4.3**) ist durch den südlichen bis südwestlichen Richtungssektor geprägt, nordnordöstliche Richtungen bilden ein zweites Maximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist in Messhöhe mit 2.8 m/s erfasst. Durch die Lage der DWD-Station im Bereich des Talausgangs der Haune beschreiben die dort erfassten Windmessdaten nicht die Verhältnisse des im Fuldataal gelegenen Untersuchungsgebietes.

Weiter liegen für die Umgebung des Untersuchungsgebietes regional repräsentative Winddaten auf Basis von modellierten Reanalysedaten des Hans-Ertel-Zentrums für Wetterforschung für ein ca. 2 x 2 km Raster und für den Zeitraum 2007-2013 vor. Im Bereich des Untersuchungsgebietes im Fuldataal weisen die modellierten Winddaten eine Windrichtungsverteilung auf (**Abb. 4.4**), in der südsüdwestliche Windrichtungen dominieren. Eine weitere Häufung tritt bei nordnordöstlichen Windrichtungen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in 10 m Höhe ca. 2.6 m/s.

Windverteilung in Prozent



Station : Bad Hersfeld
 Messhöhe : 12.0 m
 Windgeschw. : 2.8 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: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der DWD-Station Bad Hersfeld, basierend auf Messdaten aus dem Zeitraum 2009-2018 (Quelle: DWD).

Windverteilung in Prozent

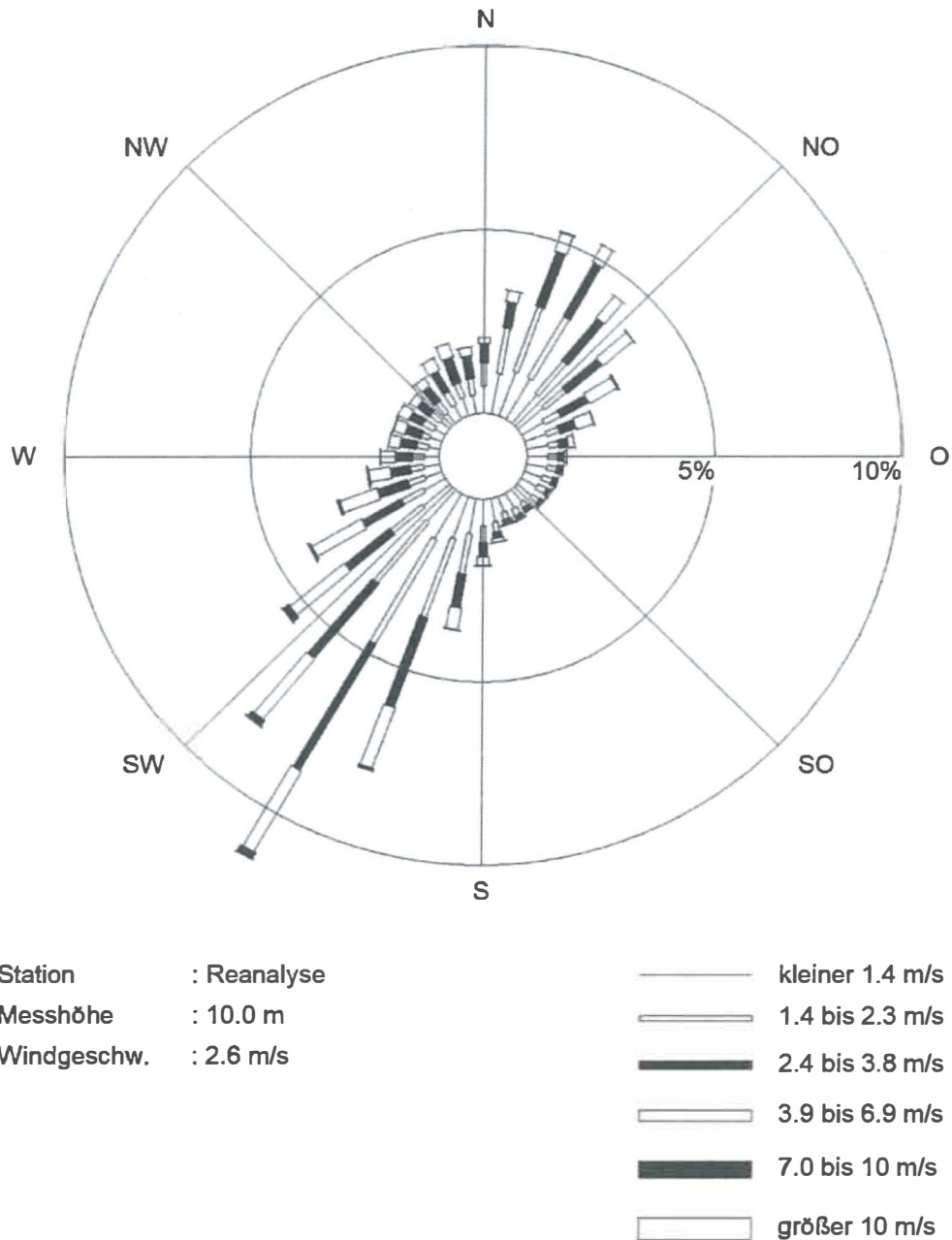


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung im Untersuchungsgebiet, basierend auf Reanalysedaten für dem Zeitraum 2007-2013 (Quelle: Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung).

Im „Windatlas Hessen“ (<http://windrosen.hessen.de/>), mittels dem das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie im Internet u. a. auf Modellrechnungen basierende flächenhafte Angaben zu den Windverhältnissen für ein 500 m x 500 m Raster zur Verfügung stellt, sind im Bereich des Untersuchungsgebietes Windrosen dargestellt, bei denen gehäuft südsüdwestliche Windrichtungen auftreten, eine weitere Häufung tritt bei nordöstlichen Windrichtungen auf.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die auf modellierten Reanalysedaten basierenden Winddaten herangezogen und für die Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Rauigkeiten im Untersuchungsgebiet angewendet.

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Die Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Hessen. In den jährlichen Berichten über die Immissionsmesswerte sind unter anderem Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (HLNUG, 2012-2020). Die Werte für 2020 sind derzeit in Form von einer Kurzauswertung veröffentlicht (HLNUG, 2021).

Die vorliegenden Daten der dem Untersuchungsgebiet umliegenden Messstationen sind für die Schadstoffe NO₂ und Feinstaub-PM10 auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt. Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Station Bebra befindet sich in ca. 13 km nordöstlicher Entfernung und ist im zentralen Siedlungsbereich abseits von Hauptverkehrsstraßen gelegen. Die dort erfassten Kenngrößen der Luftqualität sind nur gering durch verkehrsbedingte Beiträge beeinflusst. Die Station Burg Herzberg ist ca. 20 km südwestlich des Untersuchungsgebietes gelegen; aufgrund der ländlichen Lage weisen die dort erfassten Messwerte die geringen Belastungswerte des regionalen Hintergrunds auf. In Fulda, ca. 35 km südlich vom Untersuchungsgebiet entfernt gelegen, werden Messungen repräsentativ für den städtischen

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Bebra	Burg Herzberg (Grebenaue)	Fulda-Mitte	Fulda-Petersberger Str.	Wasserkuppe
NO ₂ -Jahresmittel in µg/m ³	2011	18	10	28	45	6
	2012	18	10	27	44	6
	2013	18	10	26	43	6
	2014	16	9	24	42	5
	2015	15	9	24	42	5
	2016	15	9	25	41	5
	2017	16	8	21	39	5
	2018	16	8	21	39	5
	2019	14	7	20	38	4
	2020	12	6	17	30	4
PM10-Jahresmittel in µg/m ³	2011	19	-	19	27	12
	2012	20	-	18	23	9
	2013	20	-	20	23	10
	2014	20	-	19	24	10
	2015	19	-	18	22	10
	2016	17	-	17	20	8
	2017	18	-	17	21	8
	2018	18	-	17	21	10
	2019	16	-	15	19	9
	2020	15	-	14	16	8
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2011	10	-	8	31	1
	2012	5	-	5	12	0
	2013	11	-	10	12	1
	2014	12	-	8	15	1
	2015	8	-	7	8	0
	2016	2	-	0	0	0
	2017	10	-	7	12	0
	2018	5	-	4	6	0
	2019	1	-	1	1	0
	2020	1	-	1	1	0

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (HLNUG, 2012-2020; HLNUG, 2021)

Hintergrund (Fulda-Mitte) und in Straßenrandlage mit entsprechenden verkehrsbedingten Beiträgen (Fulda-Petersberger Str.) durchgeführt. Südöstlich des Untersuchungsgebietes werden in ca. 40 km Entfernung an der Station Wasserkuppe geringe Belastungswerte des regionalen Hintergrunds erfasst.

Aus diesen Messdaten ist ableitbar, dass nur für NO₂-Jahresmittelwerte am verkehrsnahen Standort in Fulda bis 2016 Konzentrationen erfasst werden, die über denen der Grenzwerte der 39. BImSchV liegen; für Feinstaub erreichen die Messwerte die entsprechenden Konzentrationen der Grenzwerte deutlich nicht. Deshalb ist eine detaillierte Betrachtung der

Feinstaubkonzentrationen für die vorliegende Planung in Bad Hersfeld nicht zwingend erforderlich. Das trifft auch auf Feinstaub PM_{2.5} zu, nachdem in den letzten fünf Jahren am verkehrsnahen Messstandort in Fulda Jahresmittelwerte unter 15 µg/m³ erfasst wurden.

Interpretationen der NO₂-Messdaten hinsichtlich möglicher Entwicklungen sind mit Vorsicht zu versehen, da im Jahr 2019 überdurchschnittlich günstige Ausbreitungsbedingungen in Baden-Württemberg vorlagen und das Jahr 2020 außergewöhnliche Entwicklungen aufgrund intensiver Einschränkungen des öffentlichen und wirtschaftlichen Lebens aufwies.

Neben den Messdaten des Luftmessnetzes Nordrhein-Westfalen werden durch das Umweltbundesamt (UBA) im Internet flächenhafte Informationen zu den Luftschadstoffbelastungen in Deutschland veröffentlicht (<http://gis.uba.de/Website/luft/index.html>), basierend auf Modellsimulationen und Übertragung der punktuellen Messdaten auf die Fläche im 2 km x 2 km-Raster, dabei enthalten die Angaben auch die verkehrsbedingten Beiträge u. a. von Autobahnen. Im Untersuchungsgebiet sind im Umfeld der Siedlungsbereiche von Bebra die Flächenmittel der NO₂-Jahresmittel für das Jahr 2018 bis 15 µg/m³ modelliert. Vergleichbare Jahresmittelwerte sind im Bereich von Bad Hersfeld dargestellt. Bei Fulda-Mitte weisen die modellierten Flächenmittel NO₂-Jahresmittelwerte bis 25 µg/m³ auf.

Auf Grundlage der Messwerte an der Messstation Bebra sowie den Zusammenhängen der modellierten Flächenmittel im Bereich von Bebra und Bad Hersfeld wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der letzten Jahre eine Hintergrundbelastung für NO₂ von 16 µg/m³ abgeleitet. In **Tab. 4.3** sind die angesetzten Werte für die Schadstoffhintergrundbelastung dargestellt.

Schadstoff	Jahresmittelwert in µg/m ³
NO ₂	16

Tab. 4.3: Abgeleitete Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2019/2026

Für das Chemiemodell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion (Düring et al., 2011) wird in Orientierung an die Messungen an den umliegenden Stationen der letzten Jahre eine Hintergrundbelastung für Ozon von 44 µg/m³ angesetzt.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der oben angegebenen Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden

Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr zeigen Abschätzungen (RLuS 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für NO₂ um circa 7 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktion verzichtet; das entspricht einer konservativen Vorgehensweise.

5 EMISSIONEN

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Feinstaub, Benzol, SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer und werden deshalb hier nicht betrachtet.

5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten 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, Sattelschleppern, Bussen usw.

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

Die motorbedingten Emissionsfaktoren hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW 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, 2019) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

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

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

- AO-HVS100: Außerörtliche Straße, Tempolimit 100 km/h
- IOS-HVS50: Innerörtliche Straße, Tempolimit 50 km/h
- IOS-HVS50d: Innerörtliche Straße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50g: Innerörtliche Straße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
- IOS-HVS30: Innerörtliche Straße, Tempolimit 30 km/h
- IOS-HVS30d: Innerörtliche Straße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr

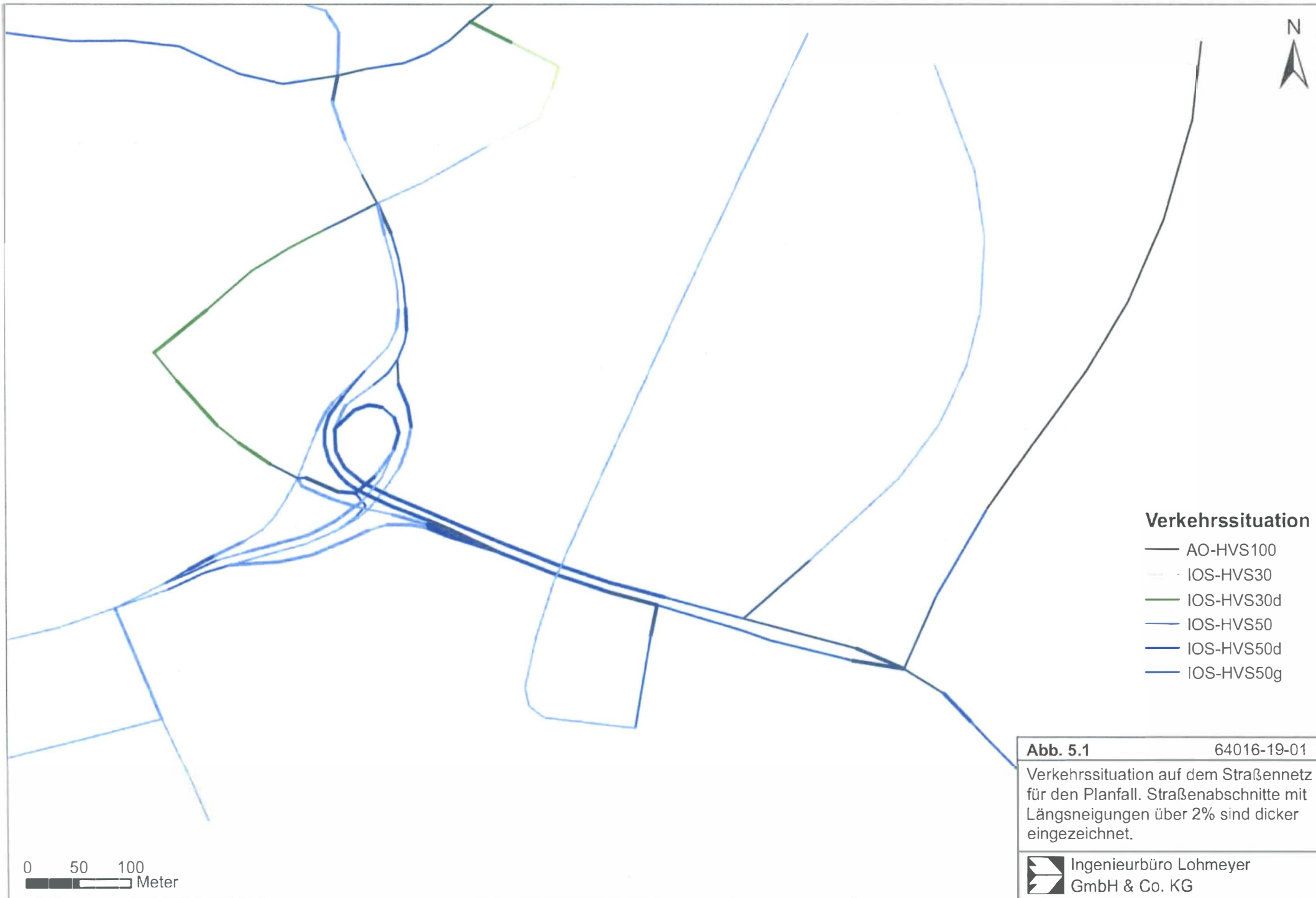
Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet, in dem eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt sind; vergleichbare Anpassungen sind auch für leichte Nutzfahrzeuge enthalten. Die verwendeten Emissionsfaktoren berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet in Bad Hersfeld die im HBEFA genannten mittleren deutschen Temperaturverhältnisse von ca. 9 °C, die etwas niedriger sind gegenüber der mittleren Lufttemperatur im Zeitraum 2009 bis 2018 an der ca. 2 km südöstlich gelegenen DWD-Station Bad Hersfeld mit einer mittleren Lufttemperatur von ca. 9.4 °C (Quelle: DWD).

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2026 aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Steigungs- und Gefällestrecken sowie Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „+“-Plus-, „-“-Minus- und „_“-Unterstrichzeichen) mit entsprechenden Minderungen für NO_x und $\text{NO}_{2,\text{direkt}}$ des LV nach UBA (2021). Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren 2026 je Kfz in g/km							
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit in km/h	NO _x		NO ₂ direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
AO-HVS100	94.0	0.180	0.802	0.028	0.096	0.0018	0.0147	0.030	0.130
IOS-HVS50	42.9	0.192	1.864	0.027	0.226	0.0050	0.0174	0.026	0.113
IOS-HVS50-2	42.9	0.143	2.875	0.019	0.377	0.0045	0.0111	0.026	0.113
IOS-HVS50-4	42.9	0.114	1.219	0.015	0.156	0.0042	0.0074	0.026	0.113
IOS-HVS50-6	42.9	0.101	0.796	0.013	0.101	0.0041	0.0056	0.026	0.113
IOS-HVS50+2	42.9	0.247	1.448	0.036	0.170	0.0055	0.0237	0.026	0.113
IOS-HVS50+4	42.9	0.325	1.500	0.049	0.169	0.0062	0.0274	0.026	0.113
IOS-HVS50+6	42.9	0.417	1.658	0.064	0.180	0.0068	0.0293	0.026	0.113
IOS-HVS50_2	42.9	0.195	2.161	0.028	0.273	0.0050	0.0174	0.026	0.113
IOS-HVS50_4	42.9	0.219	1.360	0.032	0.163	0.0052	0.0174	0.026	0.113
IOS-HVS50d	36.0	0.236	2.066	0.034	0.248	0.0054	0.0202	0.033	0.358
IOS-HVS50d-2	36.0	0.188	1.969	0.026	0.244	0.0052	0.0140	0.033	0.358
IOS-HVS50d-4	36.0	0.154	1.290	0.021	0.159	0.0047	0.0098	0.033	0.358
IOS-HVS50d-6	36.0	0.136	0.881	0.018	0.108	0.0045	0.0078	0.033	0.358
IOS-HVS50d+2	36.0	0.302	1.879	0.045	0.223	0.0059	0.0264	0.033	0.358
IOS-HVS50d+4	36.0	0.373	1.869	0.056	0.218	0.0066	0.0306	0.033	0.358
IOS-HVS50d+6	36.0	0.468	2.027	0.071	0.230	0.0076	0.0356	0.033	0.358
IOS-HVS50d_2	36.0	0.245	1.924	0.036	0.233	0.0055	0.0202	0.033	0.358
IOS-HVS50g	23.4	0.274	4.203	0.040	0.530	0.0058	0.0313	0.039	0.700
IOS-HVS50g-2	23.4	0.225	4.198	0.032	0.533	0.0053	0.0258	0.039	0.700
IOS-HVS50g-4	23.4	0.188	3.664	0.026	0.466	0.0050	0.0217	0.039	0.700
IOS-HVS50g+2	23.4	0.337	4.019	0.050	0.503	0.0064	0.0339	0.039	0.700
IOS-HVS50g+4	23.4	0.413	3.875	0.062	0.481	0.0072	0.0382	0.039	0.700
IOS-HVS50g+6	23.4	0.503	3.954	0.077	0.487	0.0081	0.0413	0.039	0.700
IOS-HVS50g_2	23.4	0.281	4.109	0.041	0.518	0.0058	0.0299	0.039	0.700
IOS-HVS50g_4	23.4	0.300	3.769	0.044	0.474	0.0061	0.0300	0.039	0.700
IOS-HVS30	31.0	0.182	2.229	0.025	0.268	0.0051	0.0233	0.026	0.100
IOS-HVS30_2	31.0	0.189	1.640	0.027	0.194	0.0051	0.0231	0.026	0.100
IOS-HVS30_4	31.0	0.199	1.428	0.028	0.169	0.0052	0.0232	0.026	0.100
IOS-HVS30d	24.8	0.199	2.910	0.028	0.357	0.0053	0.0245	0.033	0.350
IOS-HVS30d_2	24.8	0.205	2.052	0.029	0.245	0.0054	0.0247	0.033	0.350

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2026

Die Emissionen werden auf der Grundlage der im Verkehrsgutachten genannten Verkehrsprognosen 2030 im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit für das Bezugsjahr 2026, dem Jahr der frühestmöglichen Fertigstellung wesentlicher Teile der Planungen, berechnet.



Verkehrssituation

- AO-HVS100
- IOS-HVS30
- IOS-HVS30d
- IOS-HVS50
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50g

Abb. 5.1 64016-19-01

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

5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen des betrachteten Schadstoffs NO_x werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für den Schadstoff NO_x im Bezugsjahr 2026 dargestellt. Die Schadstofffreisetzungen sind für die B 324 im Bereich der Hochbrücke, wie im Anhang A3 dargestellt, in den Ausbreitungsrechnungen fahrtrichtungsfein berücksichtigt.

In **Tab. 5.2** sind exemplarisch die Verkehrskennwerte und daraus abgeleitete Emissionen für die Hochbrücke Peterstor im Bereich des Hauptbauwerks auf Höhe der Stadtstraße Peterstor sowie im Bereich der südwestlichen Verbindungsrampe für die betrachteten Untersuchungsfälle aufgezeigt. Im Planfall sind im Bereich der Hauptfahrbahn aufgrund der größeren Längsneigung ca. 11 % höhere NO_x -Freisetzungen abgeleitet; die direkt emittierten NO_2 -Anteile nehmen um ca. 14 % zu. Am betrachteten Abschnitt der Verbindungsrampe sind aufgrund der Verringerung der Längsneigung ca. 38 % geringere NO_x -Emissionen und ca. 40 % geringere $\text{NO}_{2,\text{direkt}}$ -Emissionen ermittelt. Die Änderungen der PM_{10} -Emissionen sind deutlich geringer, da die nicht-motorbedingten Anteile, die den Hauptanteil der PM_{10} -Gesamtemissionen darstellen, unverändert bleiben.

	DTV in Kfz/24h	LKW Anteil in %	Verkehrssituation	Mittlere Emissionsdichte in $\text{mg}/(\text{m}^3\text{s})$		
				NO_x	NO_2 direkt	PM_{10}
Prognosenullfall						
Hauptfahrbahn	30 700	4.1	IOS-HVS50d-4/ IOS-HVS50d+4	0.104	0.029	0.0168
Verbindungsrampe	4 300	1.6	IOS-HVS50+4	0.016	0.005	0.0015
Planfall						
Hauptfahrbahn	30 700	4.1	IOS-HVS50d-6/ IOS-HVS50d+6	0.115	0.033	0.0170
Verbindungsrampe	4 300	1.6	IOS-HVS50	0.010	0.003	0.0015

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2026

Aus dieser Auflistung der verkehrsbedingten Emissionen ist abzulesen, dass die verkehrsbedingten Feinstaubfreisetzungen (PM_{10}) gegenüber den NO_x -Freisetzungen deutlich geringer

sind. Zudem ist die vorherrschende städtische Hintergrundbelastung für PM10 gegenüber Stickoxiden vergleichbar. Daraus wird geschlossen, dass der verkehrsbedingte immissionsseitige Beitrag an PM10 gegenüber Stickoxiden deutlich geringer ist und die Gesamtbelastung damit für PM10 im Betrachtungsgebiet in Bad Hersfeld gegenüber der NO₂-Gesamtelastung deutlich geringer ist. Damit wird auf eine explizite Berechnung der PM10-Konzentrationen verzichtet.

6 ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet, d. h. im Plangebiet, wurden Schadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung (Kap. 4) zusammensetzt.

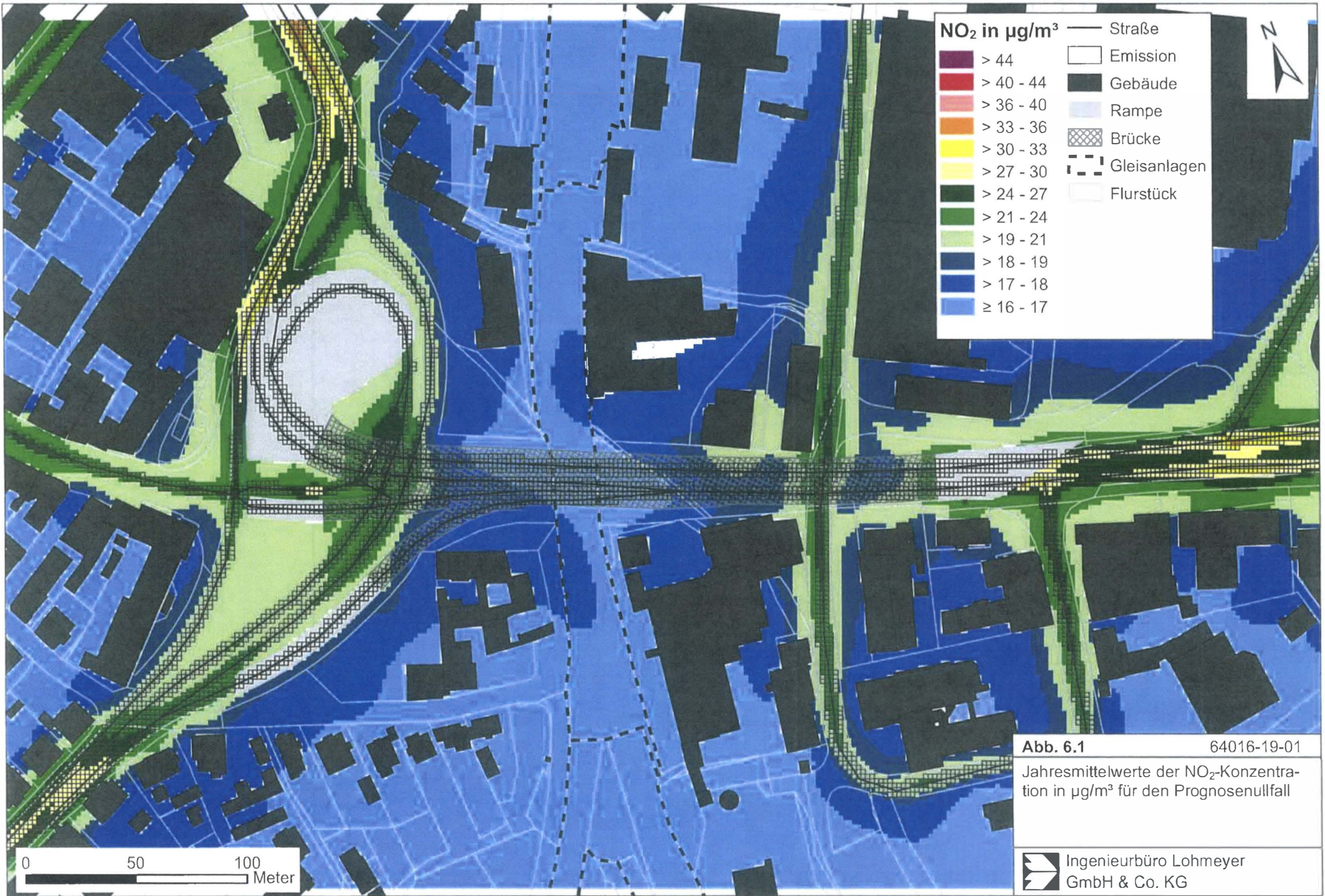
Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wird der kleinste Wert der entsprechend angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden die derzeit geltenden Grenzwerte für NO₂ von 40 µg/m³ im Jahresmittel mit roter Farbe belegt.

Die Auswertung der berechneten Immissionen erfolgt für die dargestellte Auswertehöhe von 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten beziehungsweise dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude. Bei bodennahen Freisetzungsbedingungen sind mit zunehmender Höhe die ermittelten Schadstoffimmissionen geringer. Für die zum Brückenbauwerk nächstgelegenen einzelstehenden Gebäude sind für ausgewählten Bereiche (**Abb. 4.1**) Vertikalschnitte der berechneten Immissionen dargestellt, um die Auswirkungen der verkehrsbedingten Schadstofffreisetzungen in Hochlage aufzuzeigen.

6.1 Prognosenullfall

Die für den Prognosenullfall berechneten Jahresmittelwerte der NO₂-Immissionen in Bodennähe sind in **Abb. 6.1** dargestellt. Entlang der B 324 sind die bodennahen NO₂-Immissionen im Fahrbahnbereich überwiegend über 21 µg/m³ und bis 36 µg/m³ ermittelt. Im Bereich des Brückenbauwerks sind in Bodennähe im Bereich der Straße Peterstor die NO₂-Jahresmittelwerte bis 27 µg/m³ und sonst überwiegend unter 20 µg/m³ dargestellt. Im Bereich der westlichen Zufahrtsrampen sind die bodennahen NO₂-Immissionen über 18 µg/m³ und vereinzelt bis 33 µg/m³ im Jahresmittel berechnet.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, zum Beispiel Wohngebäuden, führen. Östlich der Gleisanlagen sind an der zum Brückenbauwerk nächst-



gelegenen Bebauung an den zur Brücke zugewandten Gebäudeseiten die NO_2 -Immissionen in Bodennähe bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; in höheren Gebäudebereichen sind vergleichbare NO_2 -Jahresmittelwerte ermittelt (**Abb. 6.2**). An der östlichen Rampe sind an der zur Südseite der B 324 nächstgelegenen Bebauung die NO_2 -Gesamtbelastungen bodennah bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt; mit zunehmender Höhe sind überwiegend vergleichbare Jahresmittelwerte abgeleitet (**Abb. 6.3**), dabei sind an der Rampe im Fahrbahnbereich aufgrund der Längsneigung zum Teil NO_2 -Immissionen bis $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. An der Randbebauung der Straße Peterstor sind im Bereich der Hochbrücke die bodennahen NO_2 -Immissionen bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Westlich der Gleisanlagen sind im nordwestlichen Bereich der Zufahrtsrampen an der straßennahen Bebauung die bodennahen NO_2 -Immissionen bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. An der zur südwestlichen Zufahrtsrampe nächstgelegenen Bebauung sind die NO_2 -Jahresmittelwerte in Bodennähe bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt, so auch an den höher gelegenen Stockwerken (**Abb. 6.4**). An der übrigen straßennahen Bebauung im Untersuchungsgebiet sind die NO_2 -Immissionen vereinzelt bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; an Wohngebäuden, die nicht direkt an die berücksichtigten Straßen angrenzen, sind die Immissionen geringer und unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel dargestellt.

Damit wird an der bestehenden Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet der derzeit geltende Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht erreicht und nicht überschritten. Dabei sind die prognostizierten NO_2 -Jahresmittelwerte deutlich unterhalb des Grenzwerts ermittelt.

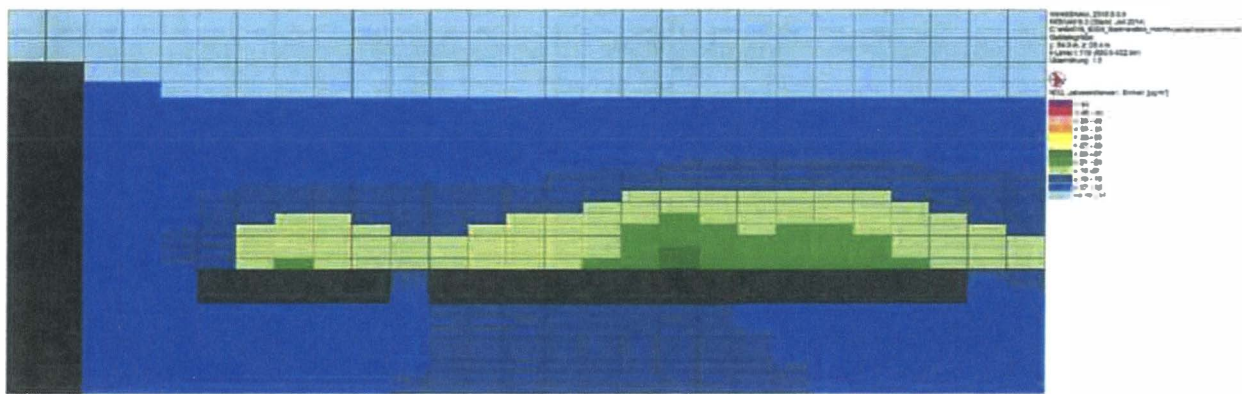


Abb. 6.2: Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Prognosenullfall am Vertikalschnitt A (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

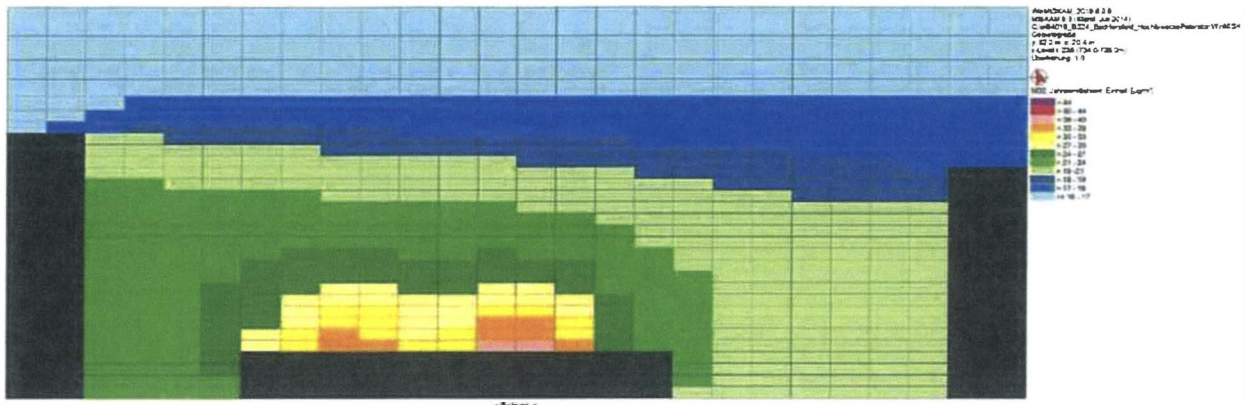


Abb. 6.3: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Prognosenullfall am Vertikalschnitt B (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

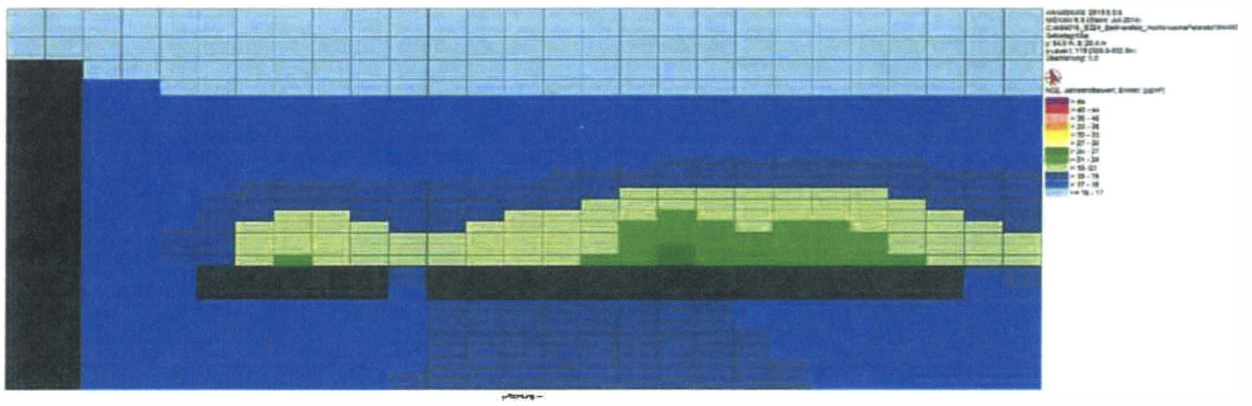
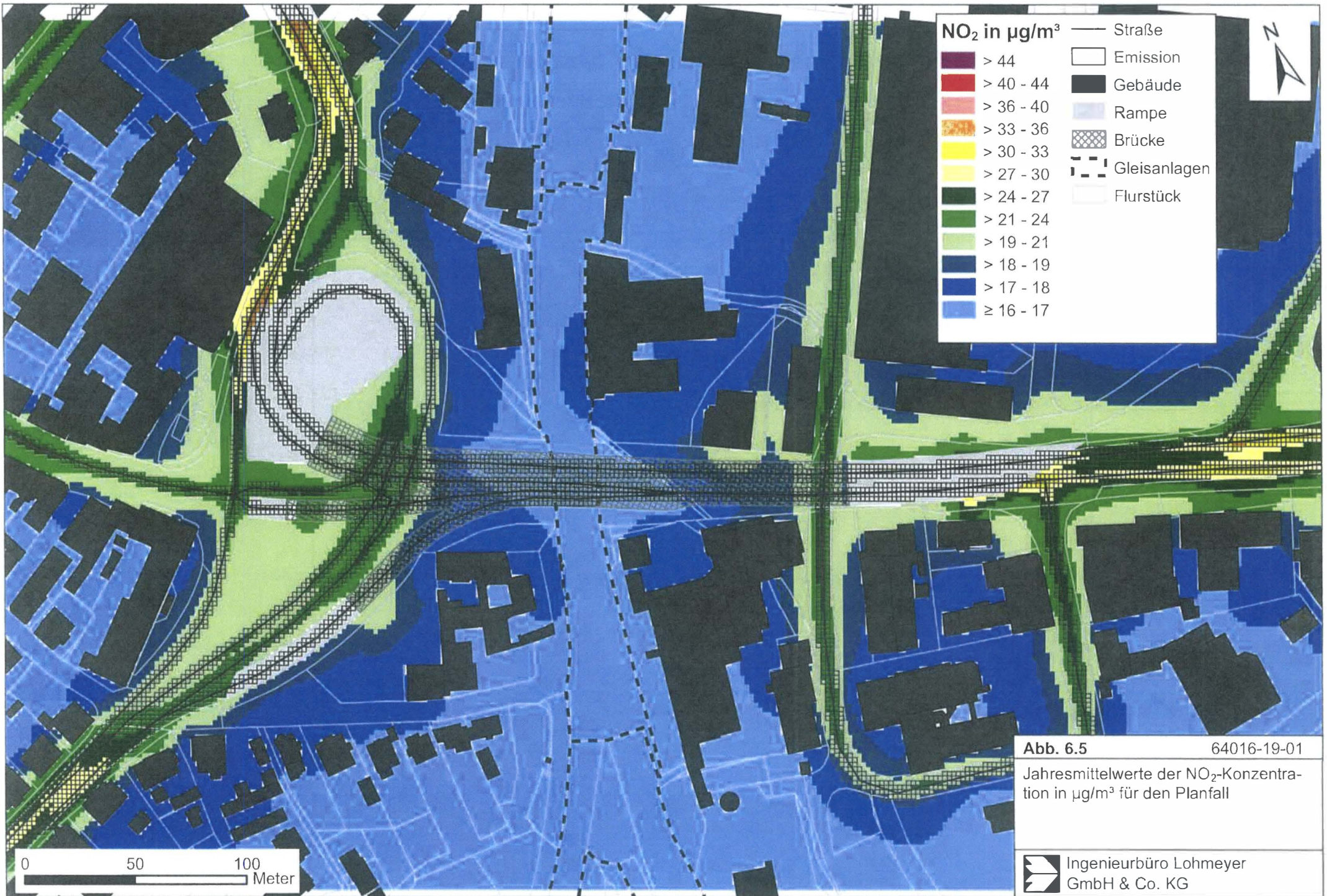


Abb. 6.4: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Prognosenullfall am Vertikalschnitt C (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

6.2 Planfall

Die für den Planfall berechneten Jahresmittelwerte der NO₂-Immissionen in Bodennähe sind in **Abb. 6.5** dargestellt. Die relativ höchsten NO₂-Gesamtbelastungen mit Jahresmittelwerte bis 36 µg/m³ sind weiterhin entlang der B 324 ermittelt. Dabei sind im Bereich der südwestlichen und der östlichen Rampe aufgrund der im Planfall größeren Längsneigungen und den damit verbundenen höheren Schadstofffreisetzungen gewisse Zunahmen der bodennahen NO₂-Konzentrationswerte abgeleitet. Im Bereich des Brückenbauwerkes sind aufgrund der etwas größeren Bauwerkshöhe die bodennahen NO₂-Immissionen zum Teil etwas geringer als im Prognosenullfall dargestellt. An Straßenabschnitten, die nicht direkt an die Hochbrücke angrenzen, sind zum Prognosenullfall vergleichbare NO₂-Gesamtbelastungen abgeleitet.



An der Bebauung im Untersuchungsgebiet sind im Planfall östlich der Gleisanlagen an den zum Brückenbauwerk nächstgelegenen Gebäuden die NO_2 -Immissionen im Jahresmittel weiterhin bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert, so auch im Bereich der höher gelegenen Gebäudebereiche (**Abb. 6.6**).

Im Bereich der östlichen Rampe sind an der zur Südseite der B 324 nächstgelegenen Bebauung etwas höhere NO_2 -Gesamtbelastungen gegenüber dem Prognosenullfall ermittelt, die Jahresmittelwerte bis $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufweisen. In den höher gelegenen Gebäudebereichen sind überwiegend zum Prognosenullfall vergleichbare NO_2 -Immissionen bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (**Abb. 6.7**), dabei sind an der Rampe im Fahrbahnbereich aufgrund der gegenüber dem Prognosenullfall größeren Längsneigung die NO_2 -Immissionen zum Teil über $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. An der Randbebauung der Straße Peterstor im Bereich der Hochbrücke sind im Planfall die NO_2 -Jahresmittelwerte in Bodennähe weiterhin bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Westlich der Gleisanlagen sind im nordwestlichen Bereich der Zufahrtsrampen an der straßennahen Bebauung etwas höhere NO_2 -Immissionen als im Prognosenullfall berechnet, mit Jahresmittelwerten bodennah bis $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An der zur südwestlichen Zufahrtsrampe, an der im Planfall eine 3 m hohe Lärmschutzwand geplant ist, sind an der nächstgelegenen Bebauung die NO_2 -Jahresmittelwerte in Bodennähe sowie an den höher gelegenen Stockwerken (**Abb. 6.8**) im Planfall weiterhin bis $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der übrigen Wohnbebauung sind zum Prognosenullfall vergleichbare bodennahe NO_2 -Immissionen dargestellt.

Damit wird auch im Planfall an der bestehenden Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet der derzeit geltende Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

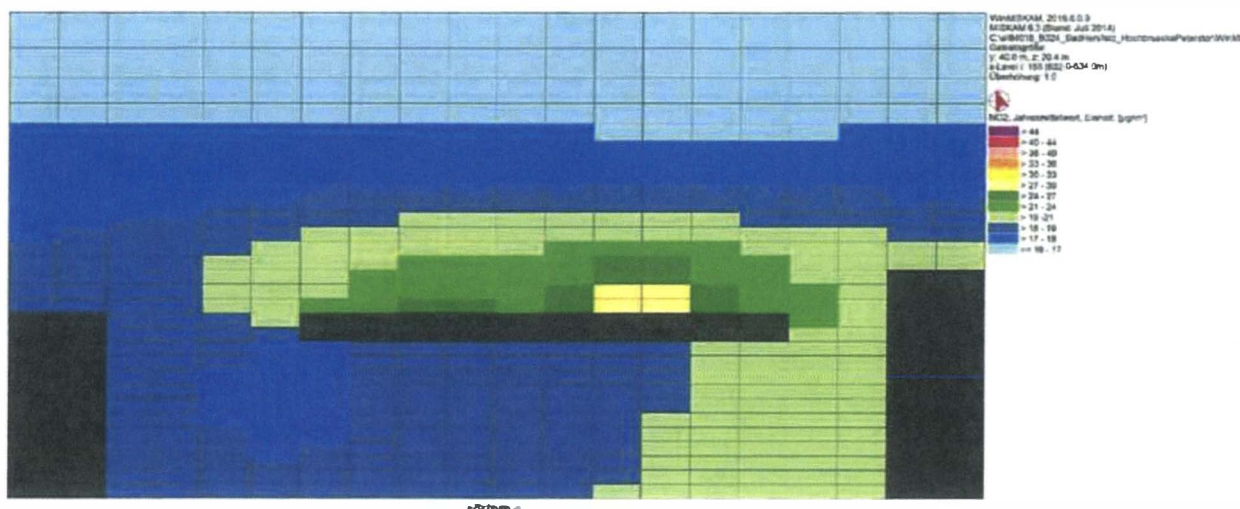


Abb. 6.6: Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Planfall am Vertikalschnitt A (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

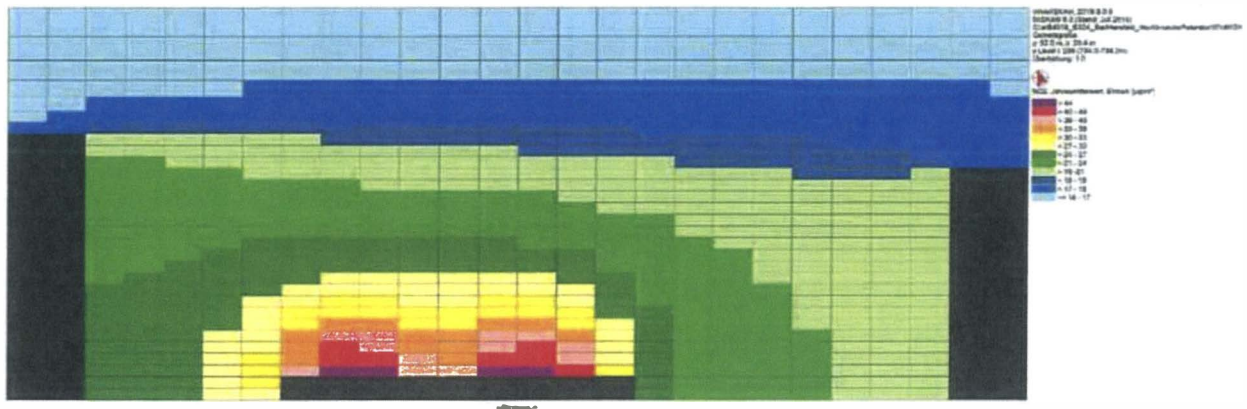


Abb. 6.7: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Planfall am Vertikalschnitt B (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

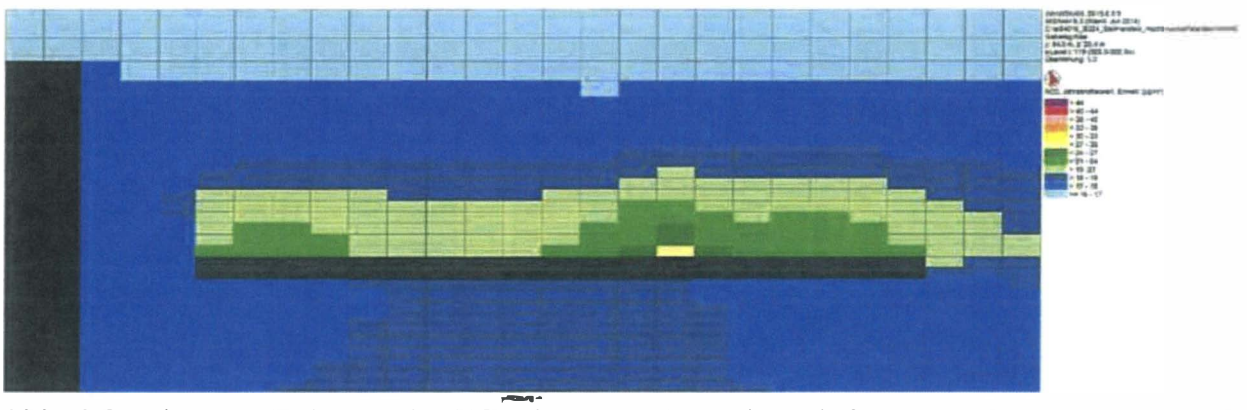


Abb. 6.8: Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen in µg/m³ für den Planfall am Vertikalschnitt C (Lage des Vertikalschnitts siehe Abb. 4.1).

7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241) (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- 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.

- FGSV (2019): Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (H PSE) – Stickstoffleitfaden Straße. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2019.
- 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.
- HLNUG (2012-2020): Lufthygienischer Jahresbericht 2011 – 2019, Teil I: Kontinuierliche Messungen. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden.
- HLNUG (2021): Lufthygienischer Jahreskurzbericht – Kontinuierliche Messungen – Diskontinuierliche Messungen von Stickstoffdioxid und Feinstaub PM2.5. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden.
- 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.
- RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., 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>.
- TREMOT (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / September 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.

- UBA (2021): Empfehlungen zur Anwendung des HBEFA 4.1 in der NO₂-Immissionsmodellierung. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. Juli 2021.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, Mai 2020.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.
- Zacharias (2019): Verkehrsuntersuchung – Ersatzneubau Brückenbauwerk B 324 Peterstor in der Stadt Bad Hersfeld. Zacharias Verkehrsplanungen, Hannover, Mai 2019.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

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

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

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion über ein Kalenderjahr

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

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

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

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

A1.2 Vorsorgewerte

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

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

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

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

A N H A N G A 2
FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

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

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

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

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen beziehungsweise Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

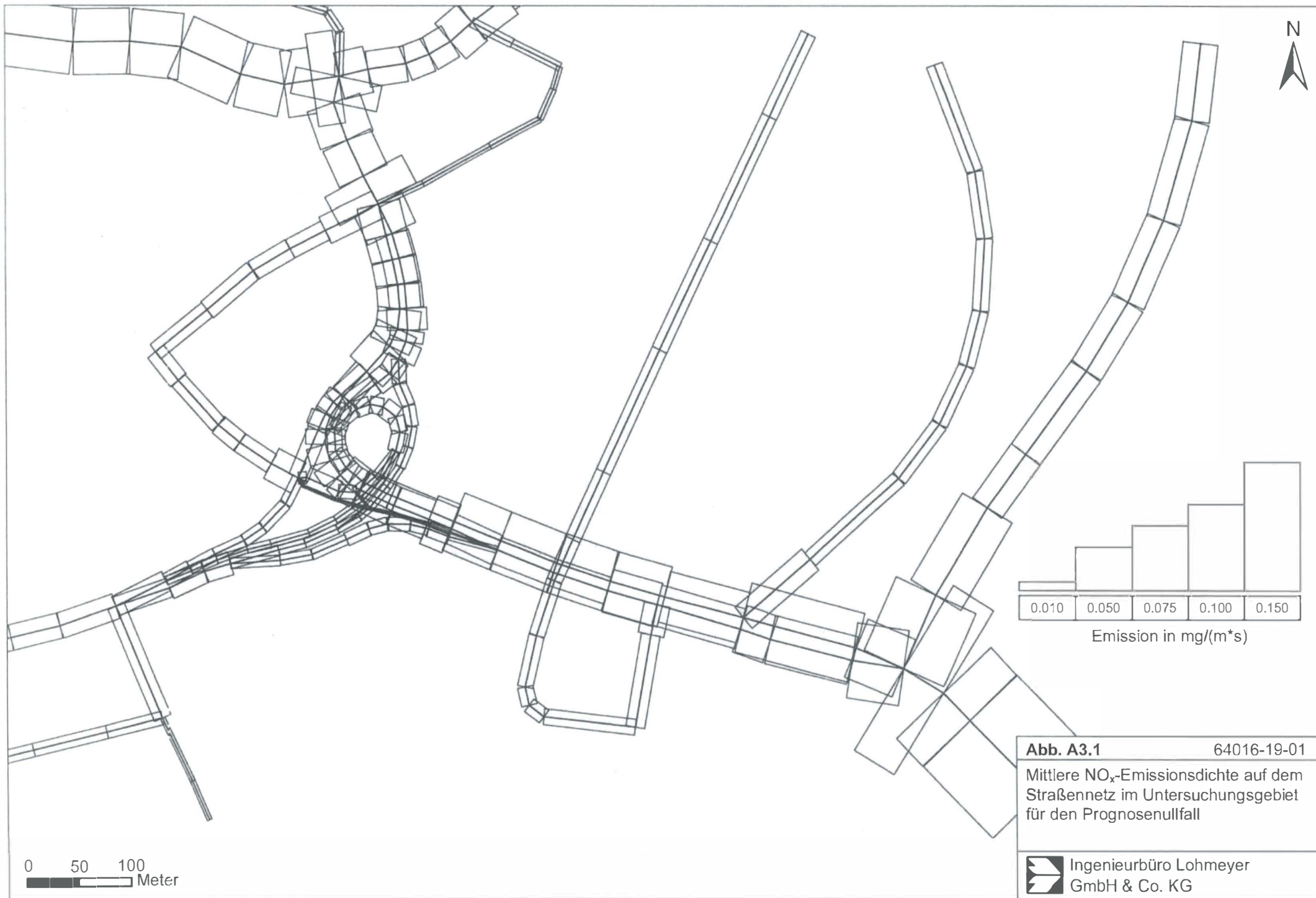
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von circa 20 % angenommen.

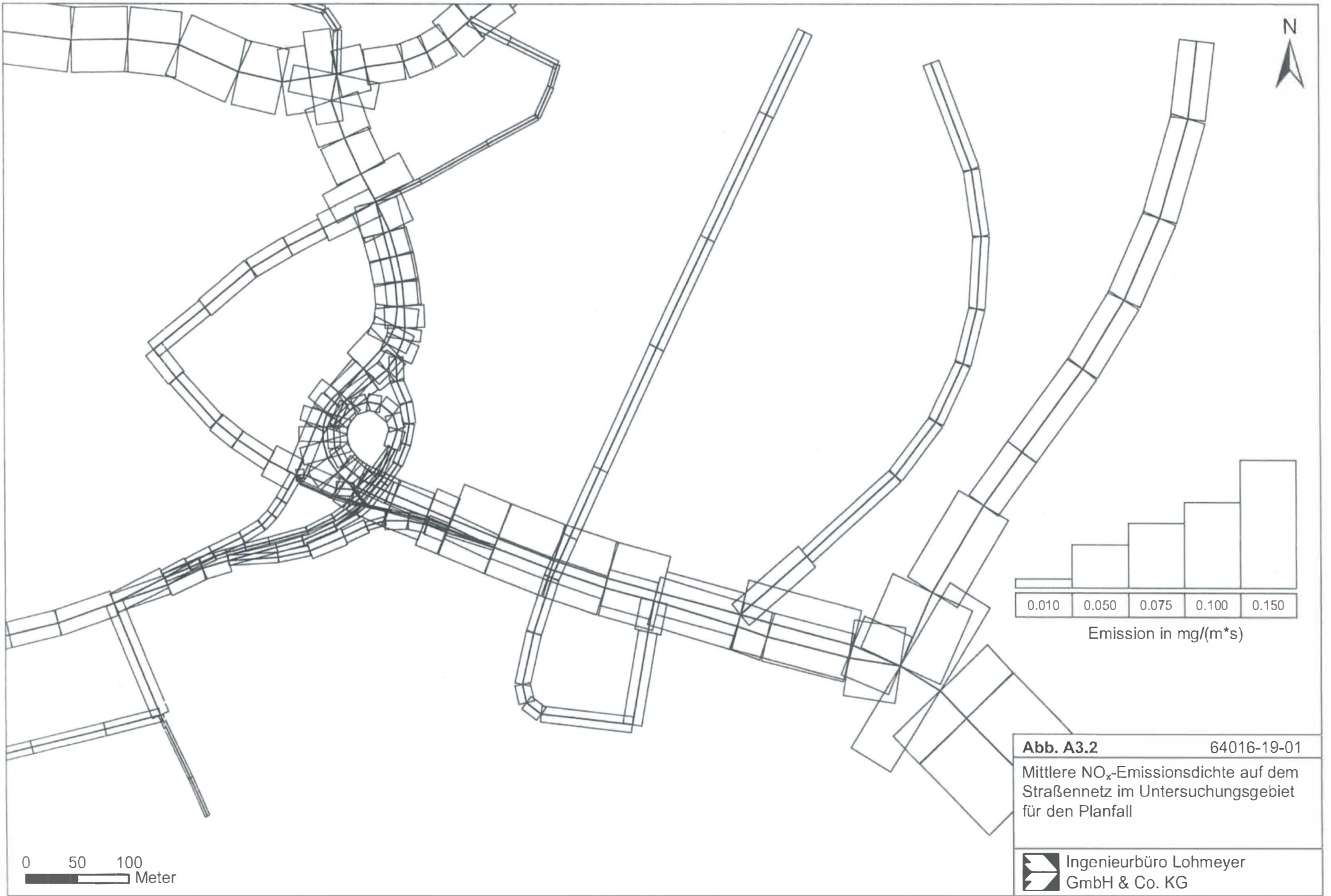
Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/- 20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995; Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

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

A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE





A N H A N G A 4
KOHLENDIOXID-EMISSIONEN (CO₂)

A4 KOHLENDIOXID-EMISSIONEN (CO₂)

Ergänzend zu den Luftschadstoffen hinsichtlich der menschlichen Gesundheit sind im Rahmen eines Umweltberichts Aussagen über die Klimarelevanz der Verkehrsverlagerungen während den Baumaßnahmen erforderlich. Betrachtet werden die klimarelevanten Anteile der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen, d.h. ohne den Anteil der CO₂-Emissionen, der auf den Biokraftstoffanteil am Gesamtkraftstoff zurückgeführt werden kann.

Betrachtet werden die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen der Verdrängungsverkehre während den Baumaßnahmen und zum Vergleich für die Zeit vor Baubeginn. Die Bestimmung der Emissionen erfolgt auf Grundlage des Bereiches des Straßennetzes von Bad Hersfeld, für den Verkehrsdaten (Zacharias, 2019) übergeben wurden und der für die Untersuchung über die Auswirkungen des geplanten Ersatzneubauwerkes der Hochbrücke Peterstor auf die Luftschadstoffbelastung im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit herangezogen wurde (siehe **Abb. 4.1**).

Die Emissionsbestimmung erfolgt auf Grundlage der übergebenen Verkehrsdaten (vergl. **Abb. 4.2**), der angesetzten Verkehrssituationen (vergl. **Abb. 5.1**) und der Emissionsfaktoren des HBEFA4.1 für Kohlendioxid für das Jahr der Verkehrsprognose, hier 2030. Das HBEFA umfasst sowohl Emissionsfaktoren für die verkehrsbedingte CO₂-Freisetzung insgesamt („total“) als auch Emissionsfaktoren für den klimarelevanten Anteil („reported“). Aus den Angaben des HBEFA kann ein klimarelevanter Anteil an den gesamten CO₂-Emissionen von ca. 94 % für das Bezugsjahr 2030 abgeleitet werden. Für die Bestimmung der CO₂-Emissionen des betrachteten Straßennetzes werden nur die Emissionsfaktoren für den klimarelevanten Anteil der CO₂-Emission verwendet.

In **Tab. A1** sind die verwendeten Emissionsfaktoren für die herangezogenen Verkehrssituationen aufgeführt. Diese Angaben beziehen sich auf die Freisetzung von Kohlendioxid durch die Erzeugung der Antriebsenergie während des Betriebs der Kfz („Tank-to-Wheel“), hier durch die Verbrennung von Kraftstoff. Kohlendioxid, das während der Bereitstellung der Antriebsenergie freigesetzt wird („Well-to-Tank“) sind in den Angaben nicht enthalten, damit ist der Betrieb von Elektrofahrzeugen in der vorliegenden Untersuchung nicht mit Kohlendioxidfreisetzungen verbunden; der Anteil der Elektrofahrzeuge umfasst für das betrachtete Bezugsjahr knapp 7 % der Gesamtflotte.

Für die beiden Untersuchungsfälle werden die CO₂-Gesamtemissionen ermittelt, die auf dem jeweiligen Straßennetz im Tagesverlauf durchschnittlich freigesetzt werden.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2030	
Verkehrssituation	Geschwindigkeit	CO ₂	
		LV	SV
AO-HVS100	94.0	121.4	541.5
IOS-HVS50	42.9	133.8	547.2
IOS-HVS50-2	42.9	89.1	238.9
IOS-HVS50-4	42.9	54.3	102.2
IOS-HVS50-6	42.9	37.3	49.3
IOS-HVS50+2	42.9	177.5	991.9
IOS-HVS50+4	42.9	218.4	1492.6
IOS-HVS50+6	42.9	259.9	2015.7
IOS-HVS50_2	42.9	133.3	615.4
IOS-HVS50_4	42.9	136.3	797.4
IOS-HVS50d	36.0	141.7	611.6
IOS-HVS50d-2	36.0	104.5	318.4
IOS-HVS50d-4	36.0	73.7	155.2
IOS-HVS50d-6	36.0	60.0	78.8
IOS-HVS50d+2	36.0	182.4	1036.7
IOS-HVS50d+4	36.0	224.7	1528.9
IOS-HVS50d+6	36.0	267.5	2051.5
IOS-HVS50d_2	36.0	143.4	677.5
IOS-HVS50g	23.4	173.6	1019.7
IOS-HVS50g-2	23.4	136.7	719.6
IOS-HVS50g-4	23.4	105.9	505.1
IOS-HVS50g+2	23.4	212.0	1388.1
IOS-HVS50g+4	23.4	253.7	1800.3
IOS-HVS50g+6	23.4	295.7	2242.3
IOS-HVS50g_2	23.4	174.4	1053.8
IOS-HVS50g_4	23.4	179.8	1152.7
IOS-HVS30	31.0	136.7	471.6
IOS-HVS30_2	31.0	134.0	556.4
IOS-HVS30_4	31.0	134.3	772.7
IOS-HVS30d	24.8	147.8	519.1
IOS-HVS30d_2	24.8	147.3	596.1

Tab. A1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2030

Entsprechend den Angaben des Auftraggebers sind mit den Planungen keine wesentlichen Verkehrsänderungen verbunden. Zudem sind die einzelnen Achsen des geplanten Ersatzneubauwerks der Hochbrücke vergleichbar zum Bestandsbauwerk. Damit sind keine wesentlichen Änderungen der täglichen Kfz-Fahrleistungen zu erwarten. Dabei ist im betrachteten Straßennetz für den Planfall bedingt durch die größeren Längsneigungen des geplanten Ersatzneubauwerks gegenüber dem Prognosenullfall eine gewisse Zunahme der CO₂-

Gesamtemissionen um knapp 2 % ermittelt (**Tab. A4.1**). Im gesamten Jahresverlauf sind die genannten Zusammenhänge vergleichbar abgeleitet. Dabei wird pro Jahr knapp 100 t Kohlendioxid zusätzlich durch die Planung freigesetzt.

Prognosenullfall	Planfall
13682	13942

Tab. 5.4: Gesamtemissionen in kg/Tag.

Für Hessen sind im „Monitoringbericht 2020 zum Integrierten Klimaschutzplan Hessen“ (HLNUG, 2020) u. a. Angaben über die prognostizierten CO₂-Emissionen für den Verkehrssektor enthalten. Dabei werden für den Verkehrssektor CO₂-Gesamtemissionen für das Jahr 2030 von ca. 11 Mio. t genannt, wovon ca. 95 % aus dem Straßenverkehr stammen. Die oben genannte jährliche Erhöhung von Kohlendioxidemissionen bedingt durch die Planung führt somit zu einer Zunahme von sehr deutlich weniger als 1 Promille der prognostizierten Kohlendioxid-Gesamtemissionen für 2030, die durch den Verkehrssektor in Hessen freigesetzt werden.