

**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**

## **ABSCHÄTZUNG DER WIRKUNG VON DIESELFahrVERBOTEN AN DER ORTSFESTEN MESSSTELLE PARCUSSTRASSE IN MAINZ**

Auftraggeber: Landeshauptstadt Mainz  
Grün- und Umweltamt  
Geschwister-Scholl-Straße 4  
55131 Mainz

Dr. rer. nat. R. Hagemann  
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. T. Flassak

Januar 2019  
Projekt 63831-18-01  
Berichtsumfang 49 Seiten

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<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 .....	6
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungswerte .....	7
<b>4 EINGANGSDATEN</b> .....	<b>8</b>
4.1 Lagedaten.....	8
4.2 Verkehrsdaten .....	11
4.3 Lokale PKW-Flottenzusammensetzung.....	11
4.4 Emissionen .....	15
4.4.1 Betrachtete Schadstoffe .....	15
4.4.2 Methode zur Bestimmung der motorbedingten Emissionsfaktoren .....	15
4.5 Meteorologische Daten.....	18
4.6 Luftmessdaten im Betrachtungsgebiet.....	22
<b>5 AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN DIESELFahrverbote</b> .....	<b>25</b>
5.1 Auswirkungen auf die Emissionen.....	25
5.2 Auswirkungen auf die Immissionen .....	28
<b>6 LITERATUR</b> .....	<b>33</b>
<b>A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION</b> .....	<b>36</b>
<b>A2 IMMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE</b> .....	<b>42</b>

Hinweise:

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**

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 Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf.

### 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 ist. 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.

### Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO<sub>x</sub> mit Geltungsjahr

		<b>Euro 1</b>	<b>Euro 2</b>	<b>Euro 3</b>	<b>Euro 4</b>	<b>Euro 5</b>	<b>Euro 6</b>
<b>PKW</b>	<b>Jahr</b>	<b>1993</b>	<b>1996/97</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2009</b>	<b>2014</b>
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	0.005	0.005
	<b>Jahr</b>	<b>1992</b>	<b>1996</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2009</b>	<b>2014</b>
	NO <sub>x</sub> Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0.18	0.08
	NO <sub>x</sub> Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0.06	0.06
<b>LKW</b>	<b>Jahr</b>	<b>1992/93</b>	<b>1995/96</b>	<b>2000/01</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	<b>Jahr</b>	<b>1992</b>	<b>1998</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
	NO <sub>x</sub> [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Für die Landeshauptstadt Mainz waren u. a. immissionsseitige Wirkungsberechnungen am Standort der ortsfesten Messstelle „Mainz-Parcusstraße“ für die Vorlage eines Konzeptes für Dieselfahrverbote inklusive Wirksamkeitsbetrachtung bezüglich der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte als Fortschreibung des Luftreinhalteplans Mainz erforderlich.

Folgende Fälle bzw. Maßnahmen waren zu betrachten:

- Referenzzustand 2017
- Trendprognose 2019
- Dieselfahrverbotszone „Bleichenviertel“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Innenstadt“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Bleichenviertel“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Innenstadt“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-IV und schlechter

Für die Wirkungsberechnung wurden durch die Landeshauptstadt Mainz Verkehrszählraten zur Verfügung gestellt. Unter Berücksichtigung der aktuellen Emissionsdatenbank für Auspuffemissionen des UBA, HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3 Stand 2017 und auf der Grundlage der für den Bereich um Mainz und Umgebung ermittelten lokalen Fahrzeugflotte wurden mit dem Straßennetzmodell PROKAS die Emissionen und darauf basierend die Immissionen unter Berücksichtigung typisierter Randbebauung (Screeningmodell) berechnet und die Änderungen für die Betrachtungsfälle gegenüber dem Referenzfall aufgezeigt. Betrachtet wurde der Schadstoff NO<sub>2</sub>.

Für den Straßenabschnitt am Standort der ortsfesten Messstelle „Mainz-Parcusstraße“ an der B 40 sowie an weiteren Messstandorten wurden die oben genannten Fälle rechnerisch hinsichtlich der Emissionen und Immissionen betrachtet. In **Abb. 1.1** sind die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für alle betrachteten Szenarien dargestellt. Damit wird entsprechend den Berechnungen bei vergleichbarer Verkehrsstärke am Standort der Messstelle „Mainz-Parcusstraße“ eine Überschreitung der Schwelle der NO<sub>2</sub>-Konzentration von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2019 vermieden, wobei die Schwelle zwar erreicht aber nicht überschritten wird. Weiter ermöglichen mögliche Dieselfahrverbote an der Messstelle „Mainz-Parcusstraße“ eine NO<sub>2</sub>-Konzentration unter 40 µg/m. Bei einem Fahrverbot für Dieselfahrzeuge mit Abgasnorm

Euro-4/EURO-IV und schlechter kann die NO<sub>2</sub>-Konzentration an der Messstelle „Mainz-Parcusstraße“ im Jahresmittel 2019 um 3 % reduziert werden; bei einem Fahrverbot für Dieselfahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter kann die NO<sub>2</sub>-Konzentration im Jahresmittel 2019 um fast 15 % reduziert werden.

Bei einer möglichen Fahrverbotszone für Dieselfahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter ist eine Einhaltung des Grenzwertes für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an allen betrachteten Messstandorten im zentralen Stadtbereich von Mainz prognostiziert. Die Immissionsminderung ist bei einer entsprechenden Ausdehnung einer Fahrverbotszone auch in weiteren Bereichen des zentralen Stadtgebietes wirksam.

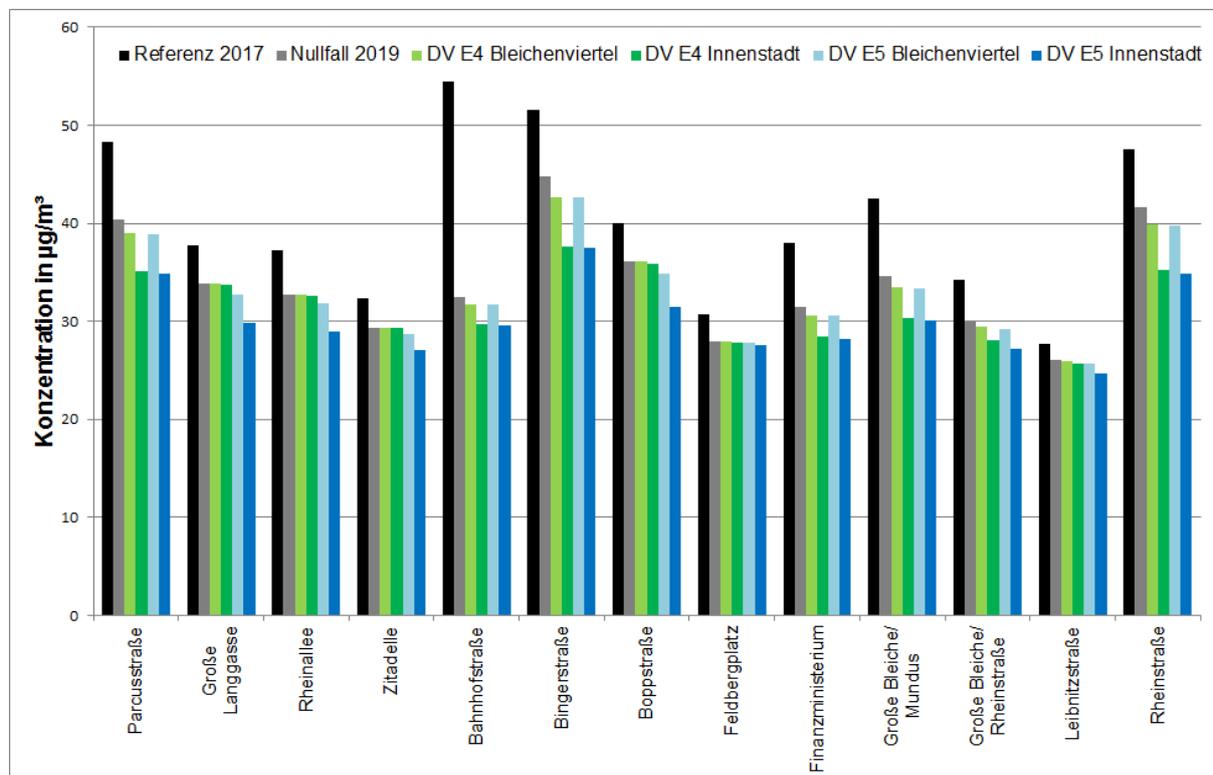


Abb. 1.1: Berechnete NO<sub>2</sub>-Immissionen an der Messstation „Mainz-Parcusstraße“ und weiteren Messstandorten in Mainz für die Szenarien

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Für die Landeshauptstadt Mainz fordert das Verwaltungsgericht Mainz die Vorlage eines Konzeptes für Dieselfahrverbote inklusive Wirksamkeitsbetrachtung bezüglich der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte als Fortschreibung des Luftreinhalteplans Mainz. Hierfür sind u. a. immissionsseitige Wirkungsberechnungen durchzuführen.

Die immissionsseitige Wirkung der geplanten Dieselfahrverbote ist für den Standort der ortsfesten Messstelle „Mainz Parcusstraße“ an der B 40 aufzuzeigen. Basierend auf den Immissionsberechnungen für den Referenzfall erfolgen Immissionsmodellierungen für den zu betrachtenden Prognosehorizont und Maßnahmen sowie vergleichende Darstellungen. Ein mögliches Dieselfahrverbot soll spätestens dann in Betracht gezogen werden, wenn bis zum 30.6.2019 der 6-Monatsmittelwert der NO<sub>2</sub>-Immissionen an der Messstation „Mainz Parcusstraße“ den Konzentrationswert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> überschreitet. Die Einführung des Dieselfahrverbots ist dabei spätestens zum 01.09.2019 geplant.

Es sollten Maßnahmen betrachtet werden, die einen Weg zur dauerhaften Grenzwerteinhalten ermöglichen.

Folgende Fälle bzw. Maßnahmen sind zu betrachten:

- Referenzzustand 2017
- Trendprognose 2019
- Dieselfahrverbotszone „Bleichenviertel“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Innenstadt“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Bleichenviertel“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-IV und schlechter
- Dieselfahrverbotszone „Innenstadt“  
für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-IV und schlechter

### 3 VORGEHENSWEISE

Aus fachlicher Sicht steht die Ermittlung und Einschätzung der Minderung der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen und dementsprechend die Verringerung der verkehrsbedingten Stickoxidemissionen für vorgesehene Dieselfahrverbote in Mainz im Vordergrund.

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung ist zu prüfen, in welcher Intensität durch die geplanten Maßnahmen die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verringert werden können. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV (2010).

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf den v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoff Stickstoffdioxid. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>, Feinstaub PM<sub>2.5</sub> und Kohlenmonoxid CO aufgrund der Emissionswerte und der derzeitigen Luftkonzentrationen von untergeordneter Bedeutung; für PM<sub>10</sub> wurden in den letzten Jahren keine hohen Konzentrationen erfasst. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

#### 3.1 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren PROKAS ermöglicht die Berücksichtigung des detaillierten Straßennetzes und der typisierten Randbebauung in Form eines Screeningmodells und einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik.

Auf der Grundlage der durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden unter Berücksichtigung der Informationen des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

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 sowie der typisiert berücksichtigten Randbebauung werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A1) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngößen 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 Messstandorten abgeschätzt.

### 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungswerte

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>, dargestellt. Der NO<sub>2</sub>-Kurzzeitwert wird in Mainz seit Jahren entsprechend den Messdaten nicht erreicht und nicht überschritten und in dieser Untersuchung nicht weiter behandelt. In dieser Ausarbeitung beschränkt sich die Betrachtung damit auf die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte.

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)

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

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

## 4 EINGANGSDATEN

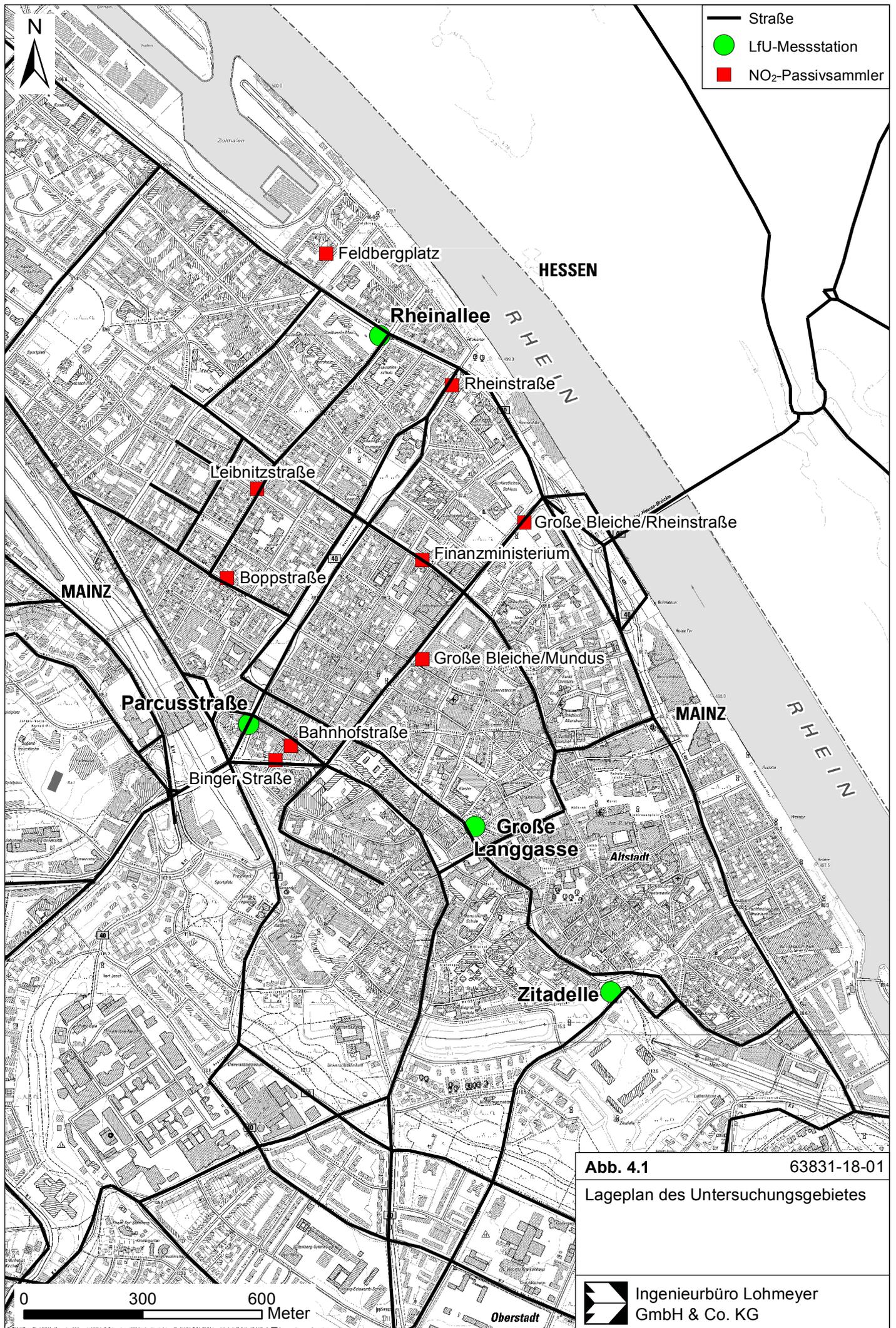
Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die Verkehrsdaten von der Landeshauptstadt Mainz als Verkehrsangaben basierend auf Zählraten übergeben. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

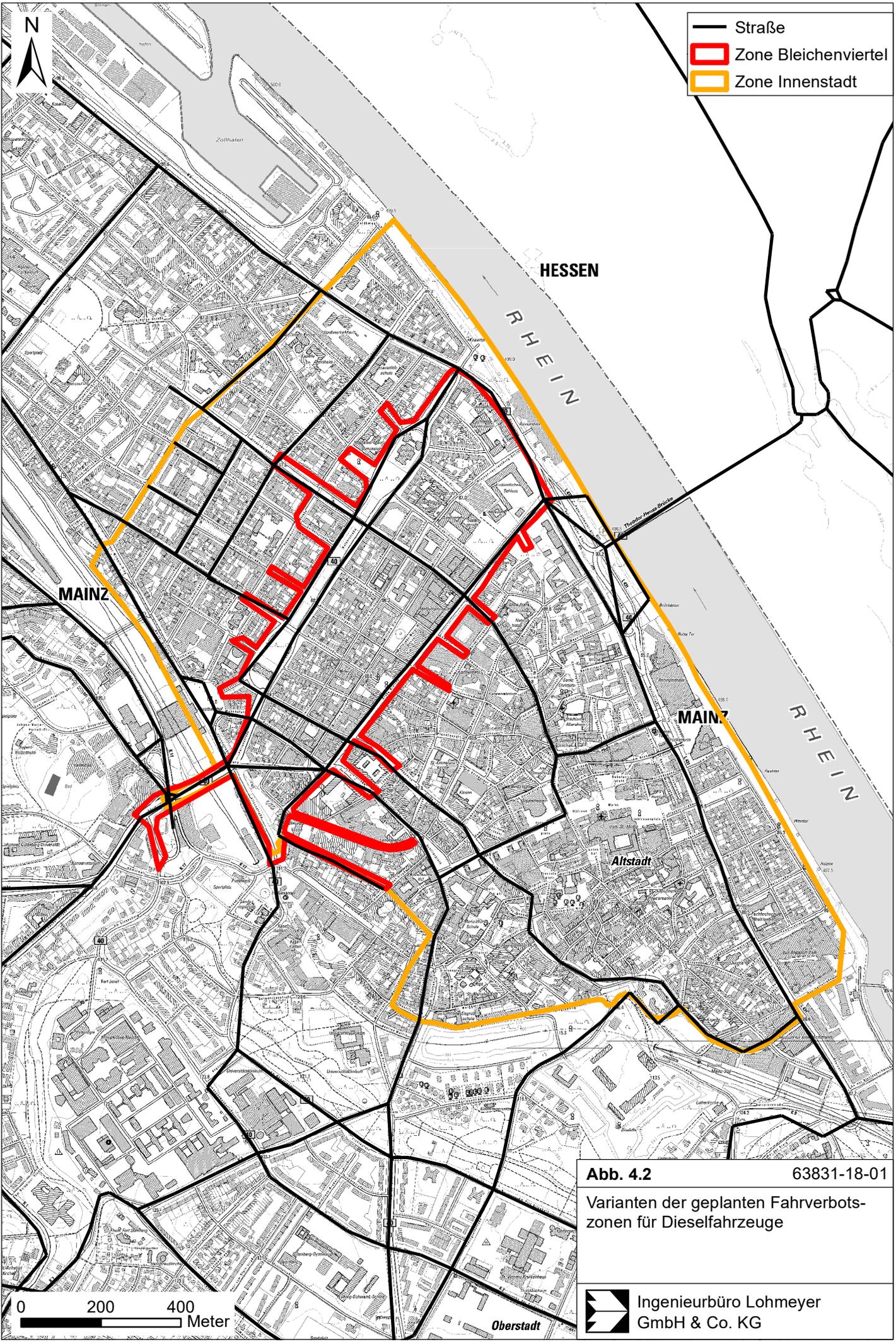
### 4.1 Lagedaten

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt. Durch das Untersuchungsgebiet verläuft der Rhein von südöstlicher in nordwestliche Richtung. Das Untersuchungsgebiet umfasst den zentralen Stadtbereich von Mainz und ist überwiegend in ebenem Gelände gelegen, das in westlicher Richtung leicht ansteigt. Rechtsrheinisch schließt der Landesbereich von Hessen an.

Im Untersuchungsgebiet betreibt das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP) die Messstationen „Mainz Parcusstraße“, „Mainz Große Langgasse“, „Mainz Rheinallee“ und „Mainz Zitadelle“. Die Lage der Messstationen im Untersuchungsgebiet ist in **Abb. 4.1** gekennzeichnet. Weiter führt das LfU RLP NO<sub>2</sub>-Messungen mittels Passivsammlern an ausgewählten Standorten im Stadtgebiet durch.

Aufgrund mehrjähriger deutlichen Überschreitungen des Grenzwertes für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an der Messstation „Mainz Parcusstraße“ wird ein Dieselfahrverbot in Betracht gezogen. Die möglichen Dieselfahrverbotszonen „Bleichenviertel“ und „Innenstadt“ sind in **Abb. 4.2** dargestellt. Die Fahrverbotszone „Bleichenviertel“ umfasst den nördlichen Teil des Mainzer Ortsbezirkes Altstadt, die größere Fahrverbotszone „Innenstadt“ umfasst fast den gesamten Teil des Ortsbezirkes Altstadt sowie den südöstlichen Teil des Ortsbezirkes Neustadt und einen kleinen Bereich im Nordosten des Bezirkes Oberstadt.





- Straße
- Zone Bleichenviertel
- Zone Innenstadt

**Abb. 4.2** 63831-18-01

Varianten der geplanten Fahrverbotszonen für Dieselfahrzeuge

0 200 400  
Meter

Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

## 4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden in Form ausgewerteter Zählraten an Dauerzählstellen als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV in Kfz/24h) zur Verfügung gestellt. Weiter wurden ausgewertete Zählraten an Einzelzählstellen in Form von durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken und des LKW-(SV)-Anteils bereitgestellt. Die Zählraten wurden mit Angaben aus Lohmeyer (2012) ergänzt.

Die Verkehrsbelegungsdaten sind im Überblick in **Abb. 4.3** dargestellt.

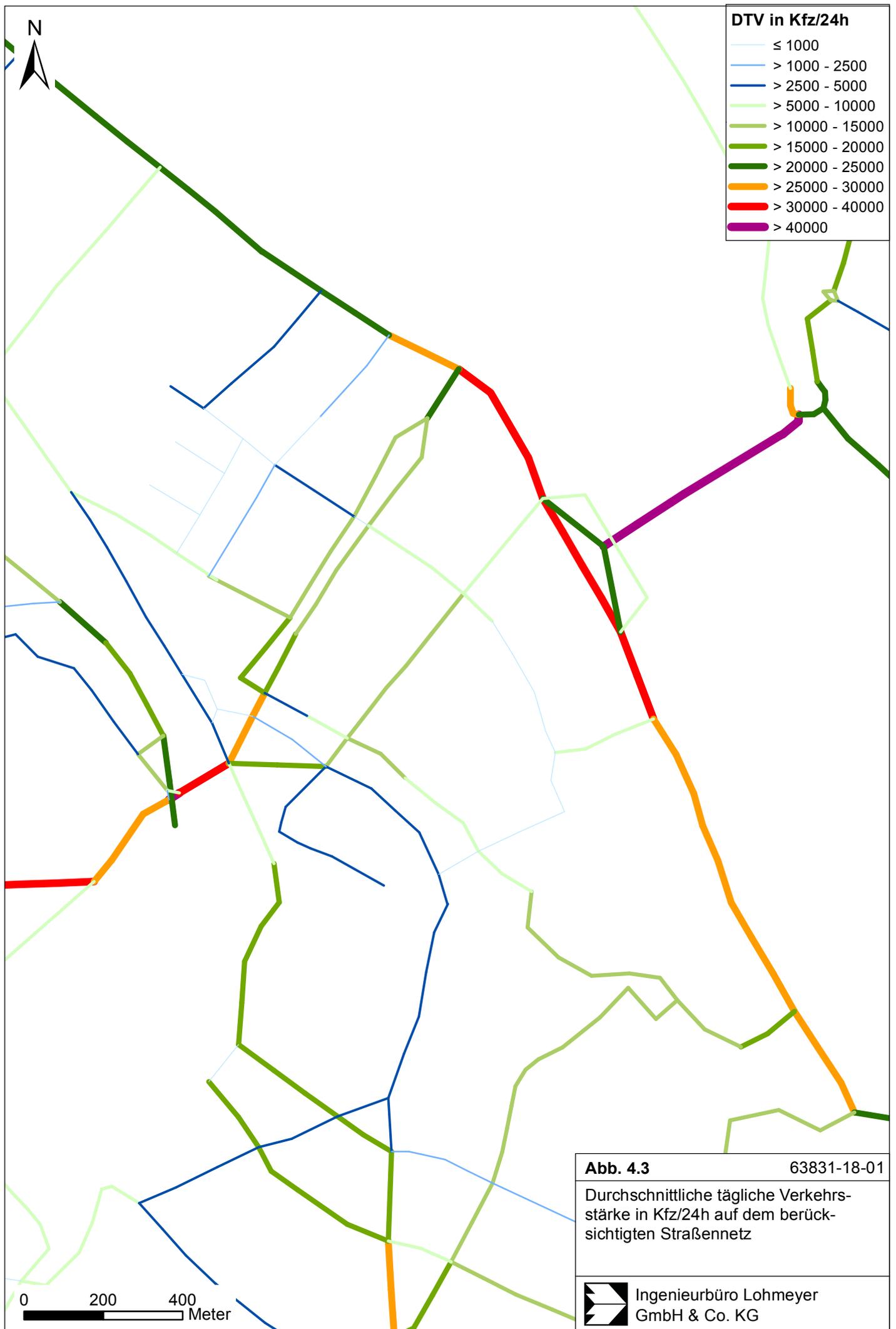
Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen herangezogen.

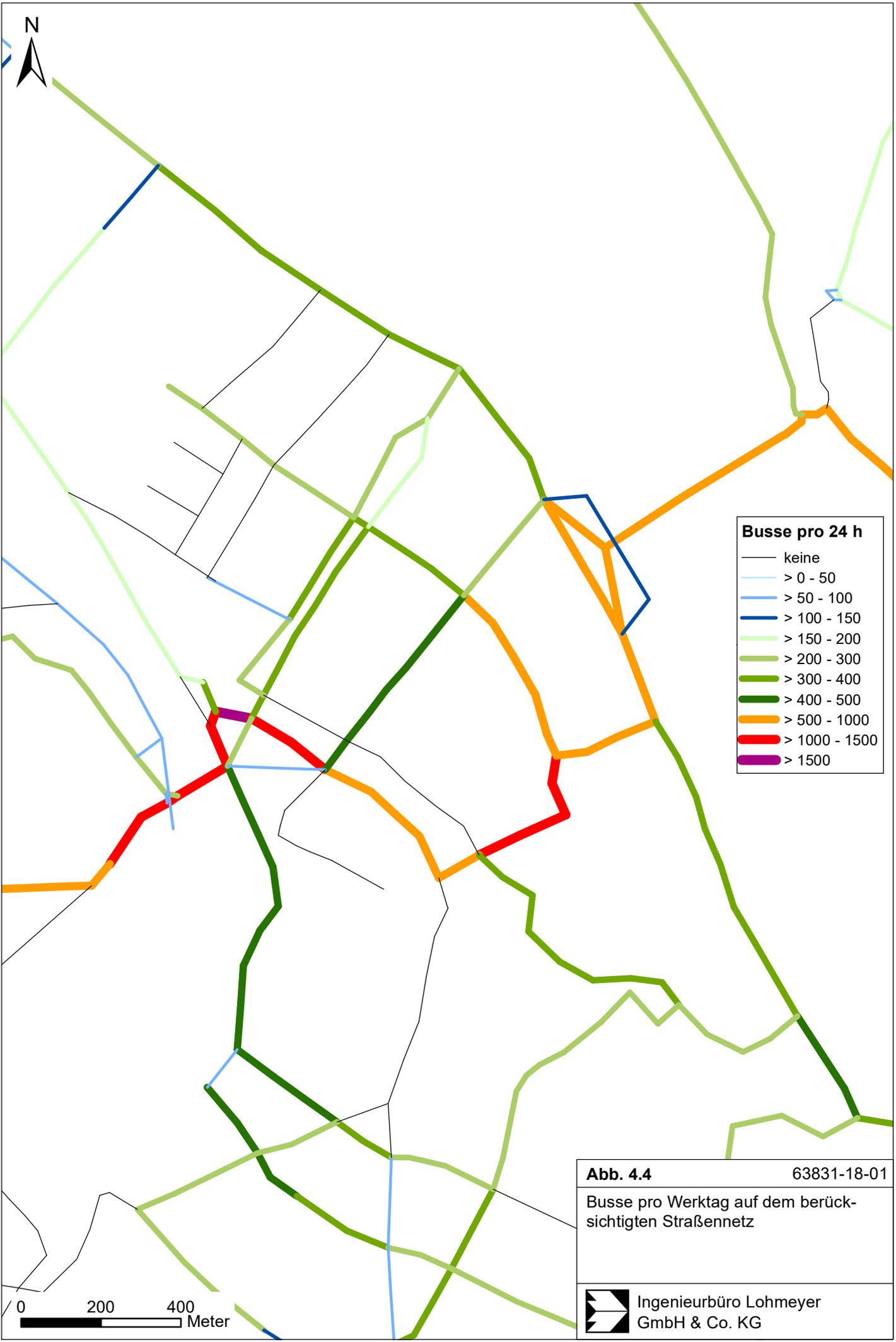
Für die Linienbusse wurden die Fahrpläne ausgewertet und den Straßenabschnitten als Angabe der werktäglichen Linienbusfahrten zugeordnet. Diese sind im Überblick in **Abb. 4.4** dargestellt (die Legende für die Linienbusfahrten weicht von der für den Kfz-Verkehr trotz vergleichbarer Farbgebung ab).

Die für den Referenzzustand genannten Verkehrsbelegungsdaten werden unverändert für das Referenzjahr 2017 und das Prognosejahr 2019 angesetzt.

## 4.3 Lokale PKW-Flottenzusammensetzung

Aus den Fahrzeugzulassungsstatistiken des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) wurden exemplarisch für das Jahr 2017 die gemeldete PKW-Flottenzusammensetzung für Mainz-Stadt, Bad Kreuznach, Rhein-Hunsrück, Rhein-Lahn, Worms-Stadt, Alzey-Worms, Donnersbergkreis und Mainz-Bingen ausgelesen. Nach dem mit einigen Kennzeichenerfassungen an Hauptverkehrsstraßen in Städten wie Düsseldorf und Köln im Rahmen der Luftreinhalteplanung festgestellt wurde, dass etwa die Hälfte der verkehrenden Fahrzeuge das entsprechende örtliche Kennzeichen aufwies, wird ein beträchtlicher Anteil der Fahrten durch auswärtige Fahrzeughalter getätigt, wie z. B. Pendler etc. Dementsprechend wird die Kfz-Flottenzusammensetzung der Stadt Mainz um die Verteilung derjenigen der umliegenden bzw. benachbarten Kreise Bad Kreuznach, Rhein-Hunsrück, Rhein-Lahn, Worms-Stadt, Alzey-Worms, Donnersbergkreis und Mainz-Bingen sowie des hessischen Regierungsbezirkes Darmstadt erweitert. Diese sind in **Abb. 4.5** aufgezeigt. Damit wird die örtliche Kfz-Flottenzusammensetzung herangezogen und in Anlehnung an die Vorgehensweise in HBEFA auf eine dynamische Flottenzusammensetzung, d.h. die auf den Hauptverkehrsstraßen verkehrende Flotte übertragen.





**Abb. 4.4** 63831-18-01  
 Busse pro Werktag auf dem berücksichtigten Straßennetz

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

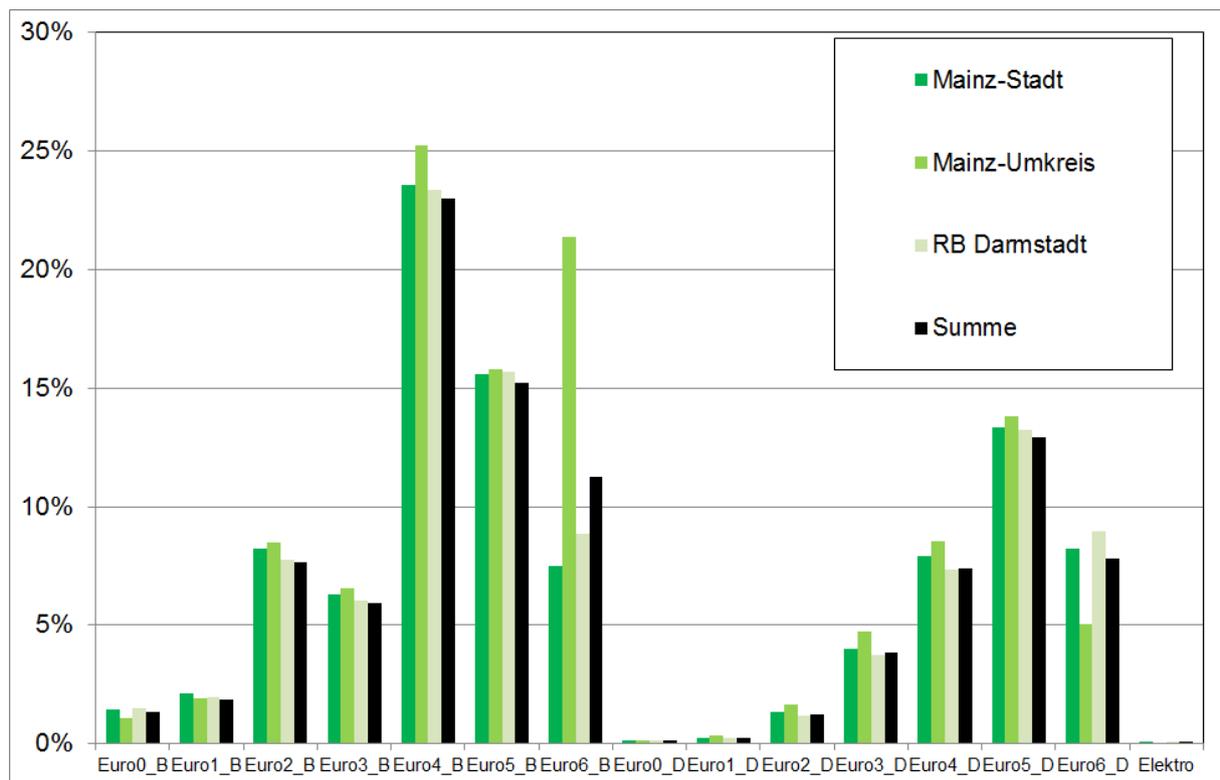


Abb. 4.5: PKW-Flottenzusammensetzung 2017 entsprechend Fahrzeugzulassungen für Mainz und Umgebung (Quelle: KBA, 2017)

Für die Linienbusse wurden Angaben über die eingesetzten Fahrzeuge durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Das ist die Nennung von 23 Bussen mit EURO-II bis EURO-III Motoren, 97 Bussen mit EURO-IV bis EEV Motoren und 20 Bussen mit EURO-VI Motoren. Aus diesen Angaben wurde unter Berücksichtigung der Flottenzusammensetzung der Linienbusse in Deutschland in HBEFA die in **Abb. 4.6** dargestellte Zusammensetzung der Linienbusflotte für das Referenzjahr 2017 abgeleitet. Durch Modernisierung, d. h. Austausch älterer Fahrzeuge, sowie der Umrüstung der Abgasnachbehandlungssysteme bestehender Fahrzeuge setzt sich im Prognosejahr 2019 die Busflotte gemäß den Angaben des Auftraggebers vollständig aus EURO-VI Fahrzeugen zusammen.

Die Flottenzusammensetzung der anderen Fahrzeuggruppen (z. B. leichte oder schwere Nutzfahrzeuge) wird aus HBEFA übernommen.

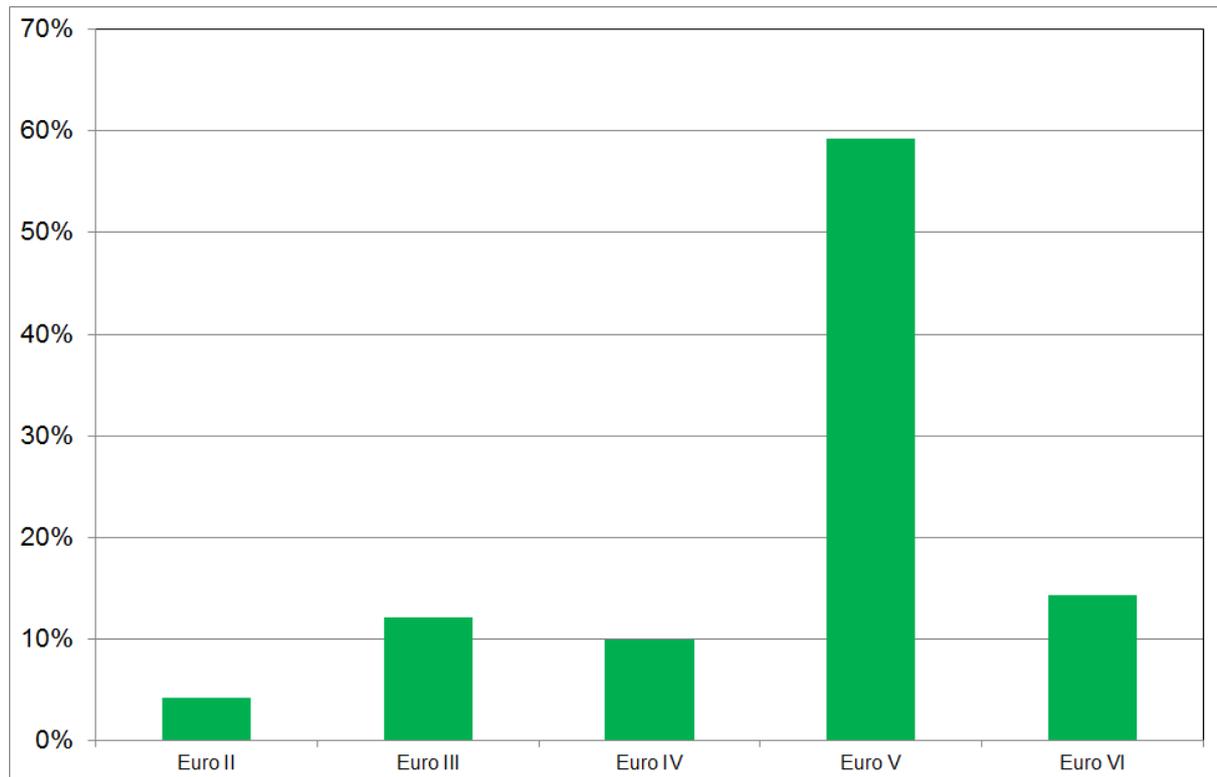


Abb. 4.6: Zusammensetzung der Linienbusflotte für Mainz

## 4.4 Emissionen

### 4.4.1 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  $\text{NO}_2$  erreicht, weshalb für Mainz  $\text{NO}_2$  betrachtet wird. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Feinstaub (PM10 und PM2.5), Benzol,  $\text{SO}_2$ , CO, Blei, etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten in Mainz deutlich geringer und werden deshalb hier nicht betrachtet.

### 4.4.2 Methode zur Bestimmung der motorbedingten 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 Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) für die Bezugsjahre des Referenzjahres 2017 und des Prognosejahres 2019 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 jeweils zu betrachtende Bezugsjahr der dynamischen Flottenzusammensetzung wie oben beschrieben entnommen und mit den spezifischen Emissionsangaben des HBEFA3.3 verbunden. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Die Längsneigung der Straßen wird aus 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 für das Untersuchungsgebiet folgende Verkehrssituationen herangezogen:

AO-FernN100:	Außerörtliche Fernstraße, Tempolimit 100 km/h
IOS-HVS70:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
IOS-HVS60:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h
IOS-HVS50:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-HVS50d:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50g:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IOS-NS40:	Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 40 km/h
IOS-NS30:	Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

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 Mainz die an der Messstation Mainz-Lerchenberg (ZDF) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erfassten stündlichen Zeitreihen der Lufttemperatur im Zeitraum 2009 bis 2017 (Quelle DWD) mit einer mittleren Lufttemperatur von 10.9°C.

In **Tab. 4.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für motorbedingte NO<sub>x</sub>-Emissionen sowie direkte motorbedingte NO<sub>2</sub>-Emissionen (NO<sub>2</sub> direkt) für 2017 und in **Tab. 4.2** für 2019 unter Berücksichtigung der lokalen Fahrzeugflottenzusammensetzung aufgeführt. Die entsprechenden Emissionsfaktoren der Linienbusse sind in **Tab. 4.3** aufgeführt. In **Tab. 4.4** und in **Tab. 4.5** sind die Emissionsfaktoren für 2019 für ein Dieselfahrverbot im Bereich der geplanten Fahrverbotszonen für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter bzw. mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter aufgeführt; dabei wurde eine Ausnahmeregelung von 20 % angesetzt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2017			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt	
		LV	SV	LV	SV
AOS-FernN100	95.1	0.322	1.251	0.1027	0.1586
IOS-HVS50	44.9	0.367	2.619	0.1110	0.3425
IOS-HVS50_2	44.9	0.392	2.437	0.1207	0.3652
IOS-HVS50_4	44.9	0.447	2.333	0.1385	0.3565
IOS-HVS50_6	44.9	0.534	2.554	0.1671	0.3735
IOS-HVS50d	37.0	0.405	3.213	0.1234	0.4105
IOS-HVS50d_2	37.0	0.419	3.001	0.1280	0.4293
IOS-HVS50d_4	37.0	0.458	2.860	0.1406	0.4362
IOS-HVS50d_6	37.0	0.528	2.899	0.1637	0.4323
IOS-HVS50g	30.8	0.465	3.442	0.1424	0.4559
IOS-HVS60	52.0	0.364	2.047	0.1112	0.2638
IOS-HVS70	66.2	0.361	1.711	0.1111	0.2182
IOS-HVS70_2	66.2	0.390	1.862	0.1206	0.2432
IOS-NS30	30.9	0.541	4.591	0.1555	0.6262
IOS-NS30_2	30.9	0.558	4.294	0.1620	0.6313
IOS-NS30_4	30.9	0.597	3.923	0.1758	0.6149
IOS-NS30_6	30.9	0.663	3.734	0.1976	0.5810
IOS-NS40	36.8	0.412	3.275	0.1147	0.4230

Tab. 4.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2017

#### 4.5 Meteorologische Daten

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

In der direkten Umgebung des Untersuchungsgebietes wurden durch das LfU RLP Windmessdaten im Bereich der Laubenheimer Höhe erfasst. Aus den Messdaten im Zeitraum zwischen 2007 und 2010 wurde die in **Abb. 4.7** aufgezeigte Windrose abgeleitet. Als Hauptwindrichtung sind Winde aus westsüdwestlicher Richtung abgeleitet, eine weitere Häufung tritt für nordöstliche bis östliche Windrichtungen auf. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit wurde in Messhöhe (6 m) mit ca. 2.2 m/s erfasst. Diesen Messdaten wurden für den genannten Zeitraum durch den DWD Ausbreitungsklassen basierend auf Bewölkungszeitreihen zugeordnet, die durch unser Büro in eine Ausbreitungsklassenstatistik überführt wurden.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2019			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2direkt</sub>	
		LV	SV	LV	SV
AOS-FernN100	95.1	0.292	0.773	0.0919	0.1020
IOS-HVS50	44.9	0.333	1.492	0.0998	0.1830
IOS-HVS50_2	44.9	0.355	1.470	0.1079	0.2251
IOS-HVS50_4	44.9	0.411	1.366	0.1258	0.2094
IOS-HVS50_6	44.9	0.493	1.452	0.1523	0.2061
IOS-HVS50d	37.0	0.366	1.875	0.1103	0.2291
IOS-HVS50d_2	37.0	0.382	1.833	0.1153	0.2684
IOS-HVS50d_4	37.0	0.419	1.784	0.1272	0.2837
IOS-HVS50d_6	37.0	0.485	1.722	0.1485	0.2578
IOS-HVS50g	30.8	0.422	1.993	0.1279	0.2534
IOS-HVS60	52.0	0.332	1.186	0.1003	0.1443
IOS-HVS70	66.2	0.333	1.002	0.1011	0.1213
IOS-HVS70_2	66.2	0.358	1.092	0.1095	0.1365
IOS-NS30	30.9	0.491	2.622	0.1392	0.3449
IOS-NS30_2	30.9	0.505	2.587	0.1445	0.3890
IOS-NS30_4	30.9	0.541	2.480	0.1568	0.4118
IOS-NS30_6	30.9	0.603	2.281	0.1770	0.3681
IOS-NS40	36.8	0.371	1.841	0.1017	0.2190

Tab. 4.2: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2019

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km]			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (Linienbus)	2017		2019	
		NO <sub>x</sub>	NO <sub>2direkt</sub>	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2direkt</sub>
AOS-FernN100	81.0	2.964	0.6697	0.184	0.0515
IOS-HVS50	39.8	5.824	1.3111	0.308	0.0861
IOS-HVS50_2	39.8	5.976	1.3465	0.345	0.0966
IOS-HVS50_4	39.8	6.119	1.3854	0.459	0.1285
IOS-HVS50_6	39.8	6.645	1.5160	0.791	0.2214
IOS-HVS50d	30.1	6.494	1.4600	0.380	0.1063
IOS-HVS50d_2	30.1	6.536	1.4700	0.405	0.1133
IOS-HVS50d_4	30.1	6.518	1.4734	0.484	0.1357
IOS-HVS50d_6	30.1	7.067	1.6093	0.740	0.2073
IOS-HVS50g	28.7	7.663	1.7190	0.432	0.1208
IOS-HVS60	49.4	4.071	0.9160	0.237	0.0663
IOS-HVS70	56.9	2.975	0.6729	0.195	0.0546
IOS-HVS70_2	56.9	3.504	0.7889	0.232	0.0649
IOS-NS30	22.0	11.349	2.5379	0.675	0.1891
IOS-NS30_2	22.0	10.713	2.4045	0.780	0.2184
IOS-NS30_4	22.0	9.903	2.2420	1.205	0.3374
IOS-NS30_6	22.0	10.114	2.3083	1.683	0.4712
IOS-NS40	29.4	7.343	1.6389	0.457	0.1279

Tab. 4.3: Emissionsfaktoren in g/km je Linienbus für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für die Bezugsjahre 2017 und 2019

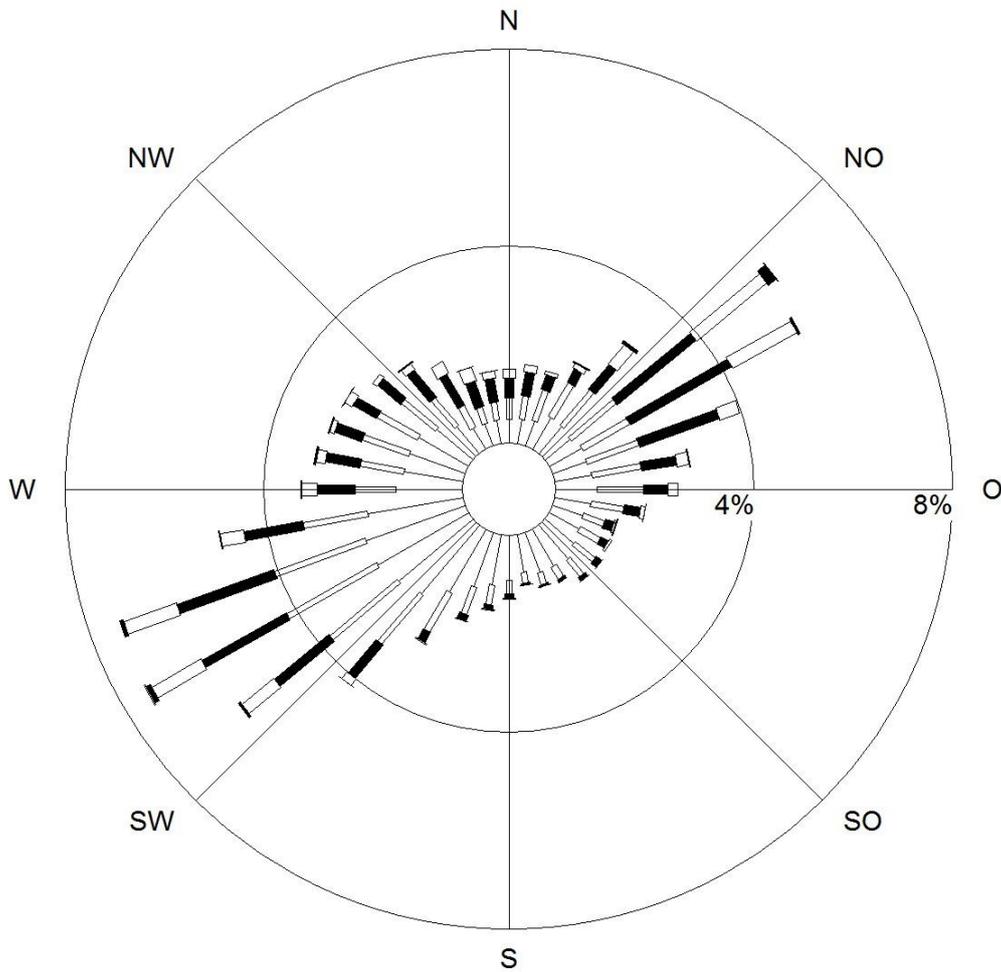
Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] in 2019			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	44.9	0.310	1.236	0.090	0.169
IOS-HVS50_2	44.9	0.329	1.219	0.096	0.216
IOS-HVS50_4	44.9	0.383	1.051	0.114	0.194
IOS-HVS50_6	44.9	0.458	1.045	0.137	0.181
IOS-HVS50d	37.0	0.339	1.580	0.098	0.214
IOS-HVS50d_2	37.0	0.355	1.539	0.103	0.257
IOS-HVS50d_4	37.0	0.390	1.444	0.114	0.270
IOS-HVS50d_6	37.0	0.450	1.295	0.133	0.235
IOS-HVS50g	30.8	0.391	1.688	0.114	0.239
IOS-NS30	30.9	0.456	2.272	0.123	0.330
IOS-NS30_2	30.9	0.469	2.241	0.127	0.379
IOS-NS30_6	30.9	0.559	1.817	0.156	0.347

Tab. 4.4: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Bereich der geplanten Dieselfahrverbotszonen für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter für das Bezugsjahr 2019

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] in 2019			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	44.9	0.241	0.586	0.060	0.117
IOS-HVS50_2	44.9	0.253	0.820	0.064	0.192
IOS-HVS50_4	44.9	0.298	0.724	0.077	0.168
IOS-HVS50_6	44.9	0.356	0.644	0.094	0.140
IOS-HVS50d	37.0	0.261	0.744	0.065	0.149
IOS-HVS50d_2	37.0	0.277	0.962	0.069	0.220
IOS-HVS50d_4	37.0	0.304	1.033	0.077	0.246
IOS-HVS50d_6	37.0	0.350	0.863	0.091	0.197
IOS-HVS50g	30.8	0.303	0.844	0.076	0.175
IOS-NS30	30.9	0.371	1.190	0.083	0.255
IOS-NS30_2	30.9	0.376	1.437	0.084	0.335
IOS-NS30_6	30.9	0.444	1.304	0.105	0.311

Tab. 4.5: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Bereich der geplanten Dieselfahrverbotszonen für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter für das Bezugsjahr 2019

## Windverteilung in Prozent



Station	: Laubenheim	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Windgeschw.	: 2.2 m/s	I : 15.4 %	▬	1.4 bis 2.3 m/s
		II : 25.0 %	▬	2.4 bis 3.8 m/s
		III/1 : 32.1 %	▬	3.9 bis 6.9 m/s
		III/2 : 13.2 %	▬	7.0 bis 10 m/s
		IV : 9.4 %	▬	größer 10 m/s
		V : 5.0 %	▬	

Abb. 4.7: Windrose für den Standort Laubheimer Höhe in Mainz (Quelle: LfU RLP)

#### 4.6 Luftmessdaten im Betrachtungsgebiet

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 auch ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz betreibt das Luftüberwachungssystem ZIMEN. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LfU RLP, 2009 – 2018). Die Kenngrößen für das Jahr 2018 sind derzeit noch nicht veröffentlicht.

Die vorliegenden Daten für die in Mainz gelegenen Stationen sind in **Tab. 4.6** aufgeführt. An zwei Messstationen, die verkehrsnah an der Parcusstraße und der Großen Langgasse gelegenen sind, wurde der in der 39. BImSchV genannte Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in den vergangenen zehn Jahren erreicht und überschritten; an der Messstation Mainz-Parcusstraße sind diese Überschreitungen durch die Lage an einer mehrspurigen Hauptverkehrsstraße mit angrenzender mehrgeschossiger Blockrandbebauung besonders deutlich. Ebenfalls verkehrsnah gelegen sind die Messstationen Mainz-Rheinallee und Mainz-Zitadelle. Damit verbunden ist die entsprechende Beeinflussung durch verkehrsbedingte Stickoxidbeiträge, wobei an der Station Mainz-Zitadelle seit 2011 und an der Station Mainz-Rheinallee seit 2015 keine Überschreitungen des Grenzwerts für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte festgestellt werden. Die in Mombach gelegene Messstation ist nicht direkt an einer Hauptverkehrsstraße in einem Wohngebiet gelegen und ist entsprechend gering durch verkehrsbedingte Stickoxidbeiträge beeinflusst.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o.a. 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 2019 zeigen Abschätzungen (RLuS, 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der NO<sub>2</sub>-Immissionen um ca. 6 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Mainz-Goetheplatz	Mainz-Große Langgasse	Mainz-Mombach	Mainz-Parcusstraße	Mainz-Rheinallee	Mainz-Zitadelle
NO <sub>2</sub> Jahresmittel	2008	32	41	26	53	41	38
	2009	35	46	29	61	47	40
	2010	36	45	28	61	45	41
	2011	34	46	28	56	45	40
	2012	33	44	27	56	42	37
	2013	-	42	26	58	41	37
	2014	-	43	25	57	43	38
	2015	-	45	23	57	40	39
	2016	-	42	24	53	39	36
	2017	-	42	23	48	36	33

Tab. 4.6: Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Messdaten in µg/m<sup>3</sup> an Messstationen in Mainz (LfU RLP, 2009-2017)

Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen, auf eine Reduktion der Werte wird daher verzichtet.

Aus den verfügbaren Messdaten in Mainz wird der Hintergrundbelastungswert der **Tab. 4.7** für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert abgeleitet. Bei der Ableitung wurde beachtet, dass im Untersuchungsgebiet die wesentlichen Beiträge der Hauptverkehrsstraßen in den Berechnungen berücksichtigt werden.

Schadstoff	Hintergrundbelastung in µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> -Jahresmittel	21

Tab. 4.7: Hintergrundbelastungswert im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2017/2019).

Neben den genannten Standorten werden im Stadtgebiet von Mainz an weiteren Standorten NO<sub>2</sub>-Messungen mittels Passivsammlern durch das LfU RLP durchgeführt. Dies umfasst Messungen an Standorten mit deutlichen verkehrsbedingten Beiträgen wie an Hauptverkehrsstraßen sowie an Standorten an Nebenstraßen mit entsprechend geringeren Verkehrsbeiträgen. Die an ausgewählten Standorten so abgeleiteten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind in **Tab. 4.8** aufgezeigt. Bei einer deutlichen Beeinflussung durch den Straßenverkehr treten auch an diesen Standorten Konflikte mit dem Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte auf, in der Bahnhofstraße wird der Grenzwert deutlich überschritten. Mit Ausnahme des Standortes

Standort	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
Bahnhofstraße	52	53	55	53	-	54
Binger Str.	53	55	56	52	59	46
Boppstraße	44	44	41	41	41	38
Feldbergplatz	33	34	32	29	31	29
Finanzministerium	41	39	37	35	37	35
Gr.Bleiche/Mundus	46	48	43	43	42	39
Gr.Bleiche/Rheinstr.	46	48	43	40	42	40
Hintere Bleiche	38	38	36	34	35	32
Konrad-Adenauer-Ufer	31	31	27	27	28	27
Leibnitzstraße	36	33	30	29	30	29
Rheinstraße	55	56	53	51	50	49

Tab. 4.8: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Standorten mit  $\text{NO}_2$ -Passivsammlern in Mainz (Quelle: LfU RLP); \*Mittelwert entspricht dem 12-Monatsmittel im Zeitraum September 2017 bis August 2018

in der Bahnhofstraße weisen die erfassten  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in ihrer zeitlichen Entwicklung eine Verringerung der  $\text{NO}_2$ -Immissionen auf, wobei auch die im Zeitraum September 2017 bis August 2018 erfassten 12-Monatsmittelwerte zum Teil weiterhin den Grenzwert für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte erreichen und deutlich überschreiten.

In der vorliegenden Untersuchung werden neben den im zentralen Stadtbereich von Mainz gelegenen ZIMEN-Messstandorten auch die Standorte mit  $\text{NO}_2$ -Passivsammlern hinsichtlich der Minderungswirkung geplanter Dieselfahrverbote berücksichtigt, insoweit für diese Standorte Verkehrsbelegungsdaten zur Verfügung standen. Das sind die in **Abb. 4.1** dargestellten Messstandorte.

## 5 AUSWIRKUNGEN DER GEPLANTEN DIESELFahrVERBOTE

### 5.1 Auswirkungen auf die Emissionen

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für die Straßen in Mainz berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf den Bereich der verkehrsnahen Messstation „Mainz Parcusstraße“ an der B 40.

Ausgehend von den in Kap. 4 aufgeführten Emissionsfaktoren für den Bestand im Referenzjahr (2017) und der zeitliche Entwicklung der Flottenzusammensetzung werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für das Prognosejahr 2019 ohne Dieselfahrverbote aufgeführt. Weiter werden die Auswirkungen eines möglichen Dieselfahrverbotes im Prognosejahr 2019 für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter bzw. mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter aufgezeigt; dabei wird an dieser Stelle nicht nach der Größe der Fahrverbotszone differenziert, da die Parcusstraße sowohl im Fall Dieselfahrverbotszone „Bleichenviertel“ als auch im Fall Dieselfahrverbotszone „Innenstadt“ von einem entsprechenden Dieselfahrverbot betroffen ist.

Die Ergebnisse für die berechneten  $\text{NO}_x$ -Emissionen und die motorbedingten direkten  $\text{NO}_2$ -Emissionen sind in **Abb. 5.1** dargestellt und ausgedrückt als Emissionsdichten in Milligramm pro Meter und Sekunde ( $\text{mg}/(\text{m s})$ ) über den Straßenquerschnitt. In **Abb. 5.2** ist jeweils die relative Entwicklung der Emissionen bezogen auf den Referenzzustand 2017 als Prozentangabe aufgetragen.

Danach führt die zeitliche Entwicklung der Kfz-Flottenzusammensetzung sowie die Modernisierung und Umrüstung der Linienbusflotte bei vergleichbarer Verkehrsstärke zu einer Verringerung der verkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ -Emissionen (**Abb. 5.1**, in **Tab. 5.1** sind die entsprechenden Zahlenwerte aufgeführt). Für 2019 ist eine Verringerung um ca. 23% gegenüber dem Referenzfall 2017 in der Parcusstraße berechnet. Bei Einführung eines Dieselfahrverbotes können im Verbotsfall für Fahrzeuge mit der Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter Verringerungen der  $\text{NO}_x$ -Emissionen um ca. 30 % und im Verbotsfall für Fahrzeuge mit der Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter erhebliche Verringerungen der Emissionen um ca. 45% im Jahr 2019 erzielt werden (dabei wurden pauschal 20% Ausnahmeregelungen für betroffene Fahrten berücksichtigt, also keine vollständige Befolgung).

Für direkte  $\text{NO}_2$ -Emissionen sind die Berechnungsergebnisse in **Abb. 5.1** und als relative Änderungen in **Abb. 5.2** dargestellt (in **Tab. 5.1** sind die entsprechenden Zahlenwerte aufgeführt). Die Emissionsminderungen umfassen für 2019 eine Verringerung um ca. 20% und mit Einführung eines Dieselfahrverbotes um ca. 30% bis 50% gegenüber dem Referenzfall 2017.

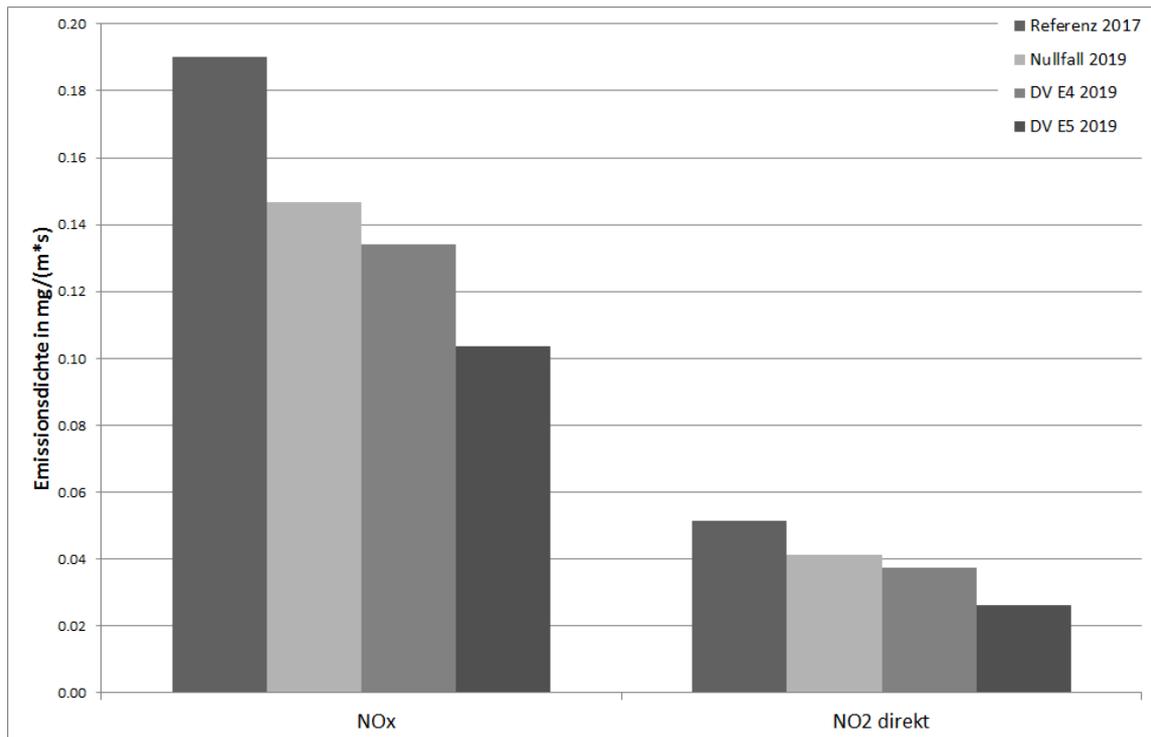


Abb. 5.1:  $\text{NO}_x$ - und direkte  $\text{NO}_2$ -Emissionen an der Parcusstraße (B 40) in Mainz für die Jahre 2017 und 2019 sowie für eine mögliche Einführung eines Dieselfahrverbotes (DV) für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter (E4) bzw. mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter (E5)

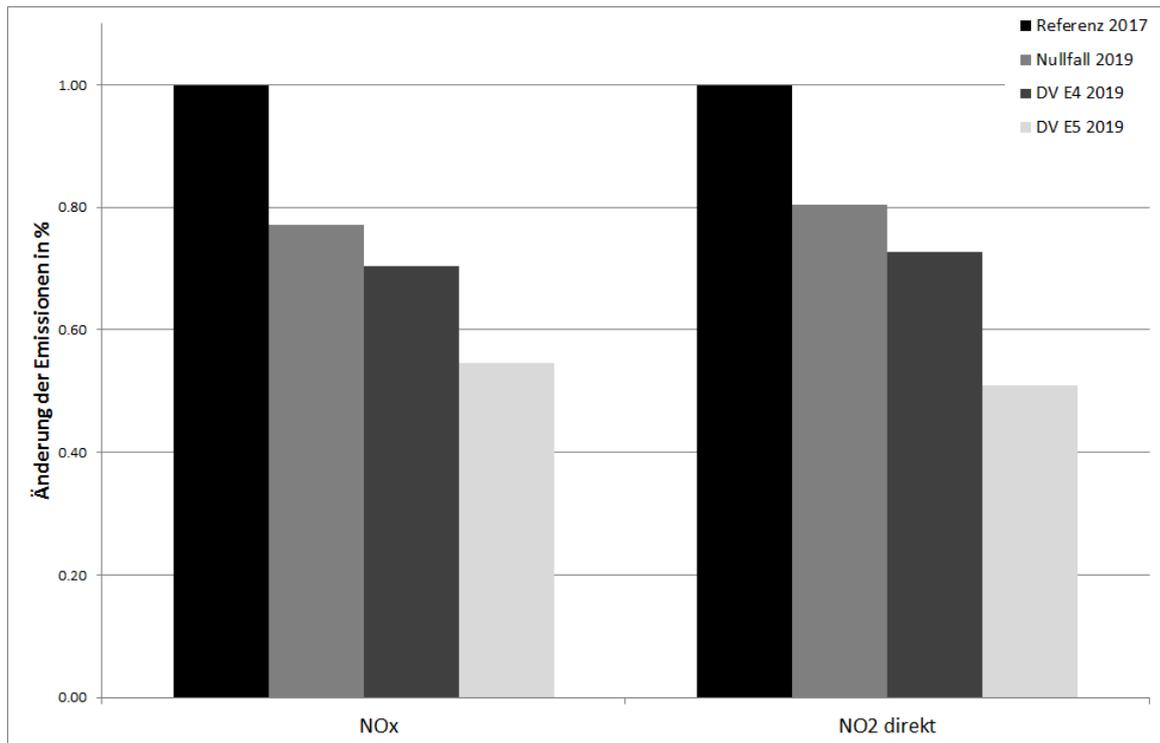


Abb. 5.2: Relative Änderung der NO<sub>x</sub>- und direkten NO<sub>2</sub>-Emissionen an der Parcusstraße (B 40) in Mainz für die Jahre 2017 und 2019 sowie für eine mögliche Einführung eines Dieselfahrverbotes (DV) für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter (E4) bzw. mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter (E5) bezogen auf den Referenzfall 2017 in %

	Emission NO <sub>x</sub>		Emission NO <sub>2</sub> direkt	
	mg/(m s)	Rel. %	mg/(m s)	Rel. %
Referenz	0.190	100.0	0.051	100.0
Nullfall 2019	0.147	77.1	0.041	80.5
DV E4 2019	0.134	70.5	0.037	72.8
DV E5 2019	0.104	54.5	0.026	51.0

Tab. 5.1: Emissionsdichte in mg/(m\*s) für die Parcusstraße (B 40) in Mainz und relativer Anteil zum Referenzfall in % für die betrachteten Szenarien (Werte zu **Abb. 5.1** und **Abb. 5.2**)

## 5.2 Auswirkungen auf die Immissionen

Mit den Daten der vorgestellten Emissionsermittlung für die Prognosejahre und Maßnahmen wurden Ausbreitungsrechnungen mit dem Straßennetzmodell PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS\_B durchgeführt.

Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite, Bebauungshöhe und Lückigkeit für Abschnitte mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere kleinräumige Differenzierung erfolgen, sodass im Untersuchungsgebiet für die Straßenabschnitte im Bereich der Messstationen ein Rechenwert zugeordnet wird. Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen erforderlich.

Die Ergebnisse werden zusammenfassend für die in **Abb. 4.1** dargestellten Messstandorte in Mainz als absolute Werte und als relative Änderungen dargestellt, um die Auswirkungen möglicher Dieselfahrverbote und der zeitlichen Entwicklungen der Kfz-Flotte auf die Gesamtbelastungen zu beschreiben.

Ausgehend von den in Kap. 5.1 beschriebenen Emissionsberechnungen für den Referenzzustand 2017, die Trendprognose 2019 sowie die Einführung möglicher Dieselfahrverbote wurden Immissionsberechnungen für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte durchgeführt. Dargestellt werden die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastungen, wobei die in den Berechnungen angesetzte Hintergrundbelastung nicht variiert wird.

Die zeitliche Entwicklung der Kfz-Flottenzusammensetzung sowie der Modernisierung und Umrüstung der Linienbusflotte führt bei vergleichbarer Verkehrsstärke zu einer Verringerung der verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen und wirkt sich auch verringernd auf die Immissionen an den Messstandorten im Untersuchungsgebiet aus, wie in **Abb. 5.3** mit den berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen in µg/m<sup>3</sup> und in **Abb. 5.4** mit den daraus abgeleiteten relativen Anteilen in % bezogen auf den Referenzwert 2017 dargestellt ist (in **Tab. 5.2** und **Tab. 5.3** sind die entsprechenden Zahlenwerte mit einer Nachkommastelle aufgeführt, um auch kleine Änderungen darzustellen). Neben den Messstandorten sind entsprechende Verringerungen auch an anderen Straßenabschnitten ermittelt und sind im Anhang **A2** dargestellt.

Mit den Immissionsberechnungen für den Referenzzustand 2017 wird der Messwert gut nachgebildet. Für 2019 kann an der Messstation Mainz-Parcusstraße eine Verringerung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung um ca. 16 % mit Konzentrationsänderungen von 7.9 µg/m<sup>3</sup> erzielt

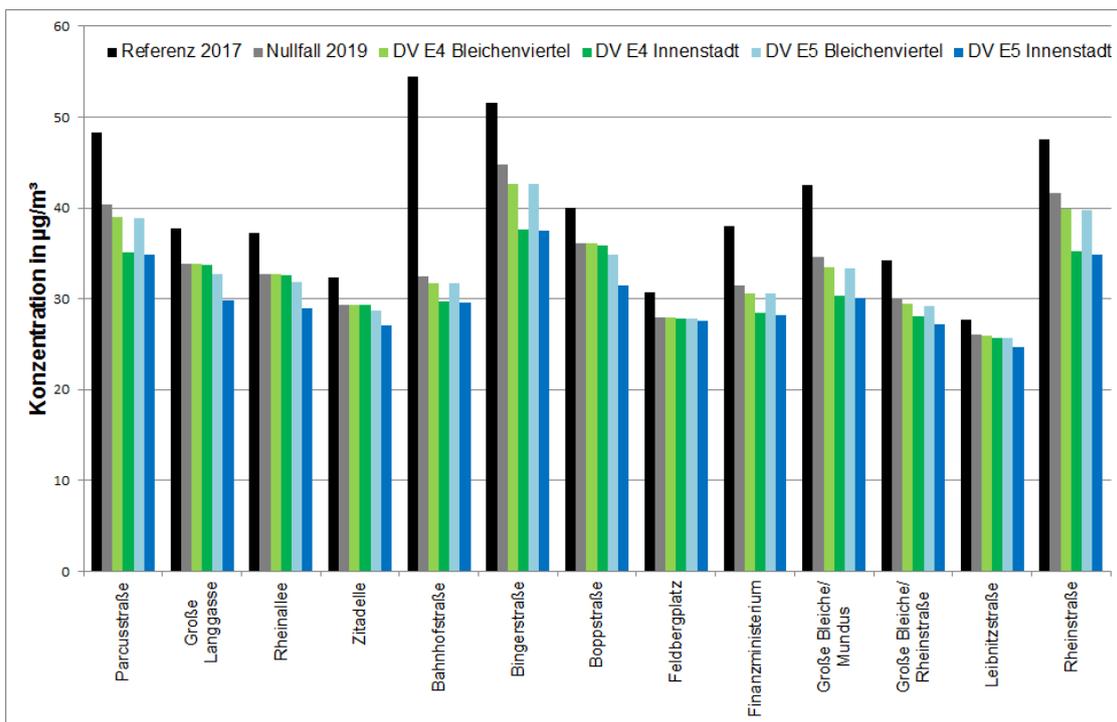


Abb. 5.3: NO<sub>2</sub>-Immissionen an der Messstation Mainz-Parcusstraße sowie an weiteren Messstandorten für die Jahre 2017 und 2019 sowie für eine mögliche Einführung von Dieselfahrverbotszonen

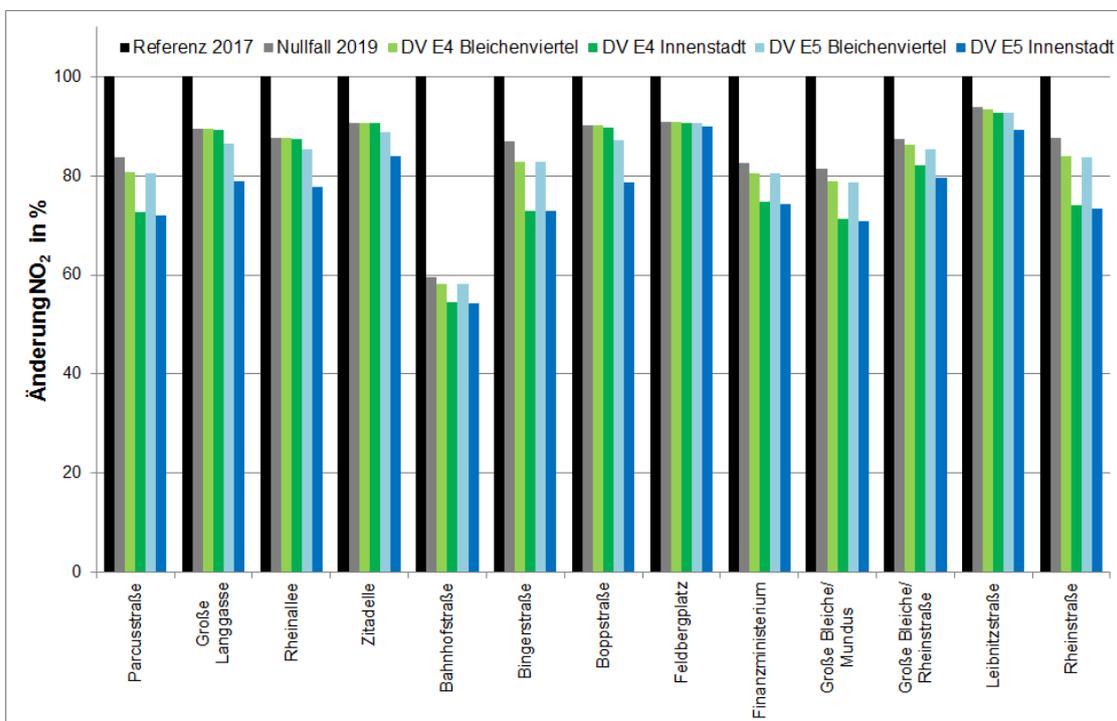


Abb. 5.4: Relative Änderung der NO<sub>2</sub>-Immissionen an der Messstation Mainz-Parcusstraße sowie an weiteren Messstandorten für die Jahre 2017 und 2019 sowie für eine mögliche Einführung von Dieselfahrverbotszonen bezogen auf den Referenzfall 2017 in %

	Referenz 2017	Nullfall 2019	DV E4 Bleichenviertel	DV E4 Innenstadt	DV E5 Bleichenviertel	DV E5 Innenstadt
Parcusstraße	48.3	40.4	39.0	35.1	38.9	34.8
Große Langgasse	37.8	33.8	33.8	33.7	32.7	29.8
Rheinallee	37.3	32.7	32.7	32.6	31.8	29.0
Zitadelle	32.3	29.3	29.3	29.3	28.7	27.1
Bahnhofstraße	54.5	32.5	31.7	29.7	31.7	29.6
Bingerstraße	51.5	44.8	42.7	37.6	42.7	37.5
Boppstraße	40.0	36.1	36.1	35.9	34.9	31.5
Feldbergplatz	30.7	27.9	27.9	27.8	27.8	27.6
Finanzministerium	38.0	31.4	30.6	28.4	30.6	28.2
Große Bleiche/ Mundus	42.5	34.6	33.5	30.3	33.4	30.1
Große Bleiche/ Rheinstraße	34.2	29.9	29.5	28.1	29.2	27.2
Leibnitzstraße	27.7	26.0	25.9	25.7	25.7	24.7
Rheinstraße	47.5	41.6	39.9	35.2	39.8	34.9

Tab. 5.2: NO<sub>2</sub>-Immissionen in µg/m<sup>3</sup> für die Messstation Mainz-Parcusstraße sowie für weitere Messstandorte in Mainz sowie relativer Anteil zum Referenzfall in % für die betrachteten Szenarien (Werte zu **Abb. 5.3**)

werden. An anderen Messstandorten sind Verringerungen von ca. 6 % und bei hohem Anteil von Linienbusfahrten bis ca. 40 % prognostiziert. An den Messstandorten mit Passivsammlern Bingerstraße und Rheinstraße sind weiterhin Grenzwertüberschreitungen prognostiziert, zum Teil auch deutliche Überschreitungen. An den übrigen Messstandorten ist eine Einhaltung des Grenzwertes für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert; an der Station in der Parcusstraße wird der Grenzwert erreicht aber nicht überschritten.

Mit Einführung eines Dieselfahrverbots kann im Falle eines Fahrverbotes für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-4/EURO-IV und schlechter die Verringerung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an den Messstandorten gegenüber dem Nullfall 2019 um bis zu 4 Prozentpunkte weiter intensiviert werden, wenn diese in einer der Fahrverbotszonen gelegen sind. In der Variante „Bleichenviertel“ sind weiterhin Grenzwertüberschreitungen am Messstandort Bingerstraße prognostiziert; in der Variante „Innenstadt“ ist an allen Messstandorten eine Einhaltung des

	Referenz 2017	Nullfall 2019	DV E4 Bleichenviertel	DV E4 Innenstadt	DV E5 Bleichenviertel	DV E5 Innenstadt
Parcusstraße	100	83.6	80.7	72.7	80.5	72.0
Große Langgasse	100	89.4	89.4	89.2	86.5	78.8
Rheinallee	100	87.7	87.7	87.4	85.3	77.7
Zitadelle	100	90.7	90.7	90.7	88.9	83.9
Bahnhofstraße	100	59.6	58.2	54.5	58.2	54.3
Bingerstraße	100	87.0	82.9	73.0	82.9	72.8
Boppstraße	100	90.3	90.3	89.8	87.3	78.8
Feldbergplatz	100	90.9	90.9	90.6	90.6	89.9
Finanzministerium	100	82.6	80.5	74.7	80.5	74.2
Große Bleiche/ Mundus	100	81.4	78.8	71.3	78.6	70.8
Große Bleiche/ Rheinstraße	100	87.4	86.3	82.2	85.4	79.5
Leibnitzstraße	100	93.9	93.5	92.8	92.8	89.2
Rheinstraße	100	87.6	84.0	74.1	83.8	73.5

Tab. 5.3: Relativer Anteil der NO<sub>2</sub>-Immissionen zum Referenzfall in % für die Messstation Mainz-Parcusstraße sowie für weitere Messstandorte in Mainz für die betrachteten Szenarien (Werte zu **Abb. 5.4**)

Grenzwertes prognostiziert. An der Messstation Mainz-Parcusstraße ist sowohl in der Variante „Innenstadt“ als auch in der Variante „Bleichenviertel“ eine Verringerung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung von ca. 19 % mit Konzentrationsminderungen knapp über 9 µg/m<sup>3</sup> gegenüber 2017 prognostiziert; gegenüber dem Nullfall 2019 sind Verringerungen um ca. 3 % mit Konzentrationsminderungen von ca. 1.5 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert.

Mit Einführung eines Dieselfahrverbots kann im Falle eines Fahrverbotes für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter die Verringerung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an den Messstandorten gegenüber dem Nullfall 2019 um bis zu 14 Prozentpunkte erheblich intensiviert werden, wenn diese in einer der Fahrverbotszonen gelegen sind. In der Variante „Bleichenviertel“ und in der Variante „Innenstadt“ sind Grenzwerteinhalten an allen Messstandorten prognostiziert. An der Messstation Mainz-Parcusstraße ist sowohl in der Variante „Innenstadt“ als auch in der Variante „Bleichenviertel“ eine Verringerung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung von fast 30 % mit Konzentrationsminderungen knapp über 13 µg/m<sup>3</sup>

gegenüber 2017 prognostiziert; gegenüber dem Nullfall 2019 sind Verringerungen um fast 15 % mit Konzentrationsänderungen von ca.  $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert.

Aufbauend auf den beschriebenen Ergebnissen der Emissionsberechnung und der Immissionsberechnung kann geschlossen werden, dass an der Messstation Mainz-Parcusstraße und auch überwiegend an anderen Messstandorten im Untersuchungsgebiet gegenüber dem Referenzfall der Grenzwert für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte im Jahr 2019 eingehalten wird. Sollte im Jahresverlauf 2019 messtechnisch aufgezeigt werden, dass dennoch eine Grenzwertüberschreitung an der Messstation Mainz-Parcusstraße zu erwarten ist, können die  $\text{NO}_2$ -Immissionen an der Messstation mit einem Dieselfahrbot verringert werden. Im Fall eines Dieselfahrverbotes für Fahrzeuge mit Abgasnorm Euro-5/EURO-V und schlechter ist die Immissionsminderung besonders intensiv und führt an allen berücksichtigten Messstandorten zu einer berechneten Einhaltung des Grenzwertes für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte; bei entsprechender Ausdehnung einer möglichen Fahrverbotszone ist die Immissionsminderung auch in weiteren Bereiche des Stadtgebietes wirksam.

## 6 LITERATUR

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- 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/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Band 20, Heft 1 (2011),67-73.  
<http://schweizerbart.de/papers/metz/detail/20/75684>
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösinger, 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.  
(<http://bwplus.fzk.de>)
- Ingenieurbüro für Verkehrswesen Koehler, Leutwein und Partner GBR (2007): „Verkehrsun- tersuchung B 10/B 293, Umgehung Berghausen-Jöhlingen, Fortschreibung“. Auszüge mit grafischen Darstellungen aus dem Untersuchungsbericht.
- KBA (2018): Fahrzeugzulassungen (FZ), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugan- hängern nach Zulassungsbezirken 1. Januar 2018. Kraftfahrtbundesamt, Flensburg, April 2018.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbächer, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßen- schluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.
- LfU RLP (2009-2018): Zentrales Immissionsmessnetz – ZIMEN -. Jahresberichte 2008 – 2016. Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz.
- Lohmeyer (2012): Emissionskataster Verkehr und verkehrsbedingte Immissionen in Rhein- land-Pfalz 2010. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 62000- 11-01, Juli 2012. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Mainz.

- 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.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe. (<http://bwplus.fzk.de>)
- 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).
- VDI (2003): Umweltmeteorologie. Kfz-Emissionsbestimmung. Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782, Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, November 2003.

**AN H A N G A 1:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG**  
**UND FEHLERDISKUSSION**

## **A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das Berechnungsverfahren PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS\_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS\_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

### **A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS\_V**

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO<sub>2</sub>-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

### **A1.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS\_B**

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS\_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS\_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen  $c^*$  in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil

nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A1.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen  $c$  zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	$c$	=	Abgaskonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	$c^*$	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	$Q$	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [ $\mu\text{g}/\text{m s}$ ]
	$B$	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	$u'$	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS\_V für die Vorbelastung und von PROKAS\_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

### A1.3 Fehlerdiskussion

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 Bauungsstruktur, meteorologische Daten und die Vorbelastung.

\* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite  $\geq 5 \times$  Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil  $\geq 61\%$ ) erfüllt ist.

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 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 Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter 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 Ver-

gleich 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 Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

**A N H A N G A 2**  
**IMMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE**

## A2 IMMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

Ergänzend zu den in Kap. 5.2 beschriebenen Ergebnissen der Immissionsberechnungen an den ausgewählten Standorten werden folgend die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen aufgezeigt.

Entsprechend der Aufgabenstellung sollte die Wirkung flächenhaft konzipierter Dieselfahrverbote rechnerisch prognostiziert werden. Dafür wurde ein Straßennetzmodell eingesetzt, das neben der verkehrsbedingten Emissionsminderung im Straßenabschnitt an dem Messstandort auch die Änderung der Schadstofffreisetzung im gesamten Hauptverkehrsstraßennetz und deren immissionsseitige Überlagerungswirkungen berücksichtigt. Damit liegen für das Stadtgebiet von Mainz u.a. auch Berechnungsergebnisse für die Randbebauung an weiteren Hauptverkehrsstraßenabschnitten vor.

Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite, Bauungshöhe und Lückigkeit für Abschnitte mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt, wobei sich die Typisierung an den die Ausbreitungsbedingungen einschränkenden Gegebenheiten orientiert. Innerhalb dieser Straßenabschnitte werden einheitliche Immissionen berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere kleinräumige Differenzierung erfolgen, sodass im Untersuchungsgebiet für die Straßenabschnitte im Bereich der Messstationen ein Rechenwert zugeordnet wird.

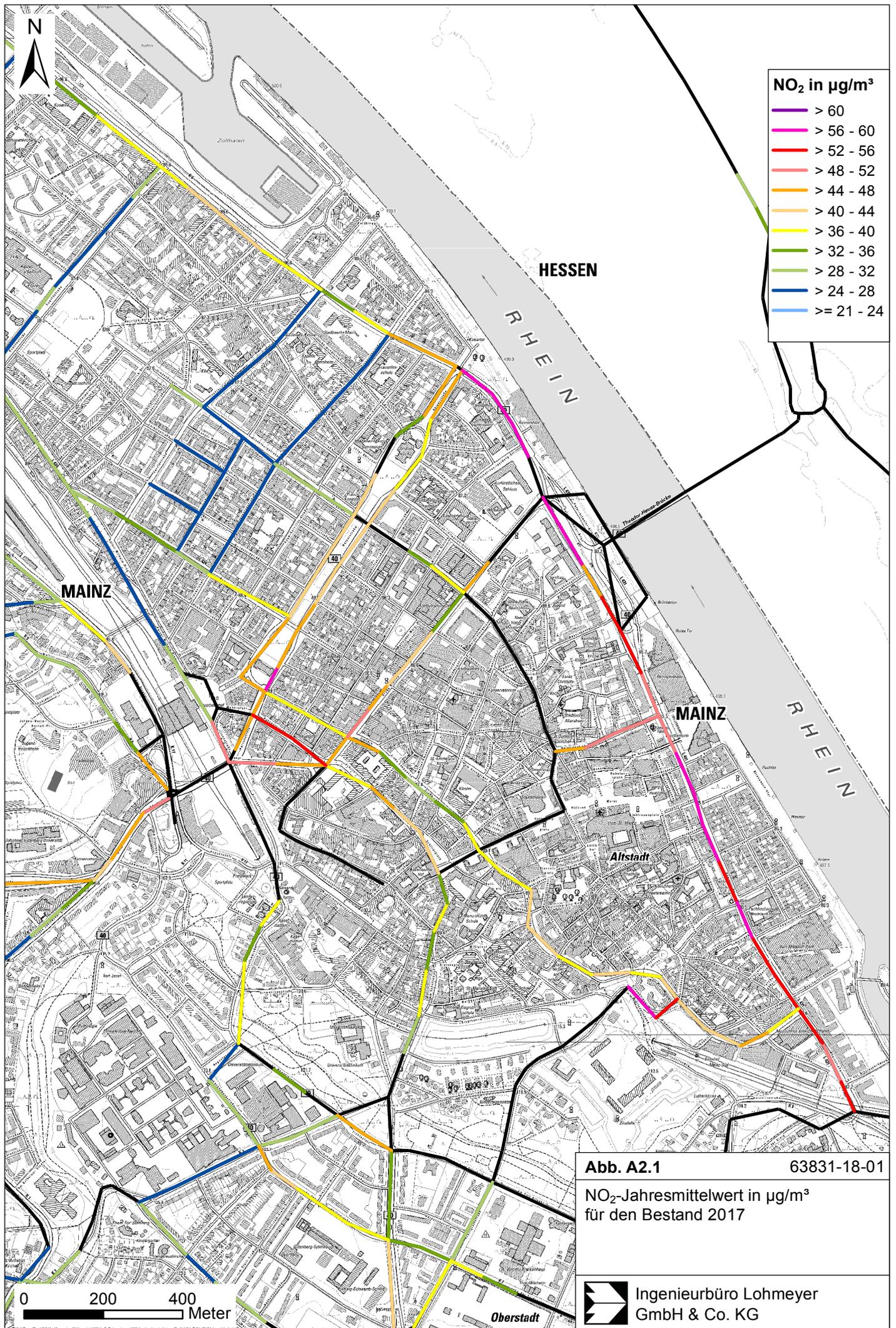
In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte der 39. BImSchV beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und Hintergrundbelastung zusammensetzt.

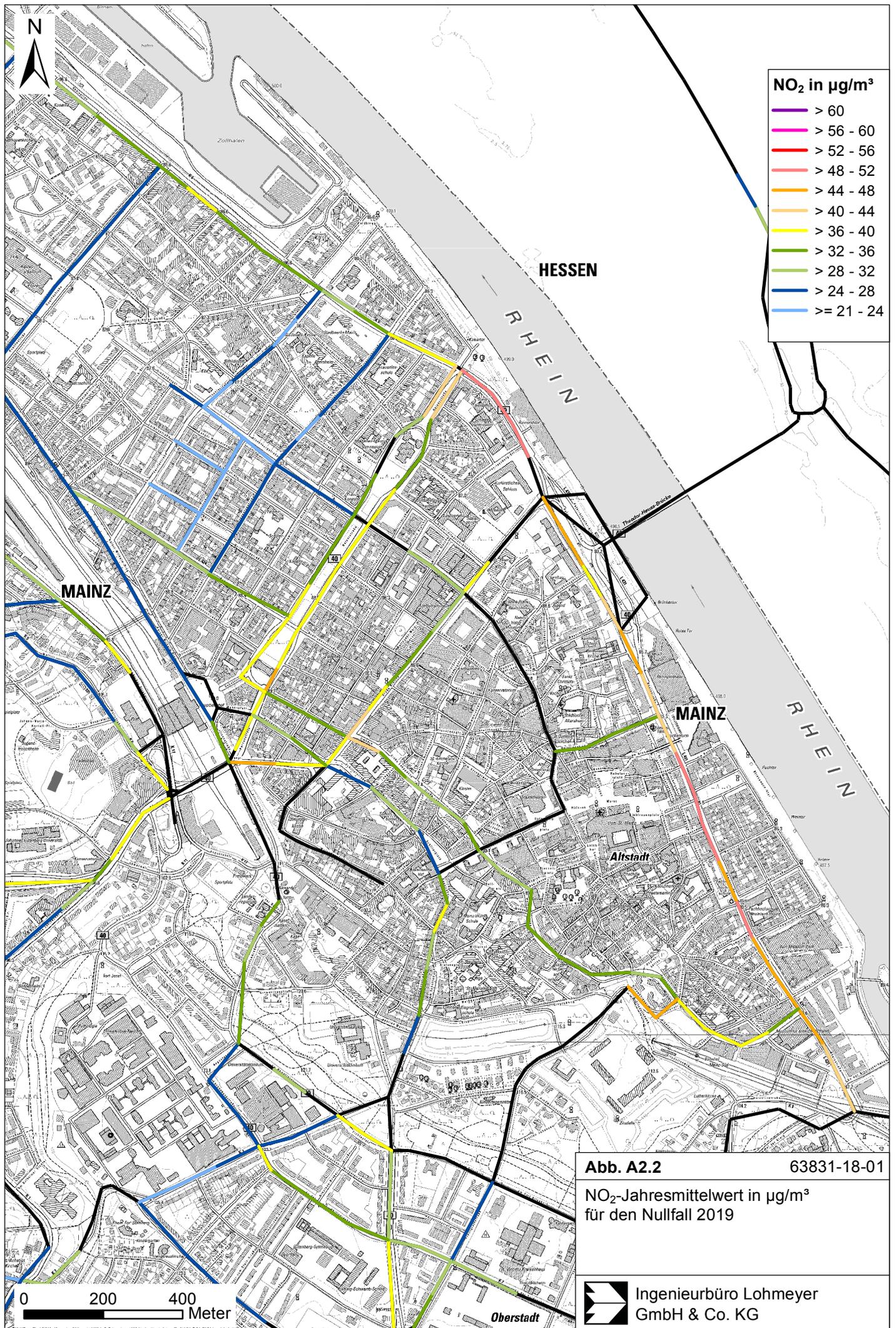
Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für das Straßennetz werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Linien, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe 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. Konzentrationen über dem Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> werden mit roten Farbtönen belegt.

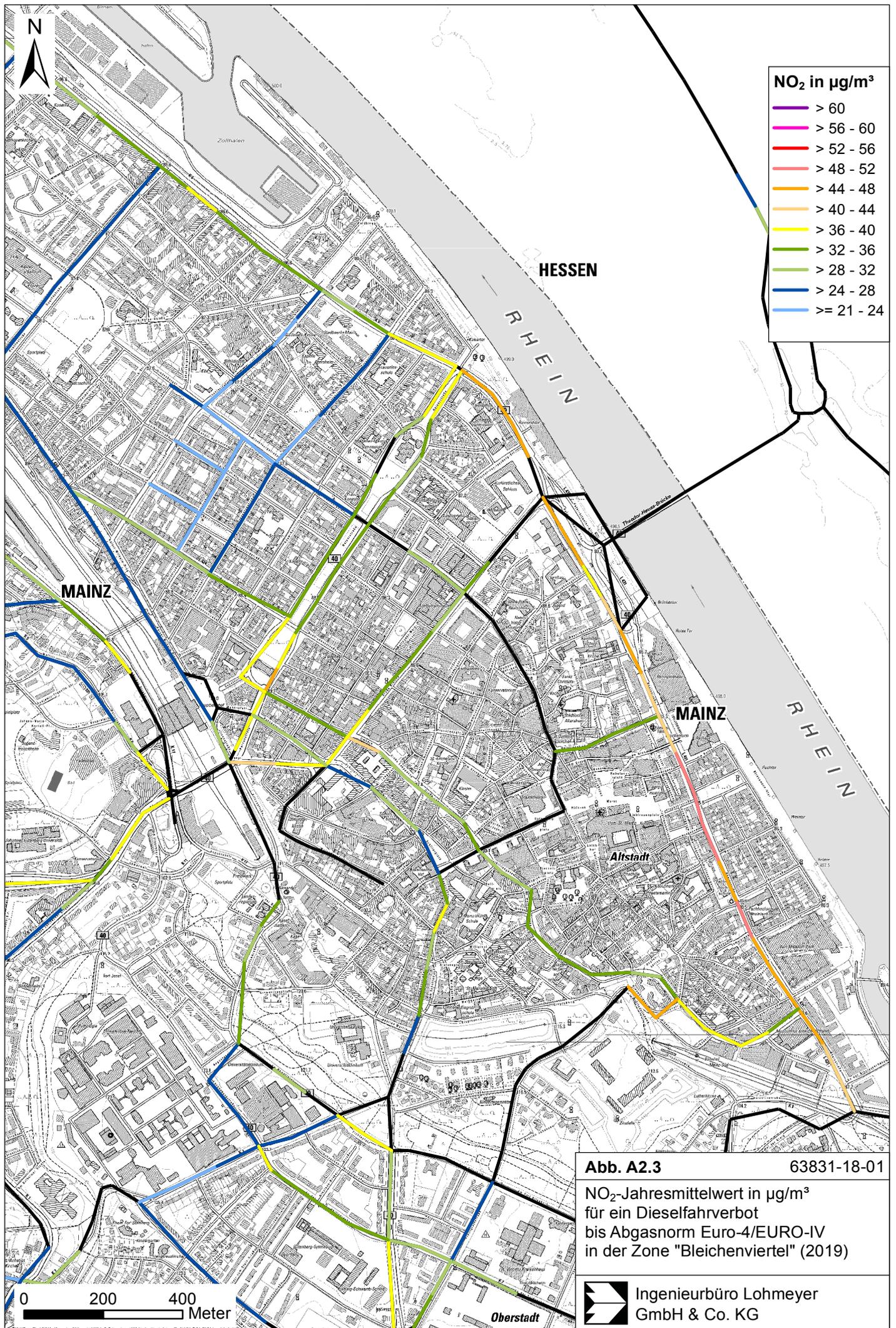
Die Ergebnisdarstellungen geben einen Überblick über die rechnerisch ermittelten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an der erfassten Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen. Aufgrund der Verkehrsbelegung und den örtlichen Gegebenheiten ist nicht auszuschließen, dass teilweise an weiteren Straßenabschnitten, an denen keine Messdaten vorliegen, auch hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen vorliegen, wie in **Abb. A2.1** für den Bestand 2017 dargestellt.

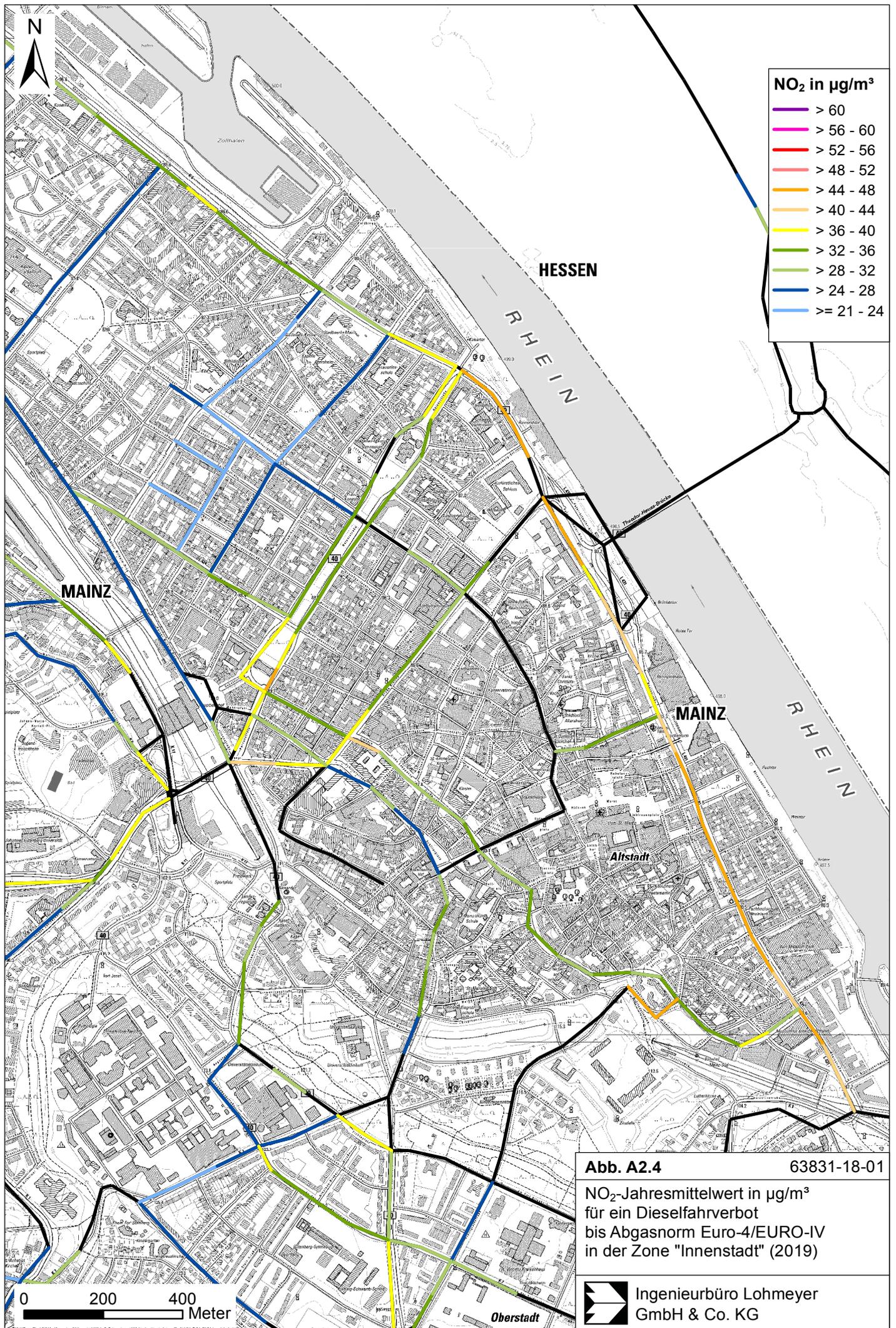
Für die Prognosen im Jahr 2019 sind in wenigen Straßenzügen hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit Werten über 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet, wie z.B. in **Abb. A2.2** aufgezeigt.

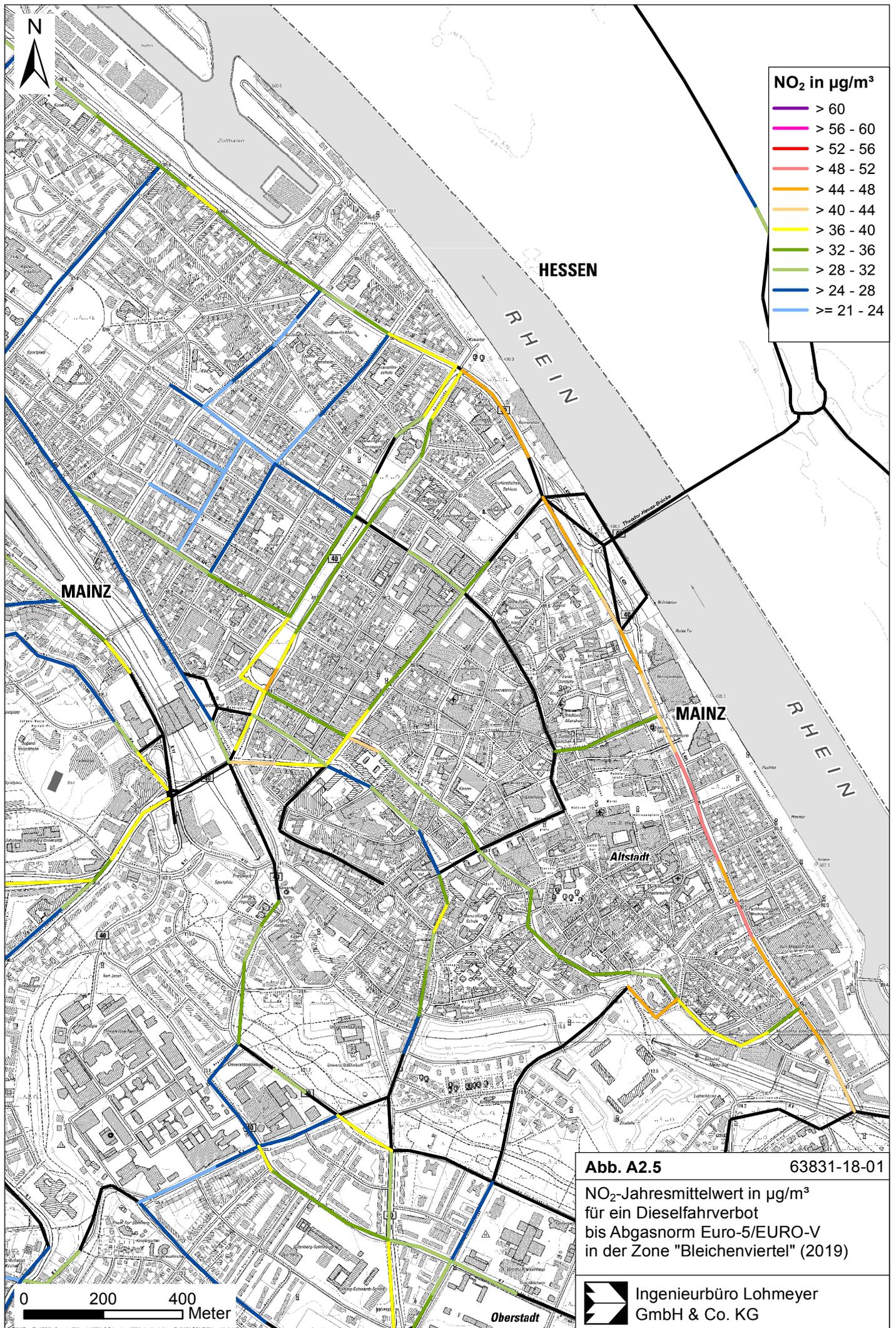
Insgesamt ist für die vorgelegten NO<sub>2</sub>-Berechnungen festzuhalten, dass an der Messstation Mainz-Parcusstraße und an weiteren Messstandorten gegenüber 2017 ein Rückgang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen und eine Einhaltung des Grenzwertes für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte prognostiziert wird; ein mögliches Dieselfahrverbot unterstützt und stabilisiert diese Entwicklung. Für die Interpretation der Berechnungsergebnisse an weiteren Straßenabschnitten im betrachteten Straßennetz ist zu berücksichtigen, dass basierend auf den für das zentrale Stadtgebiet von Mainz einheitlich angesetzten repräsentativen Windverhältnissen, für alle Betrachtungsverhältnisse unveränderte Verkehrsstärken herangezogen wurden und dass die Randbebauungstypisierung sich an den relativ ungünstigsten baulichen Verhältnissen je Abschnitt orientiert. Für ausgewählte Straßenabschnitte mit hohen NO<sub>2</sub>-Immissionen bietet sich zur Bestätigung der Rechenwerte die Durchführung von Messungen, z.B. orientierender Messungen an.

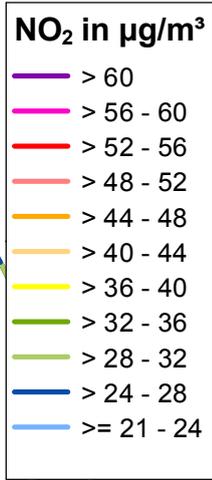
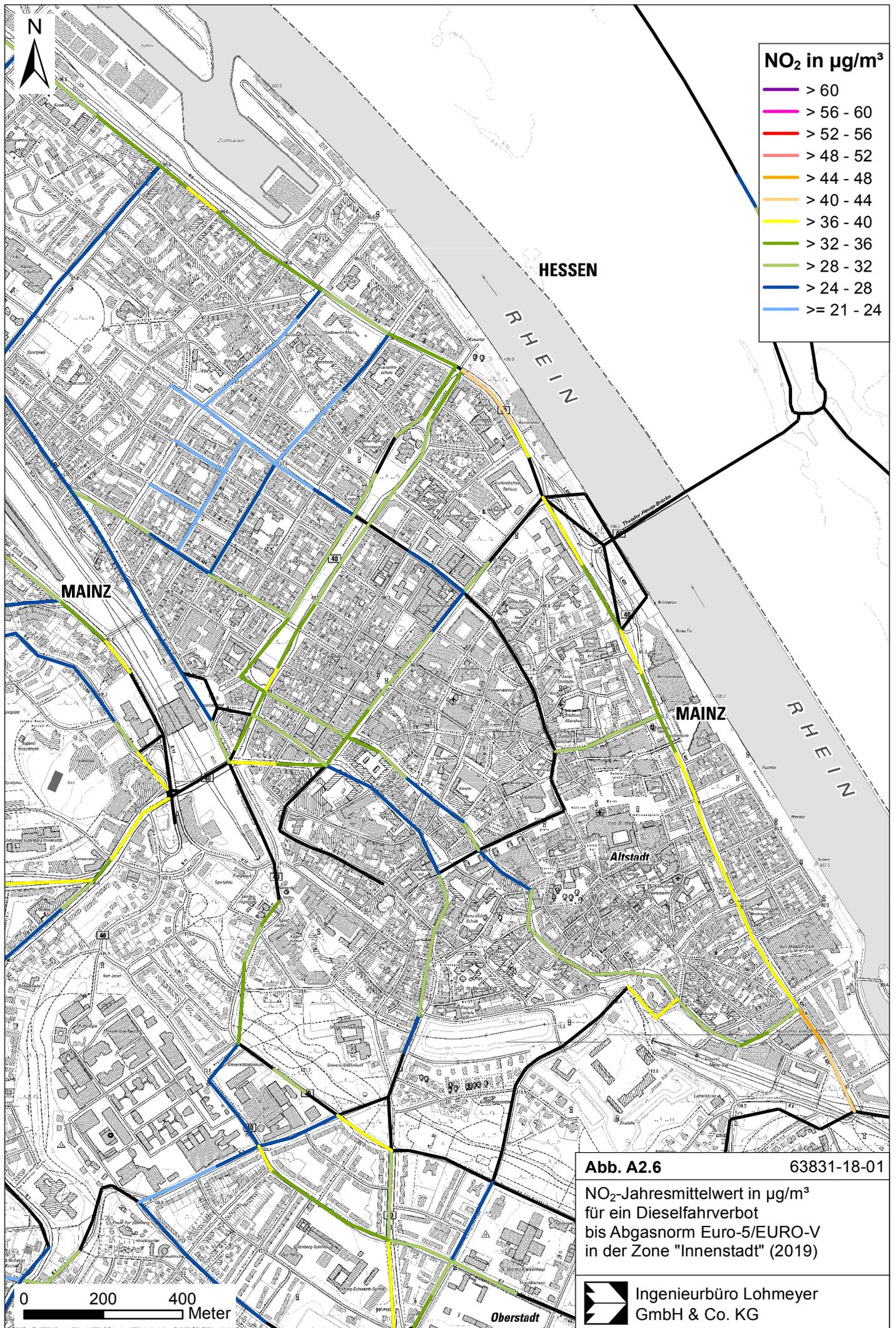












**Abb. A2.6** 63831-18-01  
 NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert in µg/m<sup>3</sup>  
 für ein Dieselfahrverbot  
 bis Abgasnorm Euro-5/EURO-V  
 in der Zone "Innenstadt" (2019)