



**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: [info.ka@lohmeyer.de](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

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

**Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG**

Entwurf

**ERMITTLUNG VON NO<sub>2</sub>-  
MINDERUNGSPOTENZIALEN FÜR DIE SITU-  
ATION AUF DER HEINIGSTRASSE  
IN LUDWIGSHAFEN**

Auftraggeber: Stadtverwaltung Ludwigshafen  
Bereich Umwelt  
Bismarckstraße 29  
67059 Ludwigshafen

Dipl.-Geogr. T. Nagel  
Dipl.-Umweltwiss. A. Jost

Dr.-Ing. W. Bächlin

März 2016  
Projekt 63036-15-01  
Berichtsumfang 47 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
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stundenmittelwerte.....	8
<b>4 EINGANGSDATEN .....</b>	<b>9</b>
4.1 Lagedaten.....	9
4.2 Verkehrsdaten .....	9
4.3 Meteorologische Daten.....	13
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft .....	15
<b>5 EMISSIONEN .....</b>	<b>18</b>
5.1 Betrachtete Schadstoffe .....	18
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	18
Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	18
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	20
5.4 Prognostizierte Emissionen .....	23
<b>6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN.....</b>	<b>26</b>
6.1 NO <sub>2</sub> -Immissionen im zentralen Stadtbereich .....	33
6.2 Zusammenwirken mit weiteren Maßnahmen .....	33
<b>7 LITERATUR .....</b>	<b>39</b>
<b>A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>42</b>
<b>A2 EMISSIONEN IM STRASSENNETZ .....</b>	<b>46</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 (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 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. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 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 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.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Von dem Vertragsverletzungsverfahren der EU zu Luftreinhalteplänen wegen Nicht-Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes gemäß EU-Norm bzw. 39. BImSchV ist auch der Bereich um die verkehrsbezogene Luftqualitäts-Messstation Heinigstraße in Ludwigshafen betroffen.

Im bisherigen Luftreinhalteplan Ludwigshafen sind Minderungsmaßnahmen benannt und beschrieben. Entsprechend den Forderungen der EU sind die erwarteten Minderungswirkungen anzugeben, damit auch ein Vergleich mit den laufend erfassten Messdaten ermöglicht wird. Das trifft auch auf die aktuelle Fortschreibung der Minderungsmaßnahmen zu.

Die Wirkungsberechnung erfolgte mit Emissionsfaktoren der aktuellen Emissionsdatenbank für Deutschland (HBEFA3.2) unter Berücksichtigung der Fahrzeugflottenzusammensetzung von Ludwigshafen und deren Fortschreibung sowie Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömung- und Ausbreitungsmodell MISKAM.

Auf der Heinigstraße erfolgt nahezu die Hälfte der Fahrten mit benzinbetriebenen PKW und ca. 37% mit dieselbetriebenen PKW, während die leichten Nutzfahrzeuge und LKW nur geringe Anteile an den Gesamtfahrten ausmachen. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen werden durch die dieselbetriebenen PKW und die LKW geprägt.

Ergänzend zum Bestand 2015 wurden folgende Szenarien betrachtet:

- 2015 mit Berücksichtigung einer Umweltzonenregelung,
- 2020 mit fortentwickelter Kfz-Flottenzusammensetzung,
- 2020 mit fortentwickelter Kfz-Flottenzusammensetzung und Umweltzonenregelung.

Die modifizierte Fahrzeugflottenzusammensetzung führt gegenüber dem Bestand 2015 zu einer Verringerung der motorbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen um ca. 17% durch die Umweltzonenregelung, um ca. 31% durch die zeitliche Flottenentwicklung bis 2020 und um ca. 38 % bis 2020 mit Umweltzonenregelung. Die Verringerungen der direkten motorbedingten NO<sub>2</sub>-Emissionen betragen zwischen 27% und 39%.

Für den Referenzzustand mit Annahme einer geltenden Umweltzonenregelung sind an der westlichen Straßenseite der Heinigstraße mit geschlossener Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen von 45 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Damit ist gegenüber dem Referenzzustand eine etwas verrin-

gerte NO<sub>2</sub>-Immission dargestellt, die an der Randbebauung der Heinigstraße eine Reduktion bis um knapp 2 µg/m<sup>3</sup> beschreibt.

Für das Jahr 2020 mit Annahme einer unveränderten Verkehrsstärke sind an der westlichen Straßenseite der Heinigstraße NO<sub>2</sub>-Immissionen von ca. 42 µg/m<sup>3</sup> berechnet.

Für das Jahr 2020 mit Annahme einer geltenden Umweltzonenregelung und unveränderter Verkehrsstärke sind an der westlichen Straßenseite der Heinigstraße NO<sub>2</sub>-Immissionen von ca. 41 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird bei unverändert angesetzter städtischer Hintergrundbelastung geringfügig überschritten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch bei nicht in dieser Modellsimulation berücksichtigten Emittenten die zeitliche Entwicklung zu verringerten Freisetzungen, wie z.B. Kfz-Verkehr auf untergeordnetem Straßennetz, und damit zu einer Verringerung der städtischen Hintergrundbelastung führt.

Für die berechneten Betrachtungsfälle ist festzuhalten, dass die Umweltzonenregelung zu einer um ca. 3% verringerten NO<sub>2</sub>-Konzentration bei aktueller Einführung führt. Für das Prognosejahr 2020 ist bei unveränderter Verkehrsbelastung eine Reduktion um ca. 5 µg/m<sup>3</sup> bzw. ca. 11% gegenüber dem Bestand 2015 berechnet und mit einer Umweltzonenregelung im Jahr 2020 eine Reduktion um ein weiteres µg/m<sup>3</sup>, d.h. einer Verringerung der NO<sub>2</sub>-Konzentration gegenüber dem Bestand 2015 um ca. 13%.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Bezüglich der Luftreinhalteplanung in Deutschland hat die EU u.a. ein Vertragsverletzungsverfahren wegen Nicht-Einhaltung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwertes gemäß EU-Norm bzw. 39. BImSchV an zahlreichen verkehrsbezogenen Luftqualitäts-Messstationen eingeleitet. Davon ist auch der Bereich um die Messstation Heinigstraße in Ludwigshafen betroffen.

Im bisherigen Luftreinhalteplan Ludwigshafen sind Minderungsmaßnahmen benannt und beschrieben. Entsprechend den Forderungen der EU sind die erwarteten Minderungswirkungen anzugeben, damit auch ein Vergleich mit den laufend erfassten Messdaten ermöglicht wird. Das trifft auch auf die aktuelle Fortschreibung der Minderungsmaßnahmen zu.

### 3 VORGEHENSWEISE

#### 3.1 Berechnungsverfahren

Die Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb dichter und mehrgeschossiger Bebauung erfordert die Berücksichtigung der Einflüsse der Gebäude auf die veränderten Windströmungen und auf die Ausbreitungsverhältnisse. Für diesen Bereich wird das mikroskalige Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1989 und 2003) zur Beschreibung der Strömungsverhältnisse eingesetzt. Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert (Eichhorn, 1995, Eichhorn, 2003, Eichhorn, 2004, Schädler et al., 1996).

Grundlage der Simulationsrechnungen ist die digitale Aufnahme der bestehenden und geplanten Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten (Stand 2015), Luftbildern und Planunterlagen entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Das Modell MISKAM arbeitet mit einem nicht-äquidistanten Rechengitter. Bei den für die vorliegende Untersuchung durchgeführten Strömungsrechnungen werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie für prognostische Windfeldmodelle (VDI, 2005) hinsichtlich Auflösung und Größe des Rechengitters beachtet. Das hier angesetzte Rechengebiet ist sowohl horizontal als auch vertikal deutlich größer als das Untersuchungsgebiet, um Randeffekte zu vermeiden (Ketzler et al., 1999) und um die Kriterien der o.g. VDI-Richtlinie zu erfüllen.

Die digital erfassten Gebäudekataster werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 338 x 308 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1200 m x 1200 m. Es wird ein nicht äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Messstelle Heinigstraße eine feine Auflösung von 2 m aufweist und nach außen gröber wird, wobei wesentliche Bereiche des Stadtgebietes mit einer Auflösung unter 3.5 m erfasst werden. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 35 Ebenen bis in eine Höhe von 480 m über Grund, wobei in Bodennähe die Ebenen fein aufgelöst sind. Die Gebäude und Emissionsquellen werden in diese Gitter übertragen. Die Hochstraßen werden ebenfalls als Strömungshindernisse erfasst, wobei in den aufgeständerten Bereichen eine Unterströmung berücksichtigt wird. Die verkehrsbedingten Emissionen durch den Verkehr auf den Hochstraßen werden auf den genannten Strömungshindernissen platziert.

Die Berechnungen erfolgen mit dem PC-Programm WinMISKAM Version 2014.5.1.7 vom 01.09.2015 ([www.lohmeyer.de/software](http://www.lohmeyer.de/software)) und dem Modell MISKAM Version 6.3 vom 29.07.2014. Mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM werden Strömungsrechnungen für alle Windrichtungen in 10 Grad-Schritten entsprechend der vorliegenden lokalrepräsentativen Windstatistiken durchgeführt. Im zweiten Schritt werden für diese Windfelder Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung der Emissionen der jeweiligen Varianten durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für die zu betrachtenden Bezugsjahre die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und –immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) bestimmt. Die Schadstoffemissionsdichten auf den betrachteten Straßenabschnitten werden auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung von Stauanteilen und Längsneigungseinflüssen berechnet. 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 werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

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

### 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungswerte

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für NO<sub>2</sub>, ergänzt um die Nennung der Feinstaubbeurteilungswerte (siehe Anhang A1), zusammenfas-

send dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

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

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

### 3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stundenmittelwerte

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

## 4 EINGANGSDATEN

Für die Erarbeitung des vorliegenden Gutachtens wurden vom Auftraggeber Lagedaten der bestehenden Bebauung von Ludwigshafen als geschlossene Polygonzüge digital übergeben (ATKIS-Daten). Weiterhin wurden digital Auszüge aus topografischen Karten und dem Stadtplan sowie aktuelle Luftbilder für das Betrachtungsgebiet zur Verfügung gestellt. Vom Landesvermessungsamt Baden-Württemberg wurden räumlich hoch aufgelöste digitale Laserscandaten beschafft, die Informationen über Geländehöhen und Objektoberkanten für den östlichen Bereich des Stadtgebietes von Ludwigshafen beinhalten. Aus den genannten Lagedaten wird für die mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen ein dreidimensionales Bebauungsmodell erstellt.

Weiterhin wurden Verkehrsbelegungsdaten und verfügbare Fachinformationen für Klima und Lufthygiene zur Verfügung gestellt.

### 4.1 Lagedaten

Die Messstelle Heinigstraße in Ludwigshafen liegt am Westrand der Innenstadt an einer stark frequentierten Hauptverkehrsstraße mit geschlossener Randbebauung (**Abb. 4.1**). Die Messstelle ist in der Mitte der beiden Richtungsfahrbahnen positioniert (**Abb. 4.2**).

### 4.2 Verkehrsdaten

Für die Hauptverkehrsstraßen von Ludwigshafen liegen mit einem Verkehrsgutachten (Durth Roos Consulting, 2013) Ergebnisse von Verkehrsumlegungsrechnungen mit Angaben der Kfz/Tag und der LKW-Fahrten für den Referenzfall und Planvarianten der modifizierten Hochstraßenentrassen vor. Weiter liegen Knotenpunktzählungen von der Stadtverwaltung Ludwigshafen aus unterschiedlichen Jahren vor, aus denen Anteile der Verkehrsbelegungen auf den Abbiegespuren für die Heinigstraße ausgelesen wurden. Die Verkehrsbelegungsdaten sind in **Abb. 4.3** aufgezeigt.

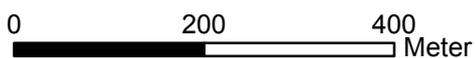
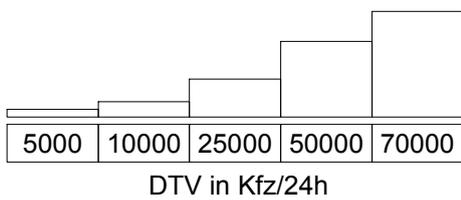
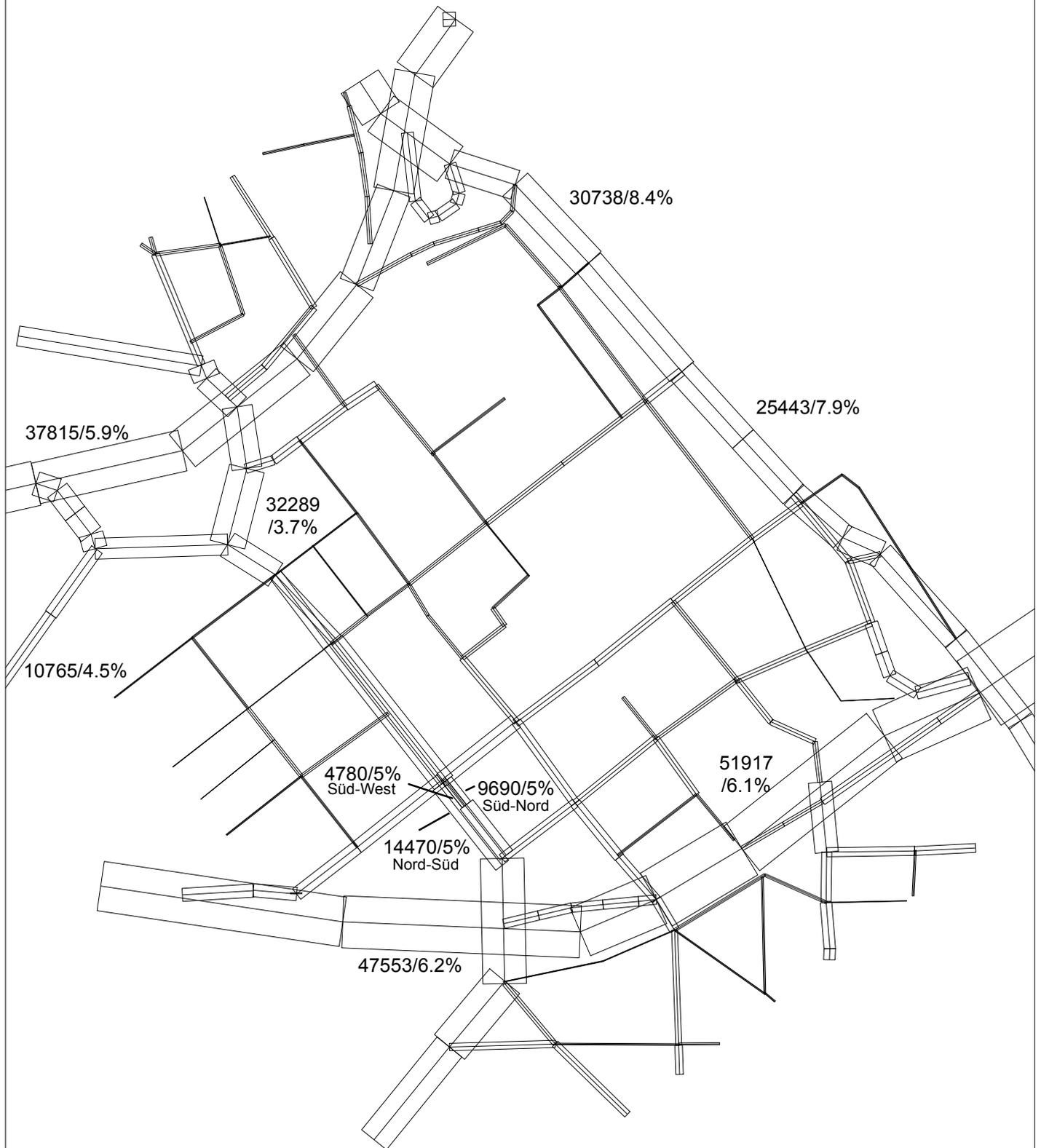
Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Für die Rheinuferstraße, Höhe Rathauscenter, liegen für Werktage Ganglinien vom 18.01.2007 der Stadt Ludwigshafen vor, die für die Berechnungen herangezogen wurden. Für Samstage und Sonntage wurde der Verkehrstagesgang den typisierten Tagesgängen für innerstädtische Gebiete der Literatur (Schmidt, G., Thomas, B., 1996) entnommen.



Abb. 4.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Die Lage der Messstelle Heinigstraße ist rot eingezeichnet



Abb. 4.2: Lageplan für die Umgebung der Messstelle Heinigstraße.  
Die Lage der Messstelle ist rot eingezeichnet



**Abb. 4.3**

63036-15-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz



Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

### 4.3 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der jahresbezogenen Kenngrößen der Windverhältnisse werden Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

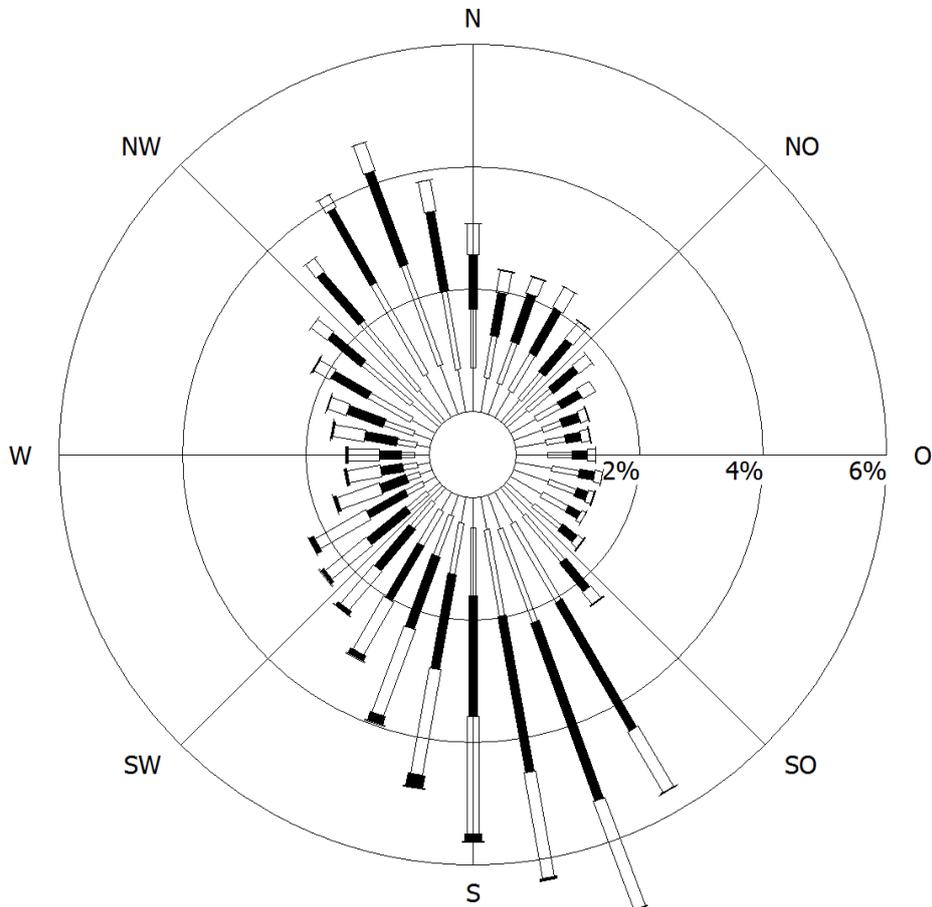
In der Umgebung des Betrachtungsgebietes liegen Winddatenerfassungen von unterschiedlichen Messeinrichtungen vor. Vom Deutschen Wetterdienst (DWD) liegen Messdaten der Station Mannheim vor, ca. 8 km nordöstlich des Betrachtungsgebietes und repräsentieren die regionalen Windverhältnisse.

Die Windrichtungsverteilung an der Station Mannheim (**Abb. 4.4**) wird von Winden aus dem südsüdöstlichen Richtungssektor geprägt, für den auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind. Winde aus dem nordnordwestlichen Richtungssektor bilden ein zweites Maximum. Die Windrichtungsverteilung entspricht weitgehend der Orientierung des Rheins im Betrachtungsgebiet. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in Messhöhe ca. 2.8 m/s.

Weiterhin liegen Messdaten des Landesmessnetzes Rheinland-Pfalz (ZIMEN) an den Stationen Ludwigshafen-Mundenheim, ca. 3 km südwestlich des Plangebietes und Ludwigshafen-Oppau, ca. 5 km nordwestlich des Plangebietes vor, die durch umliegende Nutzungen im Siedlungsraum beeinflusst sind und damit vor allem eine geringere mittlere Geschwindigkeit von ca. 2.1 m/s aufweisen.

Für die Auswertungen der Windfeldberechnungen im Plangebiet werden die Windmessdaten der Station Mannheim unter Berücksichtigung der Rauigkeiten im Untersuchungsgebiet herangezogen.

## Windverteilung in Prozent



Station : MA 2005-14  
 Meßhöhe : 22.0 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. 4.4: Windrose der Station Mannheim für den Zeitraum 2005-2014 (Quelle: DWD)

#### 4.4 Schadstoffhintergrundbelastung der Luft

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

Das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz betreibt das Zentrale Immissionsmessnetz (ZIMEN) in Rheinland-Pfalz. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUWG, 2007-2015). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

Die beiden Stationen Ludwigshafen Mitte und Ludwigshafen Heinigstraße liegen direkt im Betrachtungsgebiet und können damit für den Vergleich der Immissionsberechnungen herangezogen werden. Die Station Ludwigshafen Mundenheim ist ca. 3 km südsüdwestlich des Untersuchungsgebietes in städtischem Gebiet gelegen, ca. 40 m südlich der Station verläuft die B 44 in Brückenlage in südwestlicher Richtung. Die Station Ludwigshafen Oppau befindet sich ca. 5 km nordwestlich des Untersuchungsgebietes in vorstädtischem Gebiet.

Die in **Tab. 4.1** aufgeführten Messdaten zeigen, dass die erfassten Konzentrationen nur für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an der Station in der Heinigstraße über der in der 39. BImSchV genannten Konzentrationsschwelle liegen. Die erfassten Feinstaubkonzentrationen der letzten Jahre lassen an den Messstationen in Ludwigshafen keine Konflikte mit den in der 39. BImSchV genannten Werten ablesen.

Aus dem Vergleich der Messwerte der Stationen Ludwigshafen Mitte und Ludwigshafen Heinigstraße mit den berechneten verkehrsbedingten Immissionen sowie mit Blick auf die städtischen Hintergrundstationen Ludwigshafen Mundenheim und Ludwigshafen Oppau werden für die Immissionsprognosen die in **Tab. 4.2** aufgeführte Werte für die Hintergrundbelastung abgeleitet.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Ludwigshafen Mitte	Ludwigshafen Heinigstraße	Ludwigshafen Mundenheim	Ludwigshafen Oppau
NO <sub>2</sub> Jahresmittel	2006	43	49	38	34
	2007	41	50	36	30
	2008	38	50	34	30
	2009	41	52	36	32
	2010	38	49	39	30
	2011	38	49	36	27
	2012	36	49	32	25
	2013	-	47	32	26
	2014	-	47	33	26
	2015*	-	46	31	25
NO <sub>2</sub> 98-Perzentil	2006	93	-	84	79
	2007	94	-	82	72
	2008	85	-	77	70
	2009	98	-	88	77
	2010	85	-	85	71
	2011	87	-	84	67
	2012	81	-	76	63
	2013	-	-	-	-
	2014	-	-	-	-
	2015*	-	-	-	-
PM10 Jahresmittel	2006	24	29	26	23
	2007	20	25	24	20
	2008	-	24	22	18
	2009	-	27	25	22
	2010	-	26	24	21
	2011	-	27	25	22
	2012	-	23	22	19
	2013	-	24	22	20
	2014	-	24	22	19
	2015*	-	26	22	20
PM10- Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2006	20	28	27	20
	2007	7	22	18	11
	2008	-	14	11	7
	2009	-	25	17	15
	2010	-	24	21	15
	2011	-	29	25	22
	2012	-	14	11	6
	2013	-	16	14	9
	2014	-	14	16	10
	2015*	-	22	14	10

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m<sup>3</sup> an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUWG, 2007-2015)

\* Die Angaben für 2015 sind vorläufige Werte (UBA, 2016)

Schadstoff	Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	98-Perzentilwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
NO <sub>2</sub>	28	70

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2015/2020

Des Weiteren wurde durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz (MULEWF) im Rahmen des Notifizierungsverfahrens der Europäischen Kommission zur Verlängerung der Frist für die Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Grenzwerte auf Grundlage von Ergebnissen des FE-Vorhabens PAREST (UBA) für das Gebiet von Ludwigshafen ein Rückgang der städtischen Hintergrundbelastung ausgehend vom Jahr 2010 bis zum Prognosejahr 2015 für NO<sub>2</sub> um bis zu 20% abgeleitet.

Für die städtischen Hintergrundmessstationen in Ludwigshafen trifft diese damals prognostizierte Verringerung entsprechend den in **Tab. 4.1** genannten Werten nahezu zu.

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO<sub>2</sub> und PM10 erreicht. In der vorliegenden Untersuchung werden die motorbedingten Schadstofffreisetzungen für NO<sub>x</sub> und NO<sub>2</sub><sub>direkt</sub> betrachtet.

### 5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

#### Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) berechnet.

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

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der

Technik hinsichtlich Abgasemission, z.B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),

- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2014) 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:

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-Sam50:	Innerstädtische Sammelstraße,	Tempolimit 50 km/h
IOS-Sam50d:	Innerstädtische Sammelstraße,	Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-Sam50g:	Innerstädtische Sammelstraße,	Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IOS-NS30:	Innerstädtische Nebenstraße,	Tempolimit 30 km/h
IOS-HVS60:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße,	Tempolimit 60 km/h, Ausfallstraße
IOS-HVS60d:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße,	Tempolimit 60 km/h, Ausfallstraße, dichter Verkehr
IOS-FernC60:	Innerstädtische Fernstraße,	Tempolimit 60 km/h

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für motorbedingte  $\text{NO}_x$ -Emissionen sowie direkte motorbedingte  $\text{NO}_2$ -Emissionen ( $\text{NO}_{2\text{-direkt}}$ ) für das Bezugsjahr 2015 unter Berücksichtigung der Fahrzeugflottenzusammensetzung von Ludwigshafen aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen. Die jeweils angesetzten Verkehrssituationen sind in **Abb. 5.1** dargestellt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2015			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		NO <sub>2direkt</sub>	
		PKW	LKW	PKW	LKW
IOS-FernC60	57.2	0.328	3.348	0.0976	0.3099
IOS-HVS50	44.9	0.335	4.333	0.0929	0.3847
IOS-HVS50_2	44.9	0.356	3.855	0.1009	0.3601
IOS-HVS50_4	44.9	0.393	3.927	0.1131	0.3770
IOS-HVS50+2	44.9	0.462	5.043	0.1348	0.4781
IOS-HVS50+4	44.9	0.594	6.548	0.1757	0.6289
IOS-HVS50-2	44.9	0.249	2.667	0.0671	0.2421
IOS-HVS50d	37.0	0.369	5.255	0.1030	0.4630
IOS-HVS50g	30.8	0.421	5.508	0.1185	0.4878
IOS-Sam50	46.6	0.355	4.221	0.0962	0.3754
IOS-Sam50d	34.2	0.399	5.340	0.1089	0.4702
IOS-Sam50g	29.5	0.436	5.770	0.1178	0.5106
IOS-NS30	30.9	0.514	7.070	0.1339	0.6230
IOS-HVS60	52.0	0.327	3.535	0.0915	0.3201
IOS-HVS60d	43.0	0.354	4.229	0.0991	0.3775

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen für das Bezugsjahr 2015

### 5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

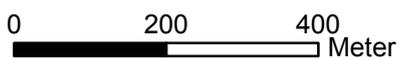
Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO<sub>x</sub> und NO<sub>2direkt</sub> werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang A2 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO<sub>x</sub> und NO<sub>2direkt</sub> dargestellt.

**Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für die Heinigstraße an der Luftmessstelle südlich der Kaiser-Wilhelmstraße die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für das Bezugsjahr 2015 nach Fahrtrichtungen (grob angegeben; Nord-Süd entspricht von Norden nach Süden, Süd-Nord entspricht von Süden nach Norden, Süd-West entspricht dem Linksabbieger von Süden nach Westen).



### Verkehrssituation

- IOS-FernC60
- IOS-HVS50
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS60
- IOS-Sam50d
- IOS-Sam50g



**Abb. 5.1**

63036-15-01

Verkehrssituation auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet



Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

Fahrtrichtung	DTV [Kfz/24h]	LKW-Anteil [%]	Verkehrssituation	Mittlere Emissionsdichte	
				NO <sub>x</sub> [mg/(m*s)]	NO <sub>2</sub> direkt mg/(m*s)
Nord-Süd	14 470	5.0	IOS-Sam50d	0.104	0.0202
Süd-Nord	9 690	5.0	IOS-Sam50d	0.070	0.0135
Süd-West	4 780	5.0	IOS-Sam50g	0.037	0.0072

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2015 für die Heinigstraße südlich der Kaiser-Wilhelmstraße nach Fahrtrichtungen

Aus dieser Zusammenstellung ist u.a. abzuleiten, dass ca. 18% der Emissionen des Straßenzuges auf der links abbiegenden Fahrspur direkt in Messstellennähe freigesetzt werden.

Ergänzend wurde auf der Grundlage der dynamischen Flottenzusammensetzung von Ludwigshafen eine Unterteilung der Fahrten nach den einzelnen Fahrzeuggruppen und Euro-Stufen für die Heinigstraße an der Luftmessstelle durchgeführt. In **Abb. 5.2** ist die Unterteilung nach PKW mit Benzinmotoren, PKW mit Dieselmotoren, leichte Nutzfahrzeuge (LNF) mit Benzin- und Dieselmotoren und schwere Nutzfahrzeug (SNF) mit den jeweiligen Euro-Stufen als Anteile am Gesamtverkehr in Prozent dargestellt.

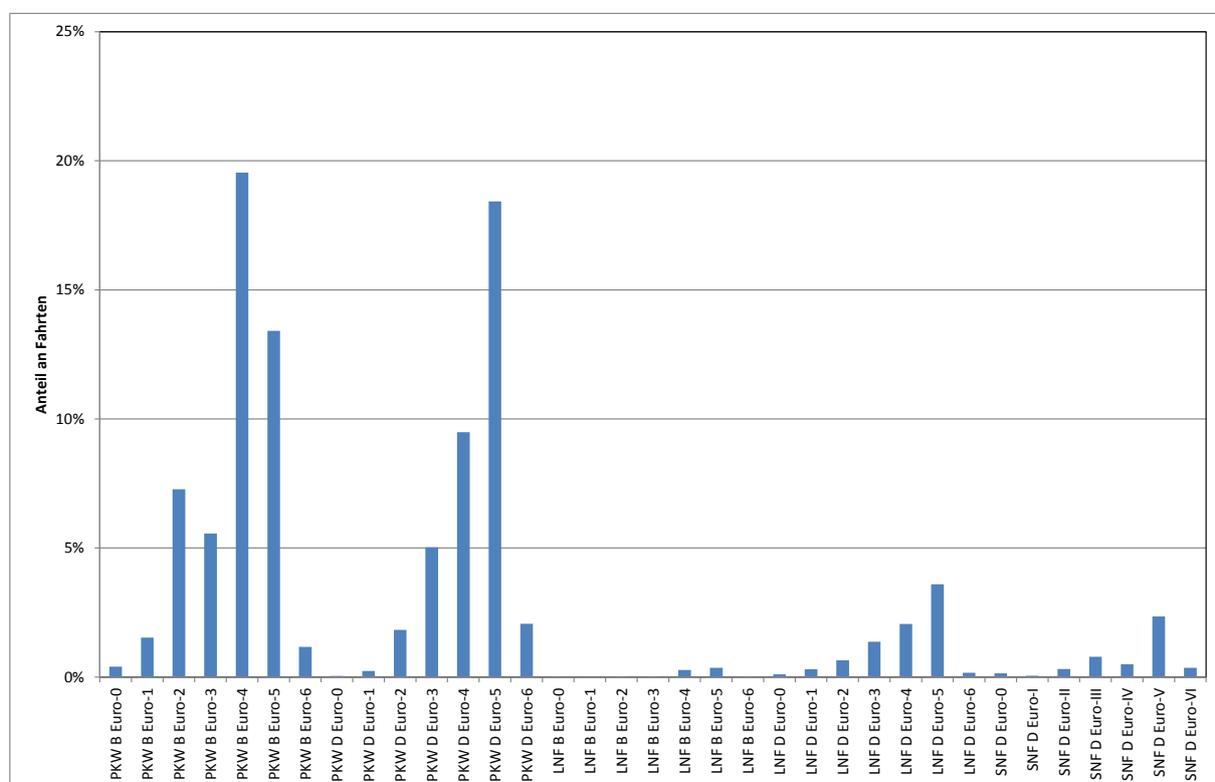


Abb. 5.2: Unterteilung der Fahrten in der Heinigstraße nach Fahrzeuggruppen und Euro-Stufen als prozentuale Anteile am Gesamtverkehr

Diese Unterteilung erfolgt auch für die berechneten  $\text{NO}_x$ -Emissionen und ist in **Abb. 5.3** aufgezeigt.

Dementsprechend erfolgt nahezu die Hälfte der Fahrten auf der Heinigstraße mit benzinbetriebenen PKW und ca. 37% mit dieselbetriebenen PKW, während die leichten Nutzfahrzeuge und LKW nur geringe Anteile an den Gesamtfahrten ausmachen. Die  $\text{NO}_x$ -Emissionen werden durch die dieselbetriebenen PKW und die LKW geprägt.

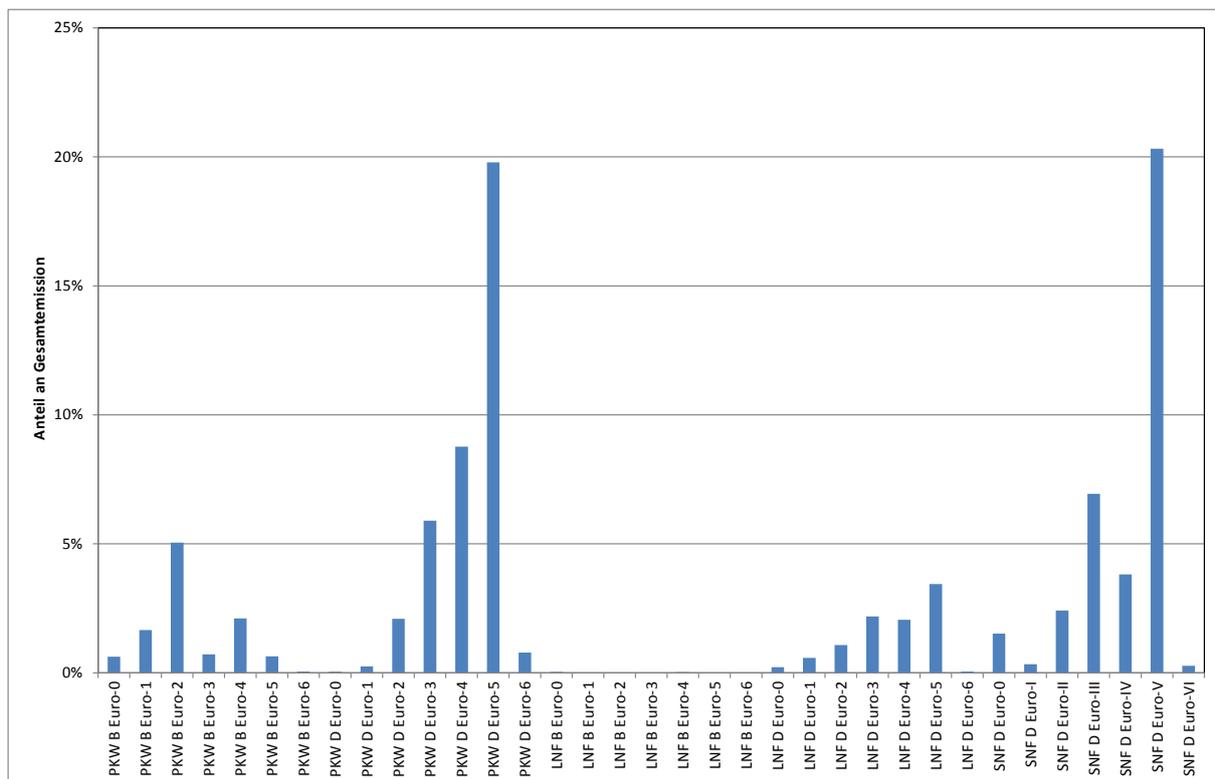


Abb. 5.3: Unterteilung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen in der Heinigstraße nach Fahrzeuggruppen und Euro-Stufen als prozentuale Anteile an den Gesamtemissionen  $\text{NO}_x$

## 5.4 Prognostizierte Emissionen

Aufbauend auf den oben beschriebenen Kfz-Emissionen auf der Grundlage der aktuellen Kfz-Flottenzusammensetzung erfolgt eine Prognose der Kfz-Emissionen mit veränderten Kfz-Flottenzusammensetzungen.

Das betrifft einmal die Umsetzung einer Umweltzonenregelung, in der nur Fahrzeuge mit grüner Plakette erlaubt sind. Dafür wird die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte in der Umweltzone gegenüber der Flotte ohne Umweltzone verändert, indem die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeugarten aus der Fahrzeugflotte ausgeschlossen werden, unter Berück-

sichtigung, dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. In den Berechnungen wird eine Umweltzonenregelung für den von den Hochstraßen eingeschlossenen Bereich (Innenstadtbereich Ludwigshafen) angesetzt; eine Beschränkung auf die beiden relevanten Hauptverkehrsstraßen Heinigstraße und Rheinuferstraße würde einen deutlich höheren Anteil der Nichtbefolgung erwarten lassen. Von den Fahrverboten der angenommenen Umweltzonenregelungen wären im Jahr 2015 ca. 8.8% der PKW-Fahrten, ca. 27.3% der Lieferwagenfahrten und ca. 28.8% der LKW-Fahrten betroffen.

Weiterhin wird eine Entwicklung der Fahrzeugflottenzusammensetzung der Kfz bis zum Jahr 2020 sowie eine Umweltzonenregelung im Jahr 2020 berücksichtigt. Im Jahr 2020 wären von den Fahrverboten der Umweltzonenregelungen ca. 4.6% der PKW-Fahrten, ca. 13.4% der Lieferwagenfahrten und ca. 17.6% der LKW-Fahrten betroffen.

Damit entstehen ergänzend zum Bestand 2015 folgende Betrachtungsfälle:

- 2015 mit Berücksichtigung einer Umweltzonenregelung,
- 2020 mit fortentwickelter Kfz-Flottenzusammensetzung,
- 2020 mit fortentwickelter Kfz-Flottenzusammensetzung und Umweltzonenregelung.

Für diese Betrachtungsfälle wurden mit den angepassten Kfz-Flottenzusammensetzungen und den fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren aus dem HBEFA3.2 die Emissionsfaktoren für die Betrachtungsfälle mit der oben beschriebenen Vorgehensweise berechnet.

Für die Heinigstraße an der Messstelle ergeben sich in den Betrachtungsfällen verringerte motorbedingte Emissionen für  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_2$  direkt gegenüber dem Bestand 2015. Dies wird in **Abb. 5.4** vergleichend mit den berechneten Emissionen dargestellt, ausgedrückt als Emissionsdichten pro Meter (in  $\text{mg}/(\text{m s})$ ), und in **Abb. 5.5** als relative Änderung der Emissionen bezogen auf den Bestand 2015.

Die modifizierte Fahrzeugflottenzusammensetzung führt gegenüber dem Bestand 2015 zu einer Verringerung der motorbedingten  $\text{NO}_x$ -Emissionen um ca. 17% durch die Umweltzonenregelung, um ca. 31% durch die zeitliche Flottenentwicklung bis 2020 und um ca. 38 % bis 2020 mit Umweltzonenregelung. Die Verringerungen der direkten motorbedingten  $\text{NO}_2$ -Emissionen betragen zwischen 27% und 39%.

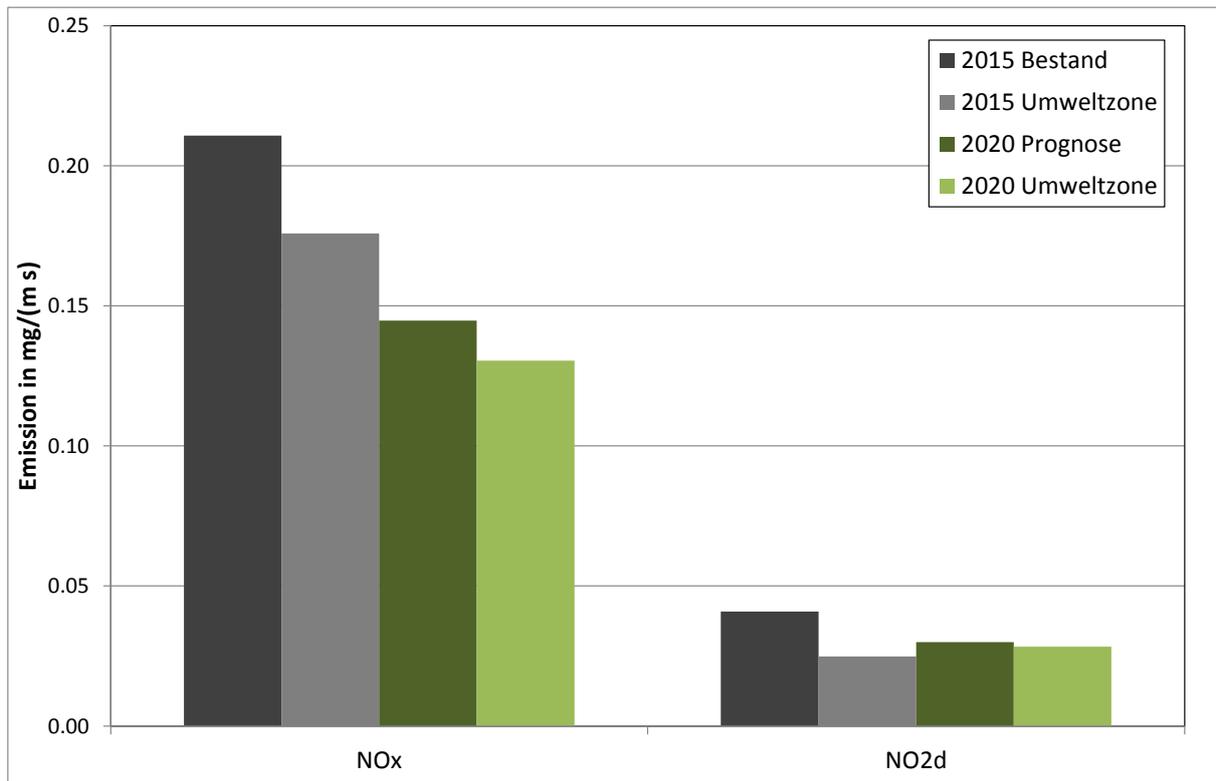


Abb. 5.4: Motorbedingte Emissionen für die Betrachtungsfälle auf der Heinigstraße am Standort der Luftmessstation

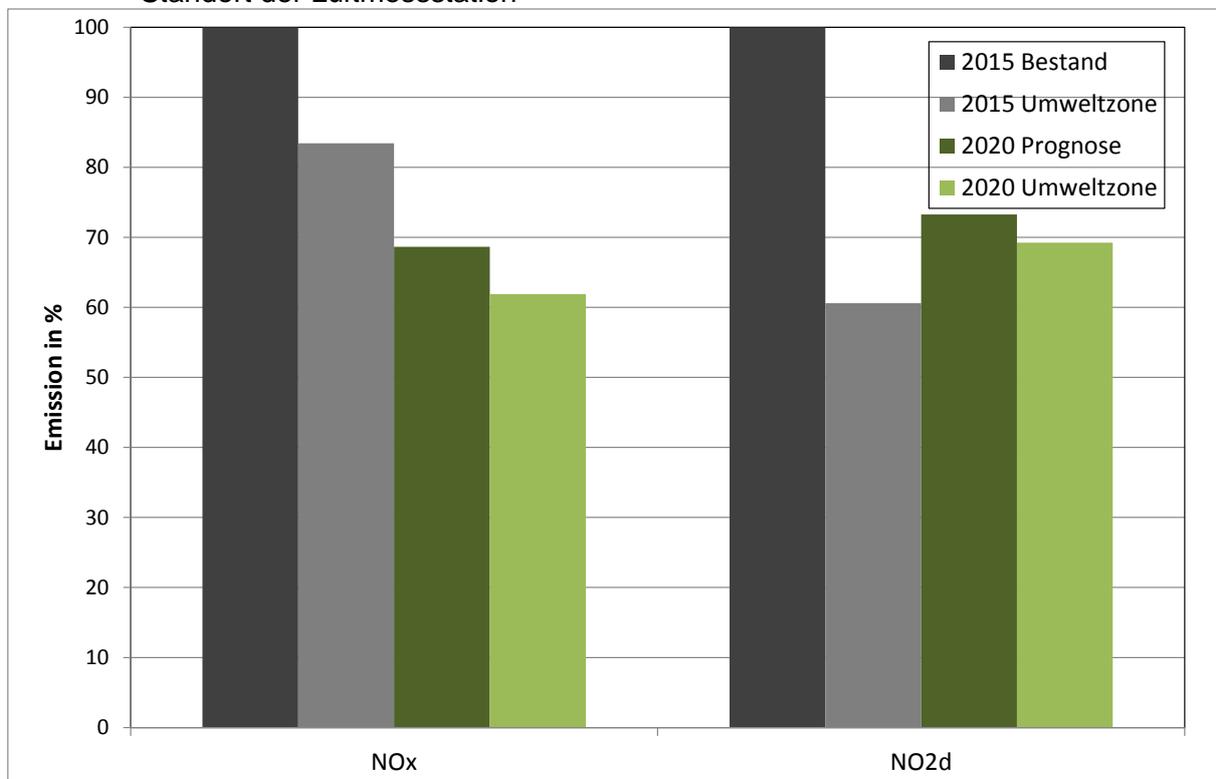


Abb. 5.5: Relative Änderung der motorbedingten Emissionen gegenüber dem Bestandsfall 2015

## 6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen, bestehend aus der Überlagerung der Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes, werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevanten Kenngrößen sind einheitliche Farben zugeordnet. Damit wird der geltende NO<sub>2</sub>-Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel mit roter Farbe belegt.

Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Bestand 2015 in der Umgebung der Messstelle Heinigstraße in einer Höhe von ca. 1.5 m über Grund, stellvertretend für den Aufenthaltsbereich der Menschen im Freien.

An der westlichen Straßenseite der Heinigstraße mit geschlossener Randbebauung in dem Abschnitt zwischen der Wredestraße und der Kaiser-Wilhelm-Straße sind NO<sub>2</sub>-Immissionen über 45 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der zur Luftmessstation Heinigstraße nächstgelegenen Randbebauung auf der Westseite der Heinigstraße sind mit den Berechnungen 47 µg/m<sup>3</sup> in ca. 1.5 m über Grund und am Standort der Messstation Heinigstraße in der Messhöhe in 3 m über Grund ebenfalls 47 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Aufgrund der zurückgesetzten und nicht geschlossenen Bebauung an der Ostseite der Heinigstraße sind dort geringere Immissionen berechnet, die unter 40 µg/m<sup>3</sup> liegen.

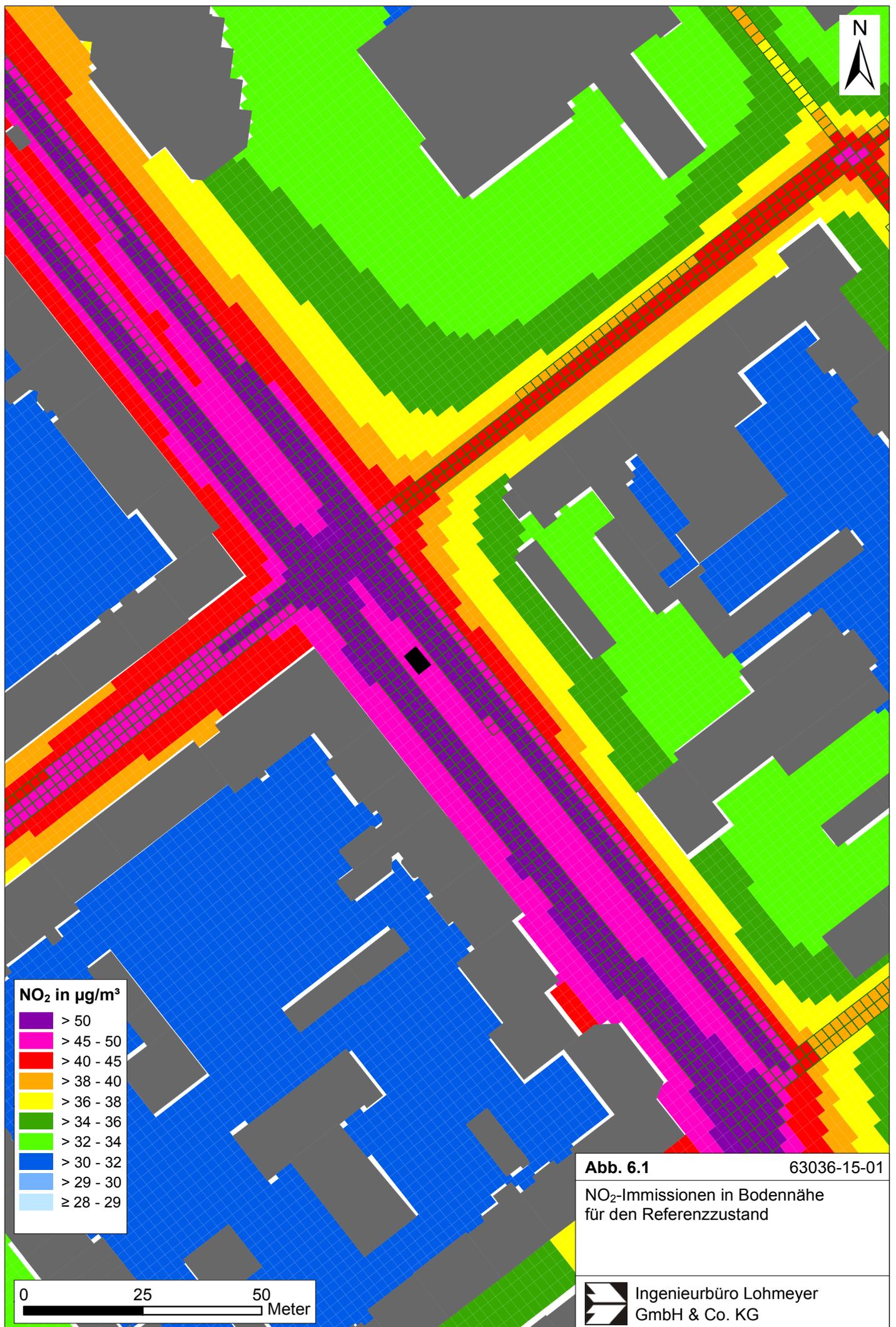
In **Abb. 6.2** sind die NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Referenzzustand 2015 mit Annahme einer geltenden Umweltzonenregelung dargestellt. Danach sind an der zur Luftmessstation Heinigstraße nächstgelegenen Randbebauung auf der Westseite der Heinigstraße NO<sub>2</sub>-Immissionen von ca. 45 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Damit ist gegenüber dem Referenzzustand eine etwas verringerte NO<sub>2</sub>-Immission dargestellt, die an der Randbebauung der Heinigstraße eine Reduktion bis um ca. 2 µg/m<sup>3</sup> beschreibt.

In **Abb. 6.3** sind die NO<sub>2</sub>-Immissionen für das Jahr 2020 mit Annahme einer unveränderten Verkehrsstärke dargestellt. Danach sind an der zur Luftmessstation Heinigstraße nächstgelegenen Randbebauung auf der Westseite der Heinigstraße NO<sub>2</sub>-Immissionen von ca. 42 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird dort überschritten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Berechnungen die städtische Hintergrundbelastung unverän-

dert angesetzt wurde. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch bei nicht in dieser Modellsimulation berücksichtigten Emittenten die zeitliche Entwicklung zu verringerten Freisetzungen, wie z.B. Kfz-Verkehr auf untergeordnetem Straßennetz, und damit zu einer Verringerung der städtischen Hintergrundbelastung führt.

In **Abb. 6.4** sind die NO<sub>2</sub>-Immissionen für das Jahr 2020 mit Annahme einer geltenden Umweltzonenregelung und unveränderter Verkehrsstärke dargestellt. Danach sind an der zur Luftmessstation Heinigstraße nächstgelegenen Randbebauung auf der Westseite der Heinigstraße NO<sub>2</sub>-Immissionen von ca. 41 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird geringfügig überschritten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in den Berechnungen die städtische Hintergrundbelastung unverändert angesetzt wurde. Es ist jedoch wie oben ausgeführt nicht auszuschließen, dass auch bei nicht in dieser Modellsimulation berücksichtigten Emittenten die zeitliche Entwicklung zu verringerten Freisetzungen, wie z.B. Kfz-Verkehr auf untergeordnetem Straßennetz, und damit zu einer Verringerung der städtischen Hintergrundbelastung führt.

In **Abb. 6.5** sind die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Messstellenstandort (ca. 3 m über Grund) und die westlich davon gelegene Randbebauung der Heinigstraße in ca. 1.5 m über Grund vergleichend dargestellt, ergänzt um den Eintrag des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel (gestrichelte Linie). In **Abb. 6.6** ist die relative Änderung der berechneten Immissionen mit Berücksichtigung einer Umweltzonenregelung und für das Prognosejahr 2020 bezogen auf den Bestand 2015 aufgezeigt. Für beide Standorte sind die berechneten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen vergleichbar. Die Umweltzonenregelung führt zu einer etwas verringerten NO<sub>2</sub>-Konzentration, d.h. Reduktion um ca. 1.5 µg/m<sup>3</sup> bzw. 3% bei aktueller Einführung. Für das Prognosejahr 2020 ist bei unveränderter Verkehrsbelastung eine Reduktion um ca. 5 µg/m<sup>3</sup> bzw. ca. 11% gegenüber dem Bestand 2015 berechnet und mit einer Umweltzonenregelung im Jahr 2020 eine Reduktion um ein weiteres µg/m<sup>3</sup>, d.h. einer Verringerung der NO<sub>2</sub>-Konzentration gegenüber dem Bestand 2015 um ca. 13%.



NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>

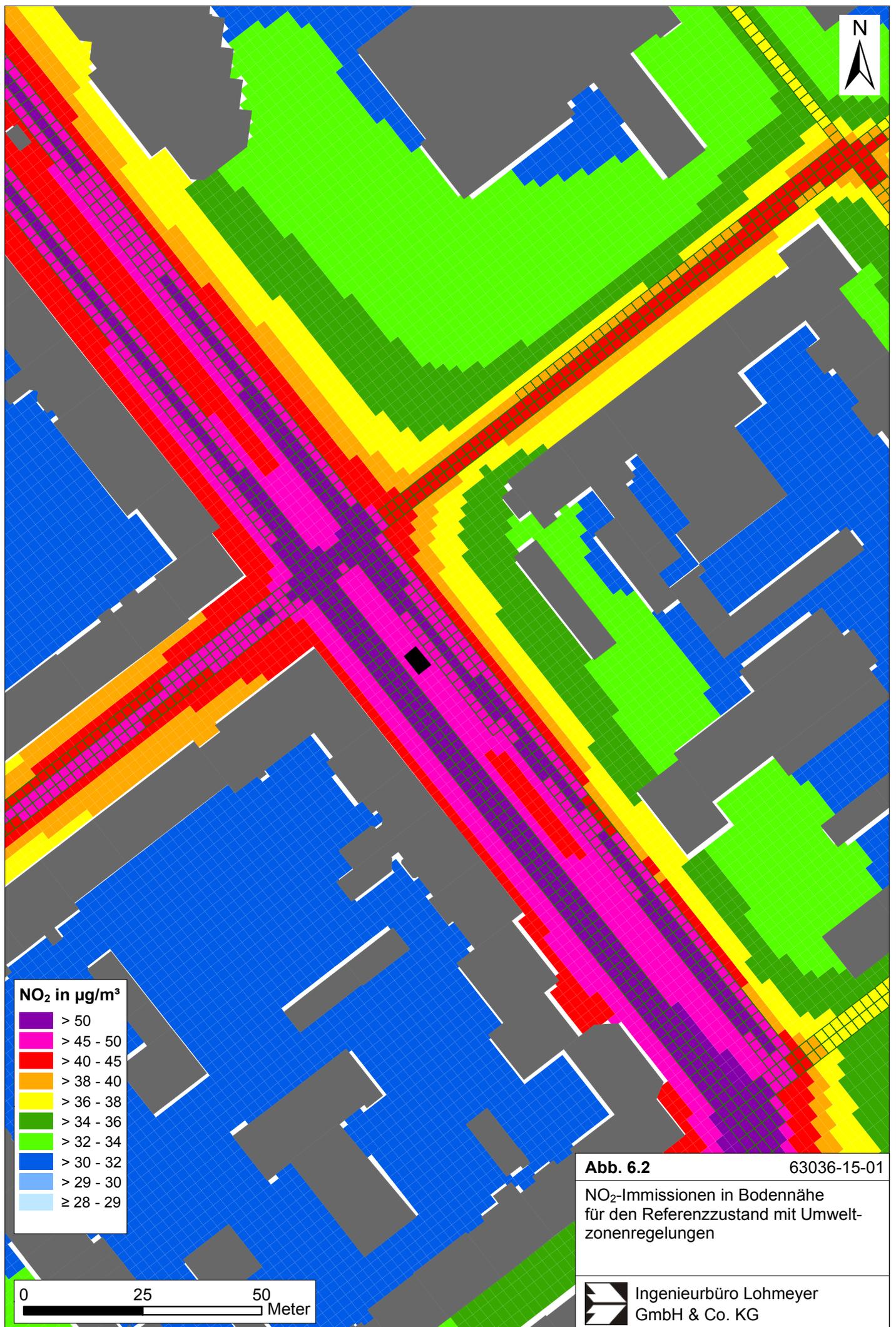
- > 50
- > 45 - 50
- > 40 - 45
- > 38 - 40
- > 36 - 38
- > 34 - 36
- > 32 - 34
- > 30 - 32
- > 29 - 30
- ≥ 28 - 29

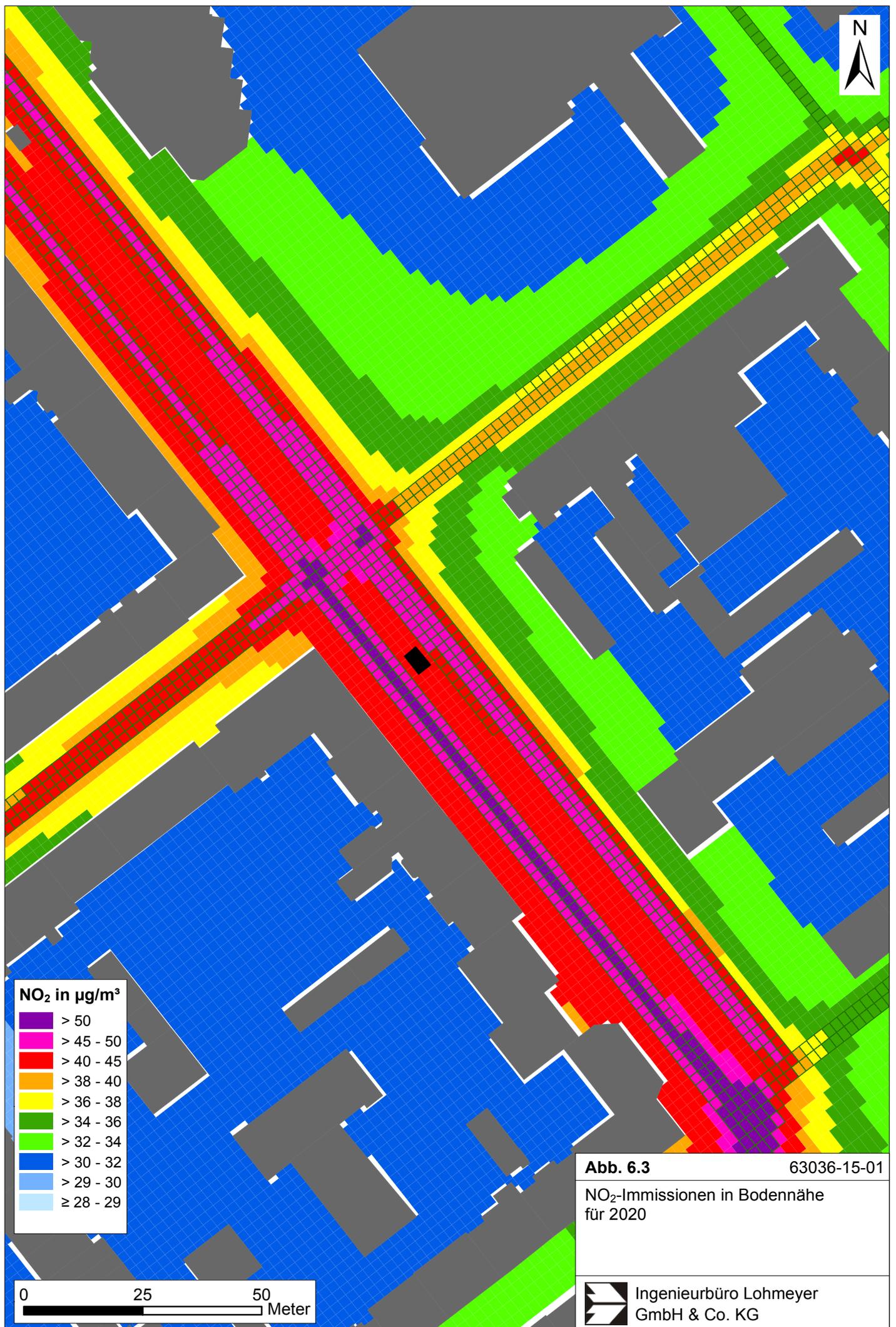
0      25      50  
 ───────────  
 Meter

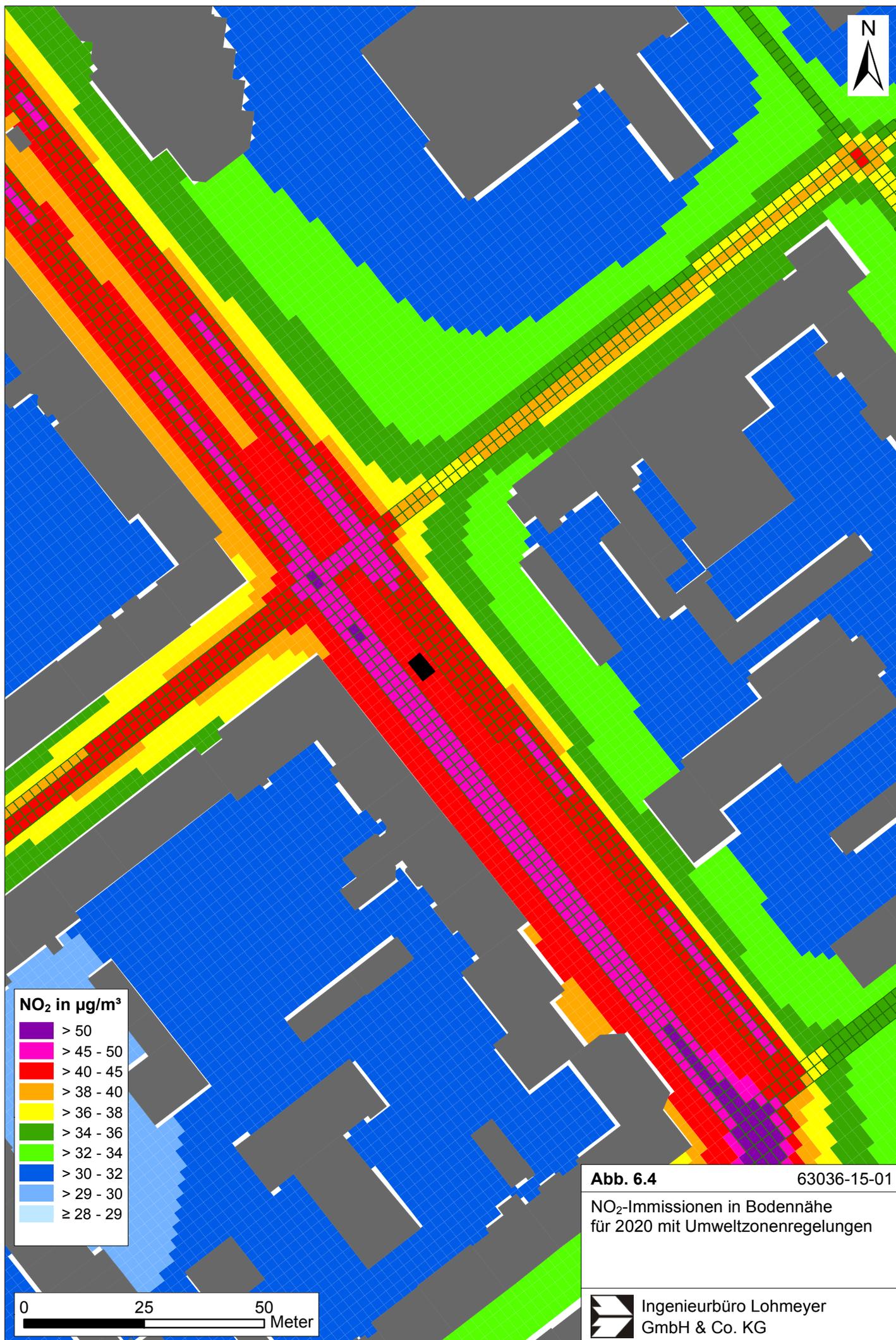
**Abb. 6.1** 63036-15-01

NO<sub>2</sub>-Immissionen in Bodennähe  
 für den Referenzzustand

Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG







**NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>**

- > 50
- > 45 - 50
- > 40 - 45
- > 38 - 40
- > 36 - 38
- > 34 - 36
- > 32 - 34
- > 30 - 32
- > 29 - 30
- ≥ 28 - 29

0      25      50  
 ───────────  
 Meter

**Abb. 6.4** 63036-15-01

NO<sub>2</sub>-Immissionen in Bodennähe  
 für 2020 mit Umweltzonenregelungen

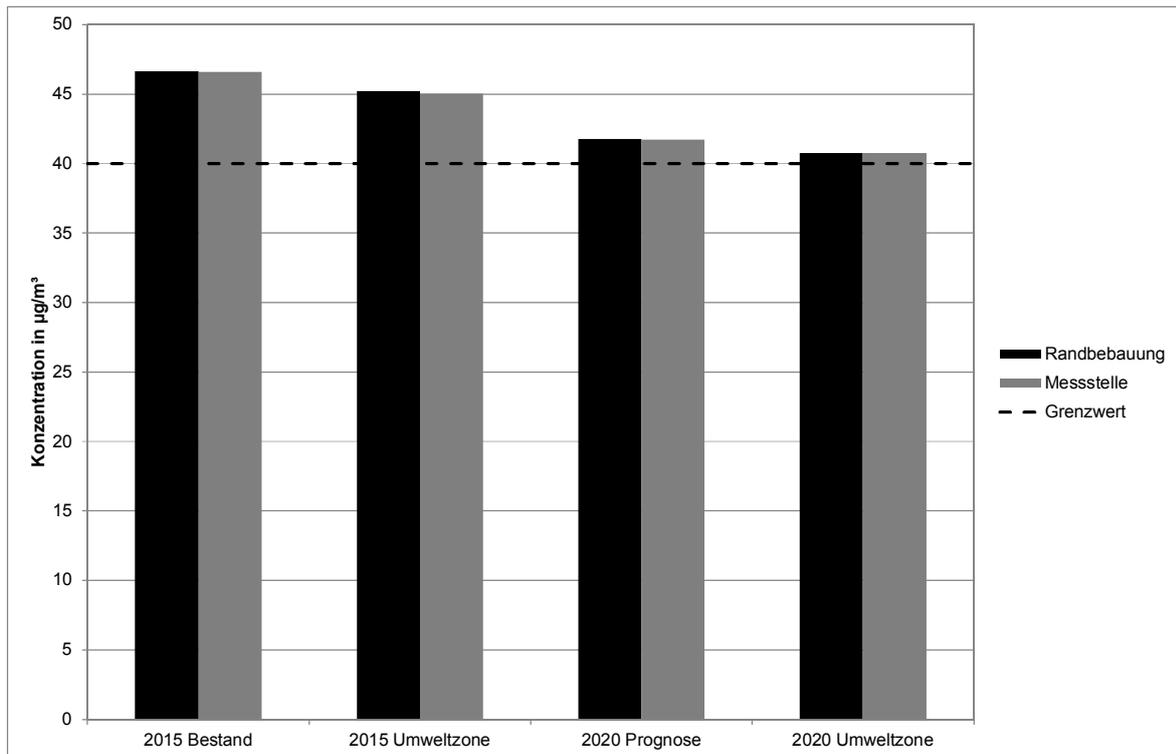


Abb. 6.5: Berechnete NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte in µg/m<sup>3</sup> am Standort der Luftmessstation und an der westlich gelegenen Randbebauung der Heinigstraße für die Betrachtungsfälle

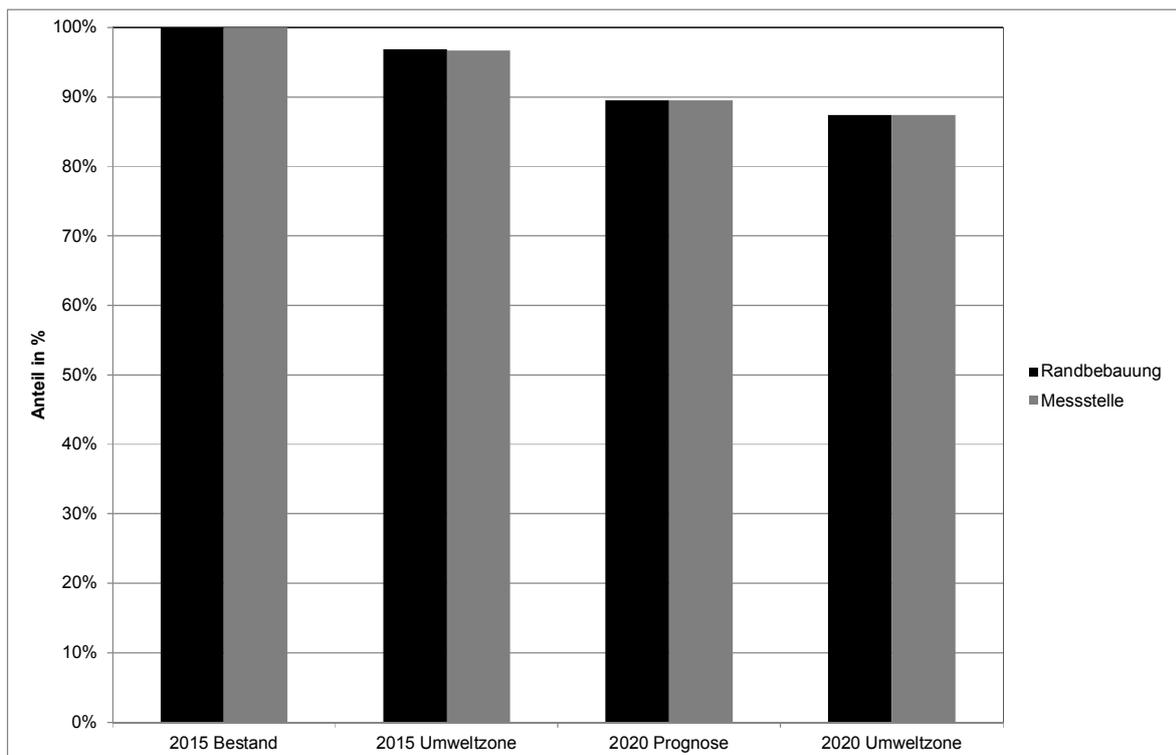


Abb. 6.6: Relative Änderung in % der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für die Betrachtungsfälle bezogen auf den Bestandsfall 2015

## 6.1 NO<sub>2</sub>-Immissionen im zentralen Stadtbereich

Ergänzend zu den oben aufgezeigten Berechnungsergebnissen für die Umgebung der Messstelle Heinigstraße in Ludwigshafen erfolgte die Auswertung der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen in Bodennähe für den Innenstadtbereich von Ludwigshafen (**Abb. 6.7**). Hohe Belastungen zeichnen sich wie oben beschrieben an der Randbebauung der Heinigstraße und deren Kreuzungsbereiche mit querenden Straßen (z.B. Kaiser-Wilhelm-Straße, Wredestraße, Bahnhofstraße) ab. Dort sind NO<sub>2</sub>-Immissionen über 40 µg/m<sup>3</sup> und teilweise über 45 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Im östlichen Bereich von Ludwigshafen sind an der Rheinuferstraße in den Abschnitten mit geschlossener Randbebauung ebenfalls NO<sub>2</sub>-Immissionen über 40 µg/m<sup>3</sup> und teilweise über 45 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Im überwiegenden Gebiet der Innenstadt von Ludwigshafen sind mit Ausnahme der beiden genannten Hauptverkehrsstraßen NO<sub>2</sub>-Immissionen an der nächstgelegenen Bebauung der Straßen unter 40 µg/m<sup>3</sup> und abseits der Straßen überwiegend auch unter 32 µg/m<sup>3</sup> dargestellt.

## 6.2 Zusammenwirken mit weiteren Maßnahmen

Entsprechend der oben beschriebenen Messdaten und Vorgehensweise werden in Ludwigshafen nur an Hauptverkehrsstraßen Konflikte mit dem NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert erfasst bzw. berechnet. Diese räumlich begrenzten Belastungen können gezielt durch den Kfz-Verkehr betreffende Maßnahmen verringert werden, indem die Schadstofffreisetzung dort reduziert wird.

Im Luftreinhalteplan für Ludwigshafen und dessen Fortschreibung sind weitere Maßnahmen genannt, für die jedoch keine rechnerischen Minderungswirkungen vorliegen und auch in dieser Untersuchung nicht erfolgen. Für diese genannten Maßnahmen für Ludwigshafen sind mindernde Wirkungen auf die Schadstofffreisetzung zu erwarten, jedoch nicht direkt in räumlichen Zusammenhang auf die stark belasteten Hauptverkehrsstraßen zu setzen. Ähnliche Maßnahmen sind in bestehenden Luftreinhalteplänen für Deutschland benannt, die in der MARLIS-Datenbank zusammengefasst sind und beschreiben teilweise erwartete Minderungen auf der Grundlage von Analogieschlüssen aus der Fachliteratur.



Das sind:

### **M 1 Weitere Verbesserung des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV)**

Die Verbesserung bzw. Förderung des ÖPNV wird sehr häufig als Maßnahme benannt, vereinzelt mit erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen um ca. 2% angegeben. Das betrifft flächenhaft die städtische Hintergrundbelastung, indem mit der intensiveren Nutzung des ÖPNV teilweise das Ersetzen von Kfz-Fahrten im Stadtgebiet erwartet wird. Übertragen auf Ludwigshafen kann ein erwarteter NO<sub>2</sub>-Minderungseffekt kleiner 1 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet werden. Entlang den „elektrifizierten BASF-Gleisanlagen“ wird zudem lokal der motorbedingte Beitrag des Schienenverkehrs gesenkt. Mit der Einrichtung von Bike+Ride-Anlagen an ÖPNV-Haltestellen soll die Kombination der Nutzung von ÖPNV und Fahrrad gegenüber dem Kfz-Verkehr gefördert werden.

### **M 2 Weitere Anpassung der Busflotte der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH RNV / Palatina Bus**

Die Verbesserung bzw. Anpassung der Busflotte wird sehr häufig als Maßnahme benannt und mit erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen zwischen ca. 2% bis ca. 11% angegeben. Die Wirkungen beziehen sich auf die von den Bussen frequentierten Straßenabschnitte; die Messstelle Heinigstraße in Ludwigshafen ist davon nur mittelbar betroffen.

### **M 3 Stadtplanerische Rahmenbedingungen**

Um Verkehrsabläufe zu verbessern, sind umfangreiche straßenbauliche Maßnahmen geplant. Im Zusammenhang mit der Erneuerung der Hochstraße-Nord wird derzeit die in dem Variantenvergleich herausgearbeitete „Stadtstraße lang“ mit direktem Anschluss an das städtische Straßennetz geplant. Detaillierte Ausarbeitungen zu den verkehrlichen Auswirkungen befinden sich derzeit in Erarbeitung.

Mit der Umnutzung bisheriger gewerblicher Nutzflächen in die geplante Wohnbebauung „Rheinufer Süd“ und „Parkinsel“ werden nahe des Stadtkerns Wohnnutzungen mit kurzen Wegstrecken in die Stadt unter Vermeidung zusätzlicher Fahrtenaufkommen errichtet.

Die Entwicklung des Kaufhausstandortes am Berliner Platz mit entsprechender Einbindung in städtische Nutzungen und ans ÖPNV-Netz erfolgt im Hinblick auf Vermeidung zusätzlicher Fahrtenaufkommen.

#### M 4 Weitere Verbesserungen im Radverkehr

Die Verbesserung im Radverkehr wird sehr häufig als Maßnahme benannt und mit erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen um ca. 1% angegeben. Das betrifft flächenhaft die städtische Hintergrundbelastung, indem mit der intensiveren Nutzung des Fahrrades für kürzere Wege teilweise das Ersetzen von Kfz-Fahrten im Stadtgebiet erwartet wird. In Einzelfällen werden Minderungen bis 25% genannt, wenn durch bauliche Umgestaltung der Kfz-Verkehr zu Gunsten des Fahrradverkehrs in Teilbereichen verdrängt wird. Das Verlagerungspotential der kurzen Fahrten auf das Fahrrad in Ludwigshafen wird durch Beobachtungen in Karlsruhe unterstützt, indem an einer innerstädtischen Radverkehrszählstation im Mittel an Werktagen über 5 000 Fahrradfahrten erfasst sind und auch in Wintermonaten an Werktagen über 3 500 Fahrten, in Sommermonaten bis 8 700 Fahrten pro Werktag erfasst sind (siehe **Abb. 6.8**). Übertragen auf Ludwigshafen kann ein erwarteter flächenhafter NO<sub>2</sub>-Minderungseffekt im Stadtgebiet kleiner 1 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet werden. Eine direkte Wirkungsübertragung auf die Heinigstraße an der Messstelle, an der auch ein Fahrradweg besteht, kann nicht belastbar erfolgen.

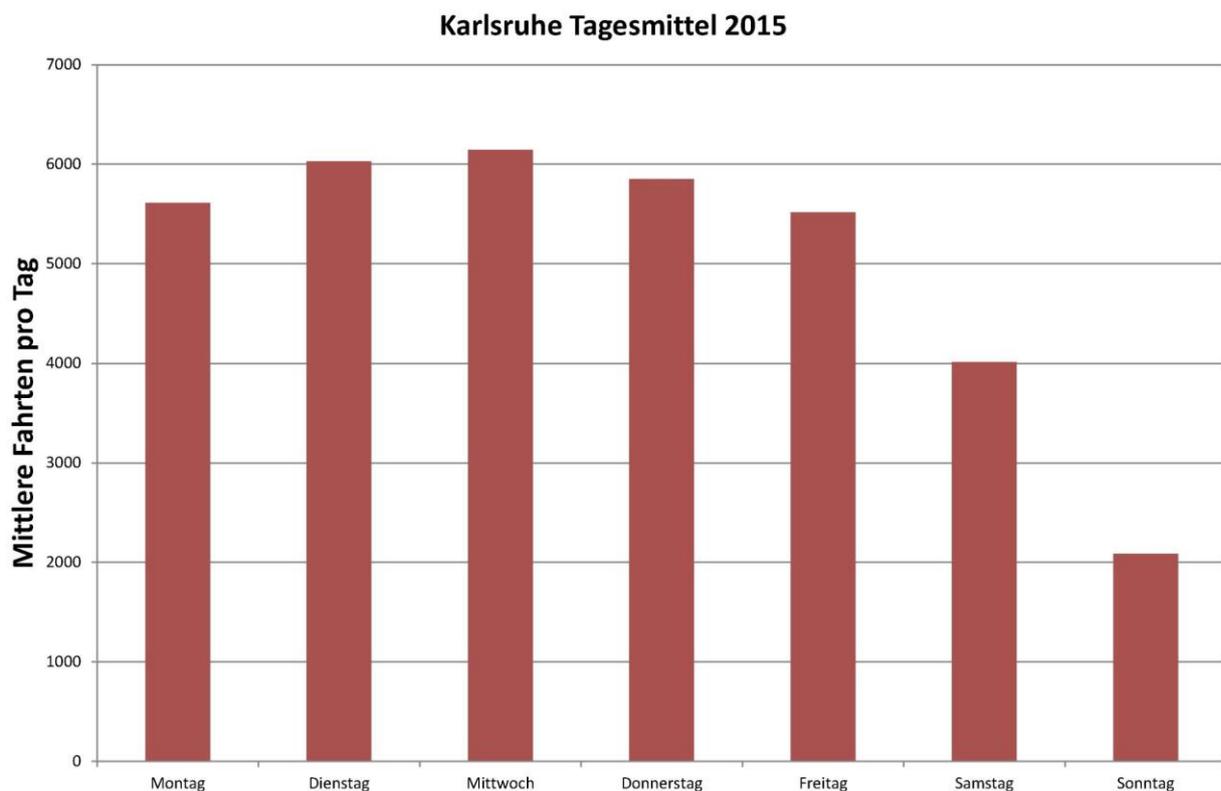


Abb. 6.8: Erfasste mittlere tägliche Fahrradfahrten am Fahrradverkehrszähler Karlsruhe 2015

**M 5 Verbesserungen im Verkehrskonzept**

Die Verbesserung im Verkehrskonzept wird mehrfach als Maßnahme benannt ohne Angaben zu erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen. Solche Maßnahmen beziehen sich oft auf Optimierungen des Verkehrsflusses und Verkehrsablaufs in Teilbereichen des Straßennetzes und können im Nahbereich zu Änderungen der Freisetzungsfaktoren führen. Eine mögliche Quantifizierung ist nur mittels Detailbetrachtungen konkreter Umsetzungen möglich.

**M 6 Selbstverpflichtung von 5% Verkehrsreduktion**

Ziel der Verkehrsplanung ist eine Reduzierung des Individualverkehrs um 5% in Ludwigshafen zu erreichen. Das betrifft flächenhaft die städtische Hintergrundbelastung, indem insgesamt eine Verringerung der PKW-Fahrten im Stadtgebiet erwartet wird; der verkehrsbedingte Emissionsbeitrag ändert sich um weniger als 5%, wenn die anderen Kfz-Fahrten unverändert bleiben. Übertragen auf die Heinigstraße könnte der verkehrsbedingte Beitrag bei 5%iger Reduktion des PKW-Verkehrs um ca. 2% verringert werden; das entspricht einer Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immission um weniger als 1 µg/m<sup>3</sup> unter der Annahme, dass sich auch die angestrebte Maßnahme direkt auf die Hauptverkehrsstraße auswirkt.

**M 7 Ausbau des Mobilitätskonzepts**

Der Ausbau des Mobilitätskonzepts wird mehrfach als Maßnahme benannt ohne Angaben zu erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen.

Das angeführte Projekt zur Reduzierung von Lärm und Schadstoffemissionen durch Fahrerschulungen kann gewisse Minderungen erzielen, wenn der bestehende Verkehr sich bislang nicht an moderate Verkehrsverhalten hält. Die Unterstützung des Car-Sharings kann sich reduzierend auf die Kfz-Beiträge auswirken, wenn damit emissionsgeminderte Kfz verstärkt zum Einsatz kommen. Eine Quantifizierung der Auswirkungen ist nicht ableitbar.

**M 8 Weiterer Ausbau der Fernwärmeversorgung**

Der Ausbau der Fernwärmeversorgung wird vereinzelt als Maßnahme benannt ohne Angaben zu erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen. Die Maßnahme kann sich flächenhaft auf die städtische Hintergrundbelastung auswirken, indem bisherige Hausheizungen mit Brennstoffen durch Fernwärmeversorgung ersetzt werden. Eine Quantifizierung der Auswirkungen ist nur mit detaillierten Angaben der geplanten Umnutzungen möglich.

**M 9 Energetische Verbesserungen im Bestand städtischer Gebäude**

Die Maßnahme kann sich flächenhaft auf die städtische Hintergrundbelastung auswirken, indem bisheriger Gebäudeheizungsbedarf mit Brennstoffen verringert wird. Eine Quantifizierung

zung der Auswirkungen ist nur mit detaillierten Angaben der geplanten Umnutzungen möglich.

#### **M 10 Projekt „Wärme Contracting-34-Schulen“**

Die Maßnahme kann sich flächenhaft auf die städtische Hintergrundbelastung auswirken, indem bisheriger Gebäudeheizungsbedarf mit Brennstoffen verringert wird. Eine Quantifizierung der Auswirkungen ist nur mit detaillierten Angaben der geplanten Umnutzungen möglich.

#### **M 11 Erstellung Klimaschutzkonzept – Teilbereich Mobilität**

Diese Maßnahme ähnelt der des Ausbaus des Mobilitätskonzepts mit vergleichbar zu erwarteten Minderungen der NO<sub>2</sub>-Immissionen. Eine Quantifizierung der Auswirkungen ist nicht ableitbar.

#### **M 12 Weitere Verbesserungen bei der Umstellung des städtischen Fuhrparks**

Diese Maßnahme bewirkt eine zeitliche Forcierung der Erneuerung der Fahrzeugflotte, kann beim Einsatz von alternativen Antriebstechniken (Elektro, Gas, Wasserstoff, Hybrid) den spezifischen Schadstoffbeitrag des städtischen Fuhrparks deutlich senken. Die Wirkung auf die Emissionen im Straßennetz und die Immissionen ist abhängig vom relativen Fahrleistungsanteil zum Gesamtverkehr der einzelnen Straßenabschnitte. Eine Quantifizierung der Maßnahme erfordert detaillierte Informationen über den jeweiligen Fahrleistungsanteil der städtischen Fahrzeuge am Gesamtaufkommen auf den Hauptverkehrsstraßen, um entsprechende Minderungswirkungen durch den Einsatz von lokal nicht emittierenden Fahrzeugen ableiten zu können.

#### **Fazit zu den genannten Maßnahmen**

Entsprechend der Beschreibung der Maßnahmen ist festzuhalten, dass die genannten weiteren Maßnahmen dazu beitragen, flächenhaft im Stadtgebiet von Ludwigshafen die Schadstofffreisetzungen zu beeinflussen, was sich auf die städtische Hintergrundbelastung mindernd auswirkt. Hinsichtlich der Wirkung ist nicht auszuschließen, dass das Zusammenwirken der Maßnahmen zu einer NO<sub>2</sub>-Minderung in der Höhe der Wirkung einer Umweltzonenregelung führt.

## 7 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.
- Durth Roos Consulting GmbH (2012): Streckenbelastung. Variante 3, erstellt am 23.11.2012
- Durth Roos Consulting GmbH (2013): Streckenbelastung – Endzustand – Übersicht B44 Ludwigshafen. Variante 3 – 5, erstellt am 12.11.2013
- Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Dissertation, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- Eichhorn, J. (2003): MISKAM Handbuch zu Version 4.22. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2004): Application of a new evaluation guideline for microscale flow models (PPT-Präsentation, 389 kB). Vortrag auf der "9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modeling for Regulatory Purposes", 1. – 4. Juni 2004, Garmisch-Partenkirchen. Verfügbar unter: c WinMISKAM.
- Ketzel, M., Berkowicz, R., Lohmeyer, A. (1999): Dispersion of traffic emissions in street canyons: Comparison of European numerical models with each other as well as with results from wind tunnel and field measurements. In: 2nd Int. Conf. On Urban Air Quality, Madrid, Spain, organised by Institute of Physics, Conference Department, 76 Portland Place, London, W1N 3DH, UK.
- 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.
- LUWG (2007-2015): Zentrale Immissionsmessnetz für Rheinland-Pfalz (ZIMEN). Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Stationen in Ludwigshafen des Luftmessnetzes Rheinland-Pfalz unter <http://www.luft-rlp.de/>. Hrsg.: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Rheinland-Pfalz.

- 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>"
- Schmidt, G., Thomas, B. (1996): Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerortsbereich (FE-Nr. 77 224/93). Bericht der Fa. Heusch Boesefeldt GmbH, Aachen. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn.
- Stiemer, S.F. (1977): Windumströmung von Gebäuden und Gebäudeklima. In: E. Franke et al. (Editor): Stadtklima. Stuttgart: Krämer, S. 97-111.
- 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 (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1 / Januar 2010. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net).
- UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.2 / Juli 2014. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net).
- UBA (2016 a): Jährliche Auswertung NO<sub>2</sub> im Jahr 2015, Umweltbundesamt Berlin, 20.01.2016  
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/jaehrliche-auswertung-no2-2015-excel-version>
- UBA (2016 b): Feinstaub (PM10) im Jahr 2015, Umweltbundesamt Berlin, 20.01.2016  
<https://www.umweltbundesamt.de/dokument/jaehrliche-auswertung-feinstaub-pm10-2015-excel>
- VDI (2003): Umweltmeteorologie. Kfz-Emissionsbestimmung. Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782, Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2005): Umweltmeteorologie. Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2005.

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

## A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

### A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide ( $\text{NO}_x$  als Summe von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von  $\text{PM}_{10}$  und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

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

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

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

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

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

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

## A1.2 Vorsorgewerte

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

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup> aus, der ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM2.5-Exposition von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-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 PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2020 erreicht werden.

### **A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen**

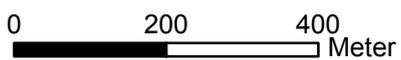
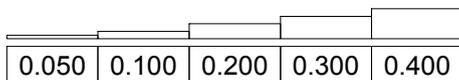
Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 11. Juni 2008 in Kraft getreten. Mit der 39. BImSchV hat die Bundesregierung die EU-Richtlinie weitgehend in nationales Recht umgesetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM2.5-Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird 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.

### **A1.4 Schutz der Vegetation**

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann. Die Erfassung und Anwendung ist für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind.

**A N H A N G A 2**  
**EMISSIONEN IM STRASSENNETZ**



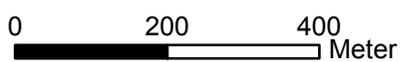
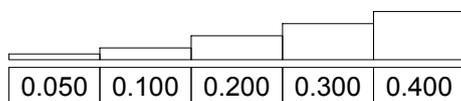
**Abb. A2.1**

63036-15-01

Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem  
Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
für den Bestand 2015



Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG



**Abb. A2.2**

63036-15-01

Mittlere NO<sub>2</sub>-Emissionsdichte auf dem  
Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
für den Bestand 2015



Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG