

**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. Wolfgang Bächlin

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

## **BEBAUUNGSPLAN „FLUGFELD – PARKSTADT WEST“ 8.0 IN BÖBLINGEN**

### **- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber: Zweckverband Flugfeld Böblingen/Sindelfingen  
Konrad-Zuse-Platz 1  
71034 Böblingen

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr. rer. nat. R. Hagemann

April 2018, redaktionell geändert August 2018  
Projekt 63521-18-01  
Berichtsumfang 52 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3 VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>7</b>
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM .....	7
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen .....	10
<b>4 EINGANGSDATEN .....</b>	<b>11</b>
4.1 Verkehrsdaten .....	13
4.2 Meteorologische Daten .....	17
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung .....	17
<b>5 EMISSIONEN .....</b>	<b>21</b>
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	21
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	21
5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	21
<b>6 ERGEBNISSE .....</b>	<b>26</b>
6.1 Stickstoffdioxid.....	26
6.2 Feinstaub (PM10) .....	30
<b>7 AUSSAGEN ZU WEITEREN IMMISSIONSEINFLÜSSEN.....</b>	<b>34</b>
<b>8 LITERATUR .....</b>	<b>36</b>
<b>A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN .....</b>	<b>40</b>
<b>A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG .....</b>	<b>44</b>
<b>A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE .....</b>	<b>47</b>

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### **Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung**

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben.

### **Grenzwerte / Vorsorgewerte**

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

### **Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)**

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

**Feinstaub / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

In Böblingen ist auf dem ehemaligen Flugfeld eine Neubebauung vorgesehen. Für ein Teilbereich wird der Bebauungsplan „Flugfeld – Parkstadt West“ 8.0 erarbeitet. Das Vorhaben befindet sich nördlich der Calwer Straße.

Dafür waren Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe mit Beurteilungen nach der 39. BImSchV erforderlich. Das beinhaltet die Betrachtung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe, für die in der 39. BImSchV Grenzwerte genannt sind, und die die jeweiligen Grenzwerte am deutlichsten ausschöpfen, was insbesondere auf Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und eingeschränkt auf Feinstaub (PM10) zutrifft.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen und durch den Betrieb der geplanten Parkhäuser mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA3.3, Stand 2017) für das Bezugsjahr 2020 die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet wurde die baulich umfangreicher Variante und für die Parkhäuser jeweils die höchste genannte Stellplatzanzahl.

Im Betrachtungsgebiet werden im Prognosenullfall die höchsten Konzentrationen entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten berechnet. Das betrifft insbesondere die Flugfeld-Allee, an deren gewerblicher Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 38 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind und den Nahbereich der Autobahn A 81. An der Calwer Straße sind an der relativ weit vom Fahrbahnrand abgerückten bestehenden Bebauung NO<sub>2</sub>-Konzentrationen unter 30 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind.

Im Planfall führt der zusätzliche Kfz-Verkehr auch zu erhöhten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen entlang den Hauptverkehrsstraßen und an den Parkhausöffnungen. An der Flugfeld-Allee sind an deren gewerblicher Randbebauung NO<sub>2</sub>-Konzentrationen unter 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der Calwer Straße sind an der bestehenden Bebauung NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 30 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der geplanten Klinik- Bebauung sind auch an den zur Straße zugewandten Gebäudefassaden im Erdgeschoss keine NO<sub>2</sub>-Konzentrationen über 32 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel prognostiziert. Nur im Nahbereich der geplanten Parkhäuser sind hohe NO<sub>2</sub>-Belastungen

dargestellt. Davon sind am westlich gelegenen Parkhaus keine umliegenden baulichen Nutzungen der geplanten Klinik oder bestehende Gebäude betroffen. Am östlichen Parkhaus sind an benachbarten geplanten Gebäuden deutliche  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten. Dort ist eine Belüftung der Räume über ein Öffnen der Fenster nicht zu ermöglichen; alternativ wäre eine zentrale Entlüftung des Parkhauses über dem Dachniveau erforderlich.

Der  $\text{NO}_2$ -Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An den von den Hauptverkehrsstraßen mit größerem Abstand gelegenen Gebäuden sind im Prognosenullfall und im Planfall überwiegend  $\text{NO}_2$ -Immissionen unter  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der geplanten Klinik-Bebauung wird auch an der zur Calwer Straße orientierten Gebäudeseite bei  $\text{NO}_2$ -Immissionen unter  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten. An der zum Parkhaus Ost benachbarten geplanten Bebauung sind  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten; bei entsprechenden Nutzungen liegen dort Konflikte mit dem Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor. Dafür ist für den Bauungsplan folgende Festsetzung zu treffen: „Für die Freisetzung der schadstoffbelasteten Abluft des Parkhauses sind technische Einrichtungen umzusetzen, die an der benachbarten Bebauung gesundheitsverträgliche Luftschadstoffkonzentrationen im Sinne der 39. BImSchV gewährleisten.“

Ergänzend ist anzuführen, dass die hier vorgestellte Planvariante mit einer langen geplanten Bebauung entlang der Calwer Straße aufgrund der größeren Gebäudevolumen zu intensiveren Einschränkungen des bodennahen Windfeldes führt und damit im Hinblick auf die verkehrsbedingten Schadstofffreisetzungen eine ungünstigere Variante gegenüber einer westlich etwas kürzeren Planvariante darstellt. Bei einer Planvariante mit geringerer Gebäudeausdehnung und vergleichbaren verkehrsbedingten Schadstofffreisetzungen sind keine höheren Konzentrationen im Plangebiet zu erwarten.

Die höchsten  $\text{PM}_{10}$ -Immissionen sind im Prognosenullfall entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten bis  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der gewerblichen Randbebauung der Flugfeld-Allee berechnet. An der Calwer Straße zeichnen sich zwar in Fahrbahnnähe erhöhte  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen ab, die aber an der bestehenden Bebauung mit  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen unter  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet sind.

Im Planfall führt der zusätzliche Kfz-Verkehr auch zu erhöhten  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen entlang den Hauptverkehrsstraßen und an den Parkhausöffnungen. An der Flugfeld-Allee sind

an der gewerblichen Randbebauung unter  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der Calwer Straße sind an der bestehenden Bebauung PM10-Konzentrationen unter  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und an der geplanten Klinik-Bebauung auch an den zur Straße zugewandten Gebädefassaden im Erdgeschoss keine PM10-Konzentrationen über  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel prognostiziert. Nur im Nahbereich der geplanten Parkhäuser sind hohe PM10-Belastungen dargestellt. Davon sind am westlich gelegenen Parkhaus keine umliegenden baulichen Nutzungen der geplanten Klinik oder bestehende Gebäude betroffen. Am östlichen Parkhaus sind an den nördlich und östlich benachbarten geplanten Gebäuden PM10-Konzentrationen bis  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert.

Der PM10-Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der jahresmittlere Schwellenwert von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zur Ableitung der Kurzzeitbelastung werden im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An der geplanten Klinik-Bebauung werden die PM10-Beurteilungswerte nicht erreicht und nicht überschritten. Hohe PM10-Konzentrationen sind nur an den Fassaden der geplanten Parkhäuser berechnet.

Aus lufthygienischer Sicht sind die Planungen mit der hier zu berücksichtigenden und vorgegebenen Gebäudekonstellation bezogen auf die Beurteilungswerte der 39. BImSchV zum Schutz der menschlichen Gesundheit nicht abzulehnen; sie führen nicht zu Konflikten mit den Beurteilungswerten an bestehenden und geplanten sensiblen Nutzungen; am östlichen Parkhaus sind zum Schutz benachbarter sensibler Nutzungen kontrollierte mechanische Belüftungen der Räume vorzusehen.

## **2 AUFGABENSTELLUNG**

In Böblingen ist auf dem ehemaligen Flugfeld eine Neubebauung vorgesehen. Für einen Teilbereich wird der Bebauungsplan „Flugfeld – Parkstadt West“ 8.0 erarbeitet. Das Vorhaben befindet sich nördlich der Calwer Straße.

Dafür sind u.a. Aussagen zu den Auswirkungen auf die Luftschadstoffe erforderlich. Dabei ist darzustellen, ob die geplanten Baumaßnahmen zu zusätzlichen Konflikten mit Beurteilungswerten der Luftschadstoffe an der bestehenden Bebauung, an benachbarten sensiblen Nutzungen und an geplanten baulichen Nutzungen führen. Die Beurteilung erfolgt nach der 39. BImSchV.

### 3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplante Bebauung verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO<sub>2</sub> und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel PM10. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>, Kohlenmonoxid CO und Feinstaubpartikel PM2.5 von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

#### 3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der geplanten Nutzung sind die Auswirkungen der Gebäudeumströmungen bei den Immissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen erfolgen mit dem für solche Fragestellungen geeigneten mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1995). Grundlage der Simulationsrechnungen sind die digitalen Daten der bestehenden Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand und die Planung werden für die Strömungsberechnungen in rechteckige Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht jeweils aus 440 x 340 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 200 m x 1 000 m. Es wird jeweils ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Planung an der Bebauung eine feine horizontale Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 41 Ebenen bis in eine Höhe von 550 m über Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle An-

strömungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das entsprechende Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage von Ergebnissen aktueller Forschungsarbeiten (BAST, 2005, Düring und Lohmeyer, 2011). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO<sub>2</sub>-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

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

### **3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte**

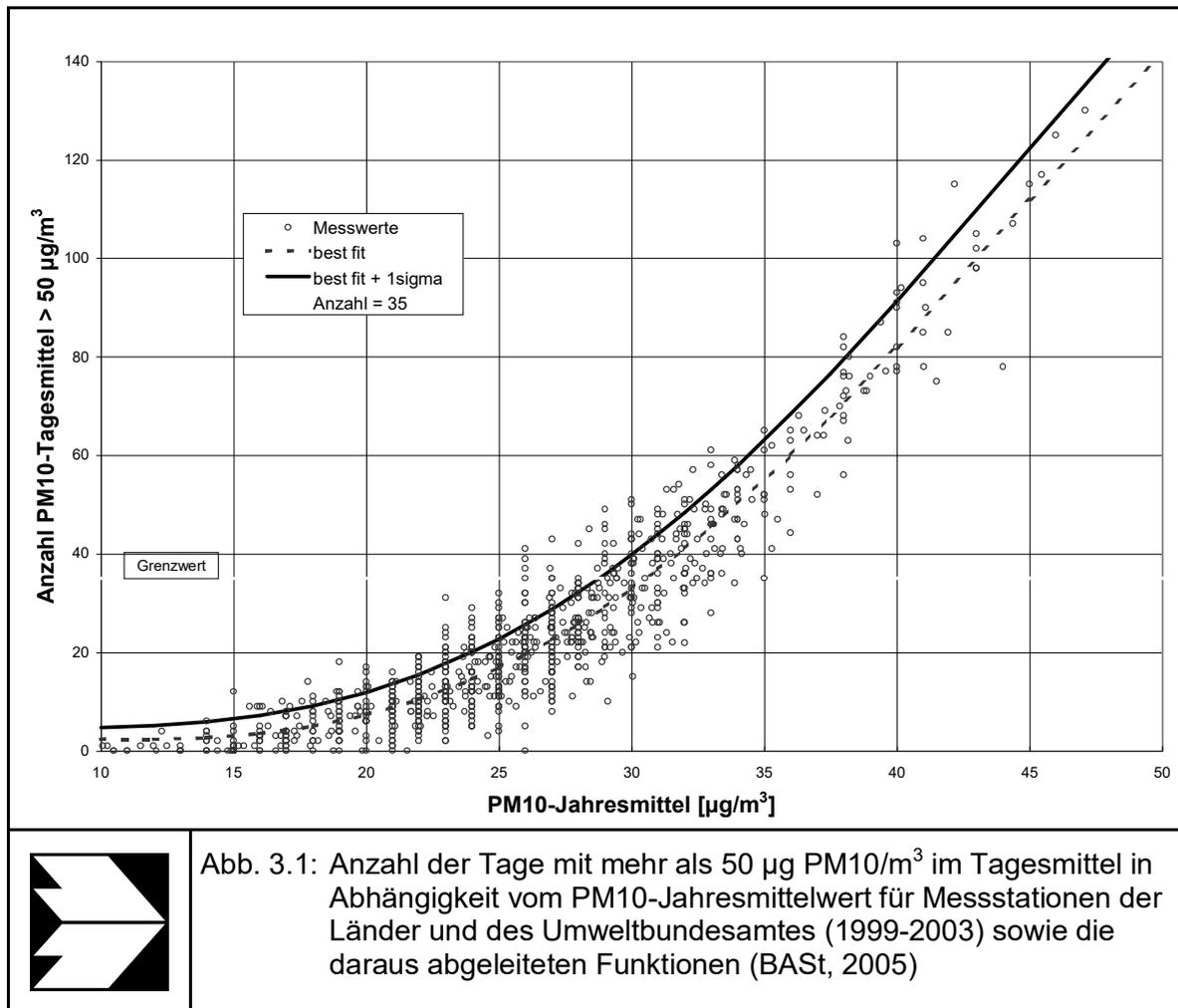
Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000)

kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten wird, wenn der 98-Perzentilwert  $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BAST, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca.  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



### 3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

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

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

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

## 4 EINGANGSDATEN

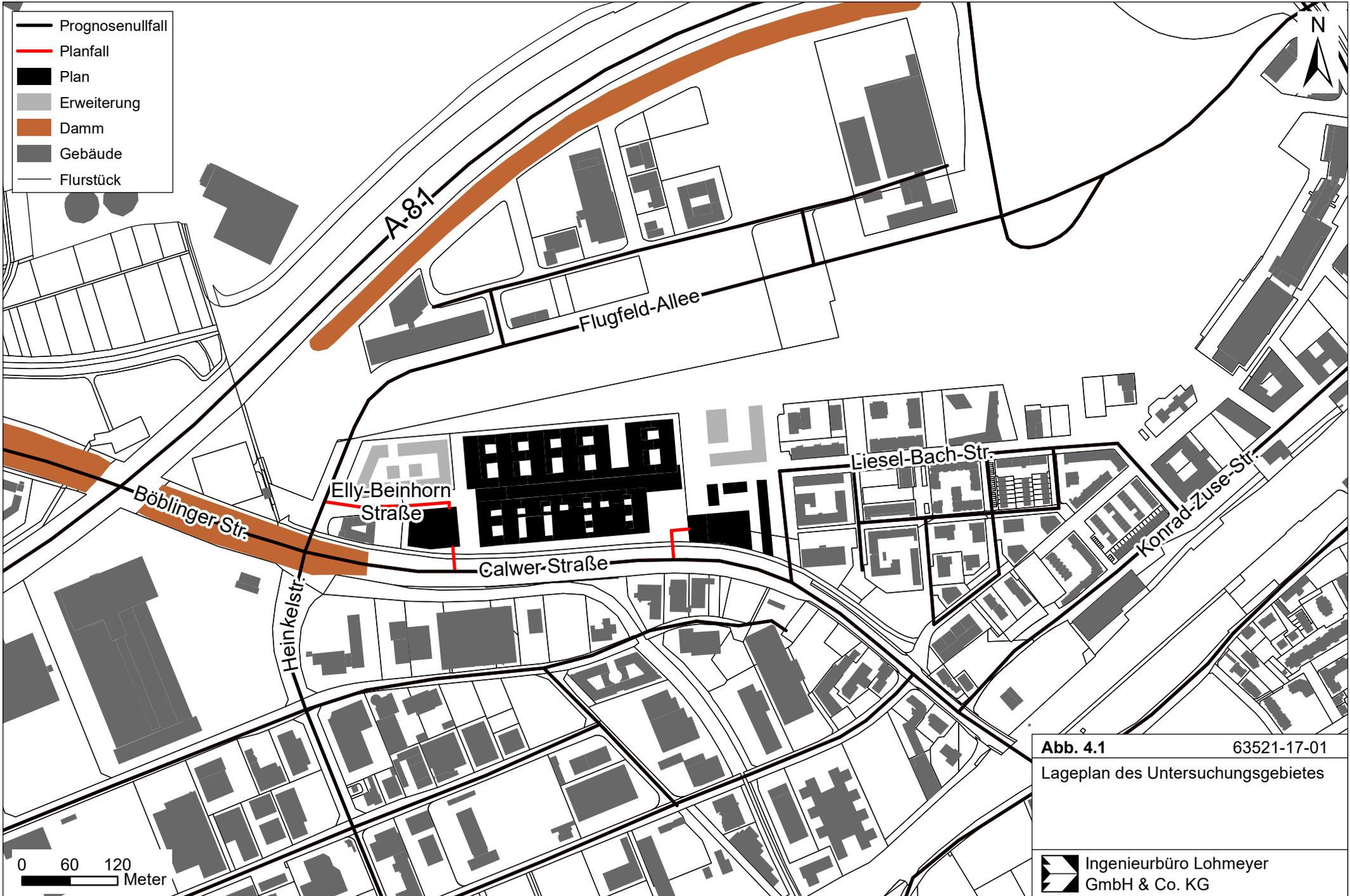
Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Bebauung, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Vereinbart wurde die Berücksichtigung einer aktuellen Planung für die Gebäude, um die Windfeldänderungen und die damit verbundene Beeinflussungen der Luftschadstoffausbreitung für den vorgegebenen Planfall im Detail zu berücksichtigen.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt, wobei die bestehende Bebauung grau und die geplante Bebauung mit den übergebenen Daten der Klinikgebäude und den Parkhäusern schwarz sowie weitere Baufelder unterschiedlicher Nutzungen, die hier zur Berücksichtigung der Ansteuerung der Berechnungen in der groben, pauschalen vorgegebenen maximal möglichen Ausführung eingehen und hellgrau dargestellt sind.

Das Bebauungsplangebiet „Flugfeld – Parkstadt West“ 8.0 befindet sich nördlich der Calwer Straße im Stadtbereich von Böblingen. Das ehemalige Flugplatzgelände wird derzeit baulich entwickelt. Dementsprechend befinden sich entlang der Calwer Straße und im östlichen Bereich bauliche Nutzungen. Nach Norden schließen eine Freifläche, Verkehrsflächen mit der Flugfeld-Allee und gewerbliche Nutzungen bis zur bestehenden, die Autobahn A 81 begleitenden Dammschüttung an. Westlich des Plangebietes und der Kreuzung mit der Flugfeld-Allee wird die Autobahn im Zuge der Böblinger Straße überführt.

In **Abb. 4.2** ist eine perspektivische Ansicht aus Süden mit der bestehenden Bebauung (grün), bestehenden Dammschüttungen (braun), der geplanten Bebauung (rot) und weiterer Baufelder (hellgrün) aufgezeigt.

Die Planung sieht die Errichtung eines Klinik-Areals nördlich der Calwer Straße über die Elly-Beinhorn-Straße hinweg vor. Der derzeitige Stand der Planung sieht zwei Varianten der Klinikbebauung vor, die sich im westlichen Bereich durch drei zusätzliche Baukörper unterscheiden, wobei für die vorliegende Untersuchung die weitergehende Variante vorausgesetzt wird und in **Abb. 4.2** mit den westlich ergänzten Gebäudeteilen dargestellt ist. Westlich und östlich der geplanten Klinik-Gebäude schließen geplante Parkhäuser an. Das westlich gelegene Parkhaus ist für Mitarbeiter vorgesehen und wird über die Calwer Straße und die Elly-Beinhorn-Straße erschlossen. Das östlich gelegene Parkhaus, das in direkter Nachbarschaft zu einem geplanten 48 m hohen Gebäude liegt, ist für Mitarbeiter und Besucher vorgesehen



**Abb. 4.1** 63521-17-01  
 Lageplan des Untersuchungsgebietes

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG

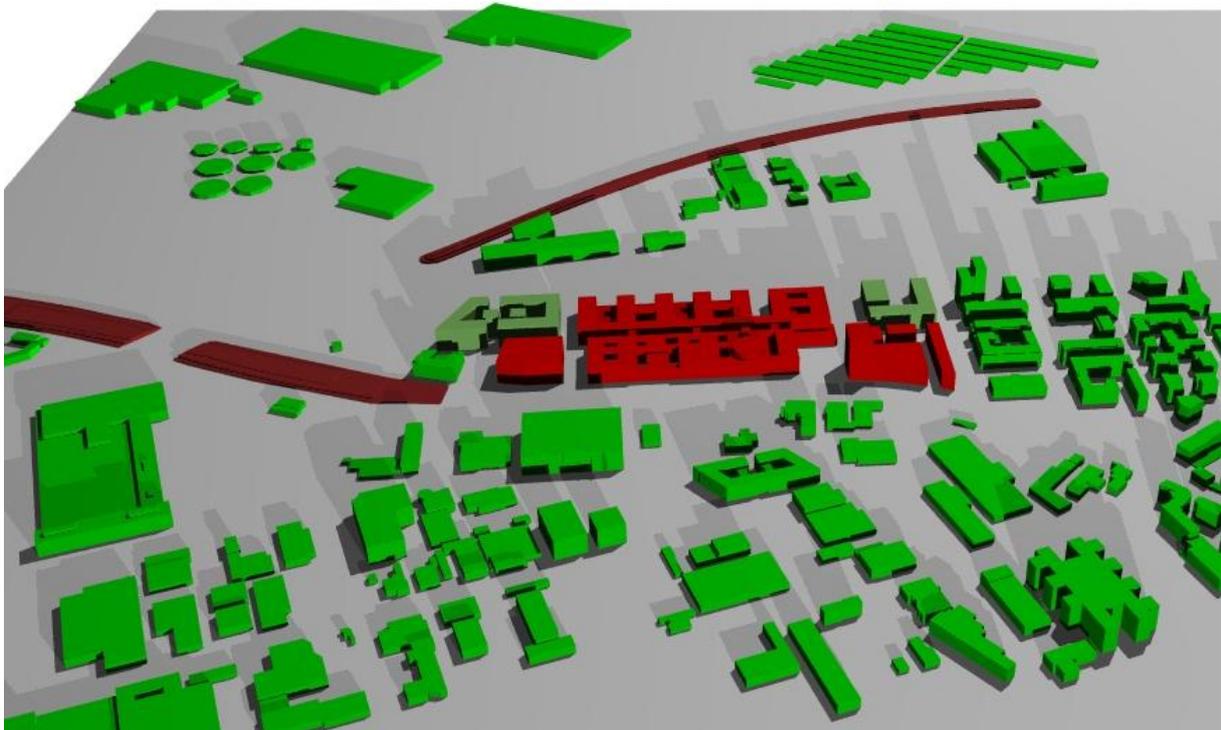


Abb. 4.2: Perspektivische Darstellung der bestehenden und geplanten Bebauung mit Blick aus Süden

und wird über die Calwer Straße angebunden. Für den Planfall ist auf der Calwer Straße eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h gegenüber bisheriger Geschwindigkeitsbeschränkung auf 70 km/h vorgesehen.

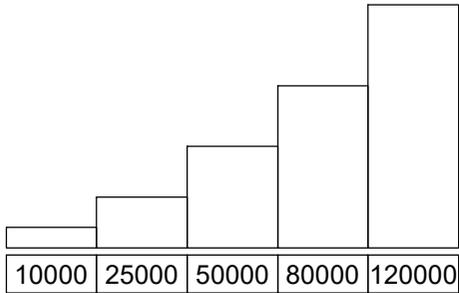
Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

#### 4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Straßennetz in der Umgebung der Planung wurden durch den Auftraggeber mit Angabe von durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärken (DTV) und der LKW-Anteile für die Hauptverkehrsstraßen im Prognosefall 2030 ohne Klinikum (ModusConsult, 2017) und den zusätzlichen Verkehr für den Planfall (SCHLOTHAUER & WAUER, 2018) übergeben. Darin sind verschiedene Varianten der Stellplatzkonzepte für die Parkhäuser enthalten. Daraus wurden jeweils diejenigen Varianten mit der höchsten An-

zahl für die vorliegende Ausarbeitung angesetzt. Daraus folgt, dass das westliche Parkhaus mit bis zu 900 Stellplätzen bis zu 11 Parkebenen aufweist. Deren Zu- und Ausfahrt erfolgt an der nördlichen und südlichen Gebäudeseite mit direktem Anschluss an die Calwer Straße und die Elly-Beinhorn-Straße mit Anschluss an die Flugfeld-Allee. Aus der Grundfläche des östlichen Parkhauses werden mit Ansatz der genannten maximalen Stellplatzanzahl von 800 Stellplätzen bis zu 10 Parkebenen abgeleitet. Deren Zu- und Ausfahrt erfolgt an der westlichen Gebäudeseite mit direktem Anschluss an die Calwer Straße. Für die geplanten Parkhäuser lagen keine Detailplanungen der Fahrwege und Stellplatzanordnungen vor und für die Emissionsberechnung werden maximale Fahrlängen angesetzt.

In **Abb. 4.3** und **Abb. 4.4** sind die werktäglichen Verkehrsmengen 2030 aufgetragen, die unverändert emissionsseitig auf das Bezugsjahr 2020 angewendet werden, dem Jahr der möglichen Inbetriebnahme wesentlicher Teile der Planung.



DTV<sub>w</sub> in Kfz/24h

111300/11.1%

20800/14.4%

14000/5.2%

28400/10.4%

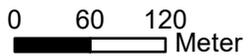
16400/9.1%

18800/9.5%

27300/7.9%

9900/1.8%

16500/4.8%



**Abb. 4.3** 63521-17-01  
 Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Prognosefall

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

10000	25000	50000	80000	120000
-------	-------	-------	-------	--------

DTV<sub>w</sub> in Kfz/24h

111300/11.1%

25150/14.4%

2000

700

19000/5.2%

4750

31750/10.4%

16400/9.1%

18800/9.5%

27300/7.9%

9900/1.8%

17800/4.8%

0 60 120  
Meter



**Abb. 4.4** 63521-17-01  
Durchschnittliche werktägliche Verkehrs-  
stärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in %  
auf dem berücksichtigten Straßennetz  
für den Planfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

## 4.2 Meteorologische Daten

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

Für das Stadtgebiet von Böblingen liegen Windmessdaten an der ehemaligen Luftmessstation Böblingen vor. Die entsprechende Windrose für den Zeitraum 1997 bis 2003 ist in **Abb. 4.5** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus Südwesten bis Westen geprägt; Winde aus Nordosten sowie Nordwesten kommen häufig vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde mit ca. 1.9 m/s erfasst.

Für Baden-Württemberg stellt die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) Steckbriefe synthetischer Ausbreitungsklassenstatistiken basierend auf Modellsimulationen für ein 500 m-Raster zur Verfügung. Diese weisen für das Flugfeld eine vergleichbare Windrichtungsverteilung bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 2.1 m/s auf.

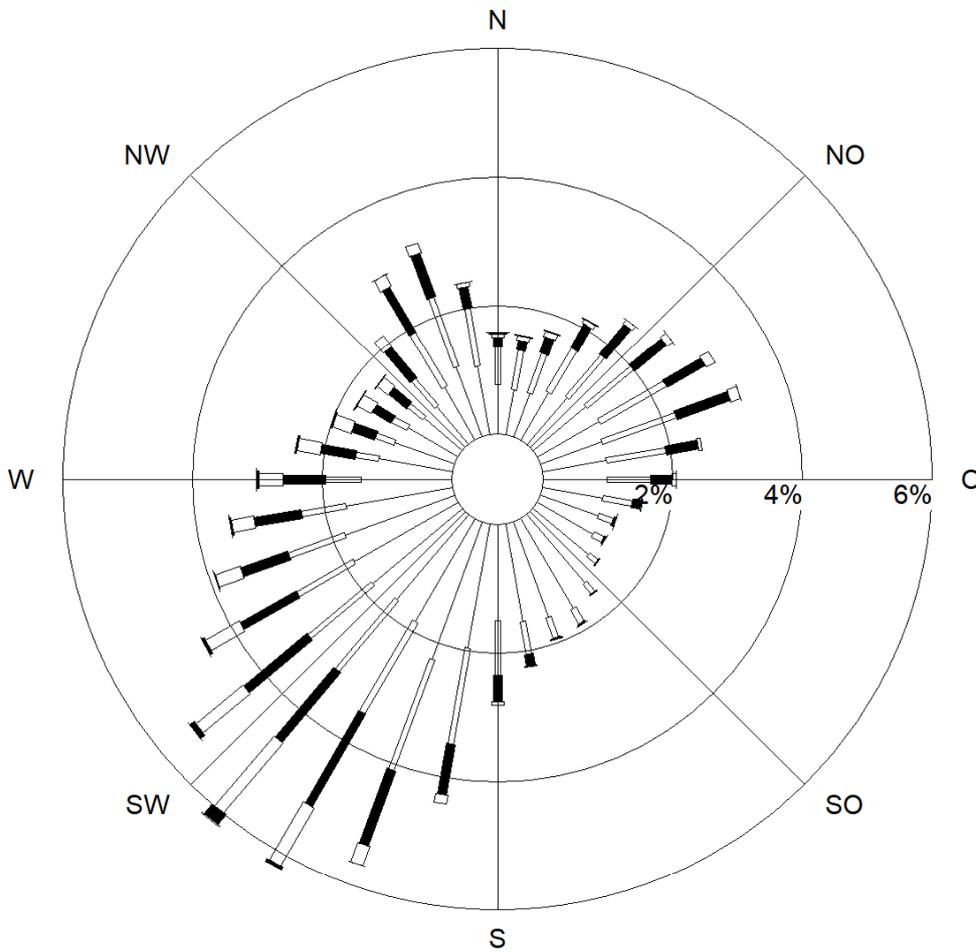
Für die Ausbreitungsrechnungen werden die gemessenen Winddaten der Station Böblingen unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Plangebietes herangezogen.

## 4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Baden-Württemberg. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LUBW, 2009-2018). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt.

## Windverteilung in Prozent



Station : BB 1997-2003

Rechtswert :

Hochwert :

Messhöhe : 10.0 m

Windgeschw. : 1.9 m/s

— kleiner 1.4 m/s

— 1.4 bis 2.3 m/s

— 2.4 bis 3.8 m/s

— 3.9 bis 6.9 m/s

— 7.0 bis 10 m/s

— größer 10 m/s

Abb. 4.5: Windrose der Station Böblingen, Zeitraum 1997 bis 2003 (Quelle: LUBW)

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Gärtlingen	Herrenberg Straße	Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	Stuttgart Bad Cannstatt	Reutlingen	Reutlingen Lederstraße	Tübingen-Unteresingen	Leonberg Grabenbenstraße
NO <sub>2</sub> Jahresmittel (µg/m <sup>3</sup> )	2008	16	63	74	33	24	88	57	67
	2009	17	61	76	34	24	91	61	69
	2010	18	62	71	29	28	88	60	70
	2011	15	61	65	31	26	84	56	66
	2012	16	60	65	33	25	79	55	63
	2013	16	54	62	32	25	72	46	60
	2014	15	52	61	31	25	71	45	-
	2015	15	52	64	32	27	70	45	47
	2016	15	49	58	31	26	66	42	47
2017	14	47	56	30	25	60	39	43	
PM10 Jahresmittel (µg/m <sup>3</sup> )	2008	17	-	27	19	19	35	32	32
	2009	17	30	26	20	21	36	31	31
	2010	19	29	33	21	22	41	32	35
	2011	17	26	31	20	18	37	28	30
	2012	15	-	27	19	18	34	25	27
	2013	16	28	30	20	18	38	25	28
	2014	14	-	28	18	17	31	22	-
	2015	14	-	27	19	17	29	23	21
	2016	13	-	25	17	17	28	21	-
2017	14	-	25	17	16	28	21	-	
PM10- Überschreitungstage (Anzahl)	2008	8	25	14	11	9	51	50	39
	2009	4	28	19	15	16	57	43	34
	2010	15	34	40	15	15	82	51	55
	2011	7	18	42	11	8	67	34	42
	2012	4	-	15	7	4	61	25	31
	2013	4	30	27	11	8	79	31	30
	2014	2	-	19	8	6	24	8	-
	2015	1	-	17	3	1	33	13	10
	2016	6	-	20	5	4	22	9	-
2017	6	-	17	11	11	25	19	-	

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [µg/m<sup>3</sup>] an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2009-2018, für 2017 vorläufige Werte)

Die Messwerte weisen die relativ höchsten Konzentrationen für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte und vor allem für die verkehrsnahen Messstandorte auf. Die PM10-Konzentrationen sind gegenüber den erfassten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen deutlich geringer.

Aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen wird für die Immissionsprognosen der Wert der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt.

<b>Schadstoff</b>	<b>Jahresmittelwert [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>
NO <sub>2</sub>	25
PM10	17

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2017/2020

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO<sub>2</sub> erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird.

### 5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Emissionsfaktoren der Partikel setzen sich hingegen aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

### 5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet.

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

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

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

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2017) entnommen.

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

Für diese Ausarbeitung werden innerhalb des Rechengebietes folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei aus der Fahrspuranzahl und der Verkehrsbelegung eine Einschätzung des Auslastungsgrades der Streckenabschnitte erfolgte, der im HBEFA mit „level of service“ LOS bezeichnet wird und hier zwischen flüssigem städtischen Verkehrsfluss und dichtem Verkehrsfluss variiert wird:

AB100: Autobahn, Tempolimit 100 km/h

IOS-HVS70: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h

IOS-HVS70d: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr

IOS-HVS70g: Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, gesättigter Verkehr

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-NS50: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h

IOS-NS30: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h

IOS-NS30d: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr

IOS-NS30g: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr

IOS-NS30s: Innerstädtische Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, stop&go

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet, in dem eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Euro-6-Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt sind. Diese relativen Korrekturen und Anpassungen werden hier auch auf die leichten Nutzfahrzeuge angewendet und berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet in Böblingen eine mittlere Lufttemperatur von ca. 9.2°C im Zeitraum 2007 bis 2016 (Quelle DWD) an der Station Renningen.

**Tab. 5.1** gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen (**Abb. 5.1**) und die zugehörigen Emissionsfaktoren unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

Straßenparameter	Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2020							
			NO <sub>x</sub>		NO <sub>2</sub> direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
			Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
	AB100	102.0	0.301	0.506	0.096	0.085	0.0034	0.0092	0.030	0.13
	IOS-HVS50	44.9	0.314	1.580	0.096	0.226	0.0050	0.0195	0.026	0.10
	IOS-HVS50d	37.0	0.344	1.950	0.106	0.276	0.0053	0.0240	0.033	0.35
	IOS-HVS50g	30.8	0.397	2.116	0.122	0.312	0.0058	0.0248	0.035	0.50
	IOS-HVS50g_4	30.8	0.447	1.960	0.139	0.339	0.0061	0.0259	0.035	0.50
	IOS-HVS70	66.2	0.317	1.006	0.097	0.139	0.0049	0.0157	0.026	0.10
	IOS-HVS70d	50.2	0.339	1.236	0.105	0.169	0.0052	0.0176	0.033	0.35
	IOS-HVS70d_4	50.2	0.413	1.428	0.128	0.238	0.0057	0.0185	0.033	0.35
	IOS-HVS70g	40.6	0.304	1.585	0.093	0.213	0.0051	0.0208	0.035	0.50
	IOS-NS50	45.6	0.327	1.882	0.091	0.264	0.0057	0.0235	0.033	0.35
	IOS-Sam50	46.6	0.332	1.523	0.099	0.218	0.0053	0.0190	0.026	0.10
	IOS-Sam50d	34.2	0.365	1.986	0.110	0.280	0.0059	0.0242	0.033	0.35
	IOS-Sam50g	29.5	0.410	2.262	0.123	0.336	0.0061	0.0258	0.040	0.70
	IOS-NS30	30.9	0.460	2.853	0.133	0.436	0.0073	0.0306	0.026	0.28
	IOS-NS30g	21.9	0.434	3.513	0.125	0.557	0.0074	0.0349	0.045	1.20
	IOS-NS30d	26.9	0.401	2.973	0.114	0.455	0.0069	0.0314	0.035	0.50
	IOS-NS30s	12.8	0.547	4.845	0.162	0.778	0.0098	0.0463	0.045	1.20

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2020

Für das hier betrachtete Bezugsjahr wird angesetzt, dass die planfestgestellte Ausbaustufe der BAB noch nicht realisiert ist und bei deren zukünftigen Inbetriebnahme Emissionsverringerungen durch die fortentwickelte Kfz-Flottenzusammensetzung wirksam werden.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe  $\text{NO}_x$  und  $\text{NO}_{2\text{direkt}}$  sowie  $\text{PM}_{10}$  werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und Lkw-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe  $\text{NO}_x$  und  $\text{PM}_{10}$  sowie direkte  $\text{NO}_2$ -Emissionen dargestellt.

**Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für die Calwer Straße am Plangebiet in Böblingen die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Ergänzend sind die berechneten  $\text{PM}_{10}$ -Emissionen bedingt durch motorbedingte Beiträge und nichtmotorbedingte Beiträge aufgeführt, die gegenüber den  $\text{NO}_x$ -Freisetzungen deutlich geringer sind.

	DTV [Kfz/24h]	Lkw-Anteil [%]	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte		
				$\text{NO}_x$ [mg/(m*s)]	$\text{NO}_{2\text{ direkt}}$ [mg/(m*s)]	$\text{PM}_{10}$ [mg/(m*s)]
Nullfall	14 000	5.2	IOS-HVS70	0.049	0.0140	0.0049
Planfall	19 000	5.2	IOS-HVS50d	0.081	0.0218	0.0105

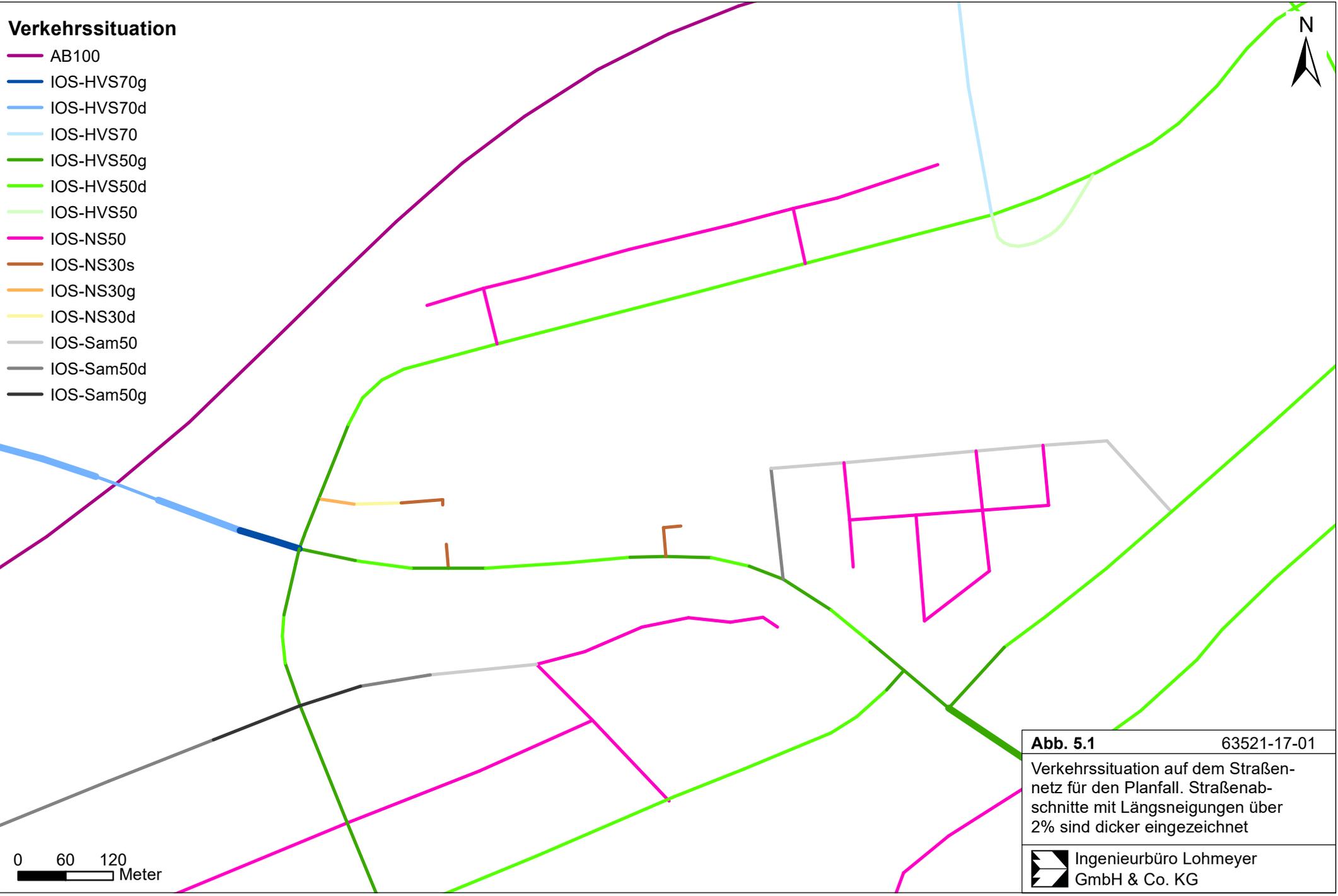
Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Calwer Straße am Plangebiet in Böblingen

Für den Betrieb der geplanten Parkhäuser wird mit angenommenen maximalen Wegelängen für jedes Parkgeschoss die mittlere tägliche Emission berechnet, die für die Ausbreitungsrechnung auf die Fassaden verteilt werden, sofern nicht ein anderes Gebäude angrenzt. Die mittleren täglichen Emissionen sind in **Tab. 5.3** aufgeführt. Die berechneten  $\text{PM}_{10}$ -Emissionen bedingt durch motorbedingte Beiträge und nichtmotorbedingte Beiträge sind gegenüber den  $\text{NO}_x$ -Freisetzungen deutlich geringer.

Für den Prognose Nullfall lagen keine detaillierten Informationen über den Betrieb von Stellplatzanlagen im Betrachtungsgebiet vor und wurden dementsprechend in den Immissionsberechnungen nicht berücksichtigt.

	$\text{NO}_x$	$\text{NO}_{2\text{ direkt}}$	$\text{PM}_{10}$
Parkhaus West	1 577	449.6	146.6
Parkhaus Ost	2 446	697.0	227.6

Tab. 5.3: Mittlere tägliche Schadstofffreisetzung in geplanten Parkhäusern in Gramm pro Tag (g/Tag)



**Verkehrssituation**

- AB100
- IOS-HVS70g
- IOS-HVS70d
- IOS-HVS70
- IOS-HVS50g
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50
- IOS-NS50
- IOS-NS30s
- IOS-NS30g
- IOS-NS30d
- IOS-Sam50
- IOS-Sam50d
- IOS-Sam50g

**Abb. 5.1** 63521-17-01  
 Verkehrssituation auf dem Straßennetz für den Planfall. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 60 120  
 Meter

## 6 ERGEBNISSE

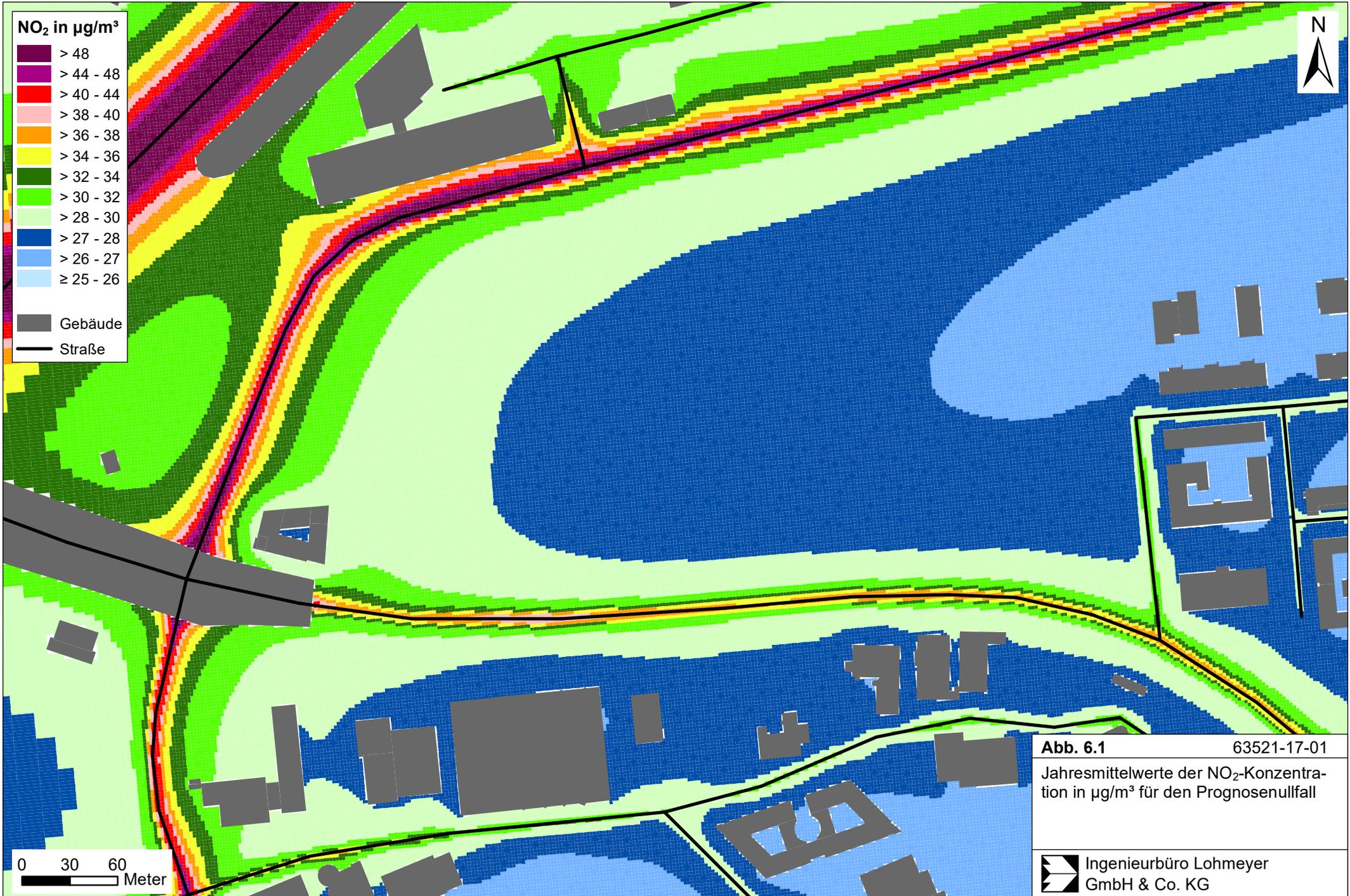
In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kap. 5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich von Emmendingen repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden die derzeit geltenden Grenzwerte für NO<sub>2</sub> und PM10 von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel mit roter Farbe belegt; der PM10-Schwellenwert von 29 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel zur Ableitung des PM10-Kurzzeitwertes wird mit gelber Farbe belegt.

### 6.1 Stickstoffdioxid

Die Auswertung der berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von ca. 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangs- und Hofbereich der Wohngebäude. Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Prognosenußfall. Die höchsten Konzentrationen sind entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten berechnet. Das betrifft insbesondere die Flugfeld-Allee, an deren gewerblicher Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 38 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind. Im Nahbereich der Autobahn A 81 sind ebenfalls hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen berechnet. An der Calwer Straße ist die bestehende Bebauung relativ weit vom Fahrbahnrand abgerückt, sodass dort trotz deutlichem städtischem Verkehrsaufkommen an der Bebauung NO<sub>2</sub>-Konzentrationen unter 30 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind.

Im Planfall führt der zusätzliche Kfz-Verkehr auch zu erhöhten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen entlang den Hauptverkehrsstraßen und an den Parkhausöffnungen. An der Flugfeld-Allee sind Zunahmen der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen prognostiziert, die an deren gewerblicher Randbebauung unter 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind (**Abb. 6.2**). An der Calwer Straße sind an der bestehenden Bebauung NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bis 30 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der geplanten Klinik-Bebauung



**Abb. 6.1** 63521-17-01  
 Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> für den Prognosenullfall


 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG



**Abb. 6.2** 63521-17-01  
 Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration in µg/m<sup>3</sup> für den Planfall


 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG

sind auch an den der Straße zugewandten Gebäudefassaden im Erdgeschoss keine  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen über  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel prognostiziert. Nur im Nahbereich der geplanten Parkhäuser sind hohe  $\text{NO}_2$ -Belastungen dargestellt. Davon sind am westlich gelegenen Parkhaus keine umliegenden baulichen Nutzungen der geplanten Klinik oder bestehende Gebäude betroffen. Am östlichen Parkhaus wurde eine Freisetzung der Parkhausabluft über drei Gebäudeseiten angesetzt, da westlich ein geplantes Gebäude direkt anschließt; im Norden und Osten sind weitere geplante Gebäude dem Parkhaus Ost benachbart, an denen deutliche  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen mit Jahresmittelwerten bis  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten sind. Dort ist eine Belüftung der Räume über ein Öffnen der Fenster nicht zu ermöglichen; alternativ wäre eine zentrale Entlüftung des Parkhauses über dem Dachniveau erforderlich. Dafür empfehlen sich für den Bebauungsplan Festsetzungen wie: „Für die Freisetzung der schadstoffbelasteten Abluft des Parkhauses sind technische Einrichtungen umzusetzen, die an der benachbarten Bebauung gesundheitsverträgliche Luftschadstoffkonzentrationen im Sinne der 39. BImSchV gewährleisten.“

Der  $\text{NO}_2$ -Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit wird im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An den von den Hauptverkehrsstraßen in größerem Abstand gelegenen Gebäuden sind im Prognosenullfall und im Planfall überwiegend  $\text{NO}_2$ -Immissionen unter  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der geplanten Klinik-Bebauung wird auch an der zur Calwer Straße orientierten Gebäudeseite bei  $\text{NO}_2$ -Immissionen unter  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten. An der zum Parkhaus Ost benachbarten geplanten Bebauung sind  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen über  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten; bei entsprechenden Nutzungen liegen dort Konflikte mit dem Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit vor. Dafür empfehlen sich für den Bebauungsplan Festsetzungen wie: „Für die Freisetzung der schadstoffbelasteten Abluft des Parkhauses sind technische Einrichtungen umzusetzen, die an der benachbarten Bebauung gesundheitsverträgliche Luftschadstoffkonzentrationen im Sinne der 39. BImSchV gewährleisten.“

In höheren Stockwerken sind trotz Freisetzung der Schadstoffbeiträge der Parkhausebenen über die Fassaden geringere  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte gegenüber dem Erdgeschoss berechnet. Allerdings sind an den östlich benachbarten Fassaden des Parkhauses Ost bis zum obersten Stockwerk hohe  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen berechnet.

Ergänzend ist anzuführen, dass die hier vorgestellte Planvariante mit einer langen geplanten Bebauung entlang der Calwer Straße aufgrund der größeren Baukörper zu intensiveren Ein-

schränkungen des bodennahen Windfeldes führt und damit im Hinblick auf die verkehrsbedingten Schadstofffreisetzungen eine ungünstigere Variante gegenüber einer westlich etwas kürzeren Planvariante darstellt. Bei einer Planvariante mit geringerer Gebäudeausdehnung und vergleichbaren verkehrsbedingten Schadstofffreisetzungen sind keine höheren Konzentrationen im Plangebiet zu erwarten.

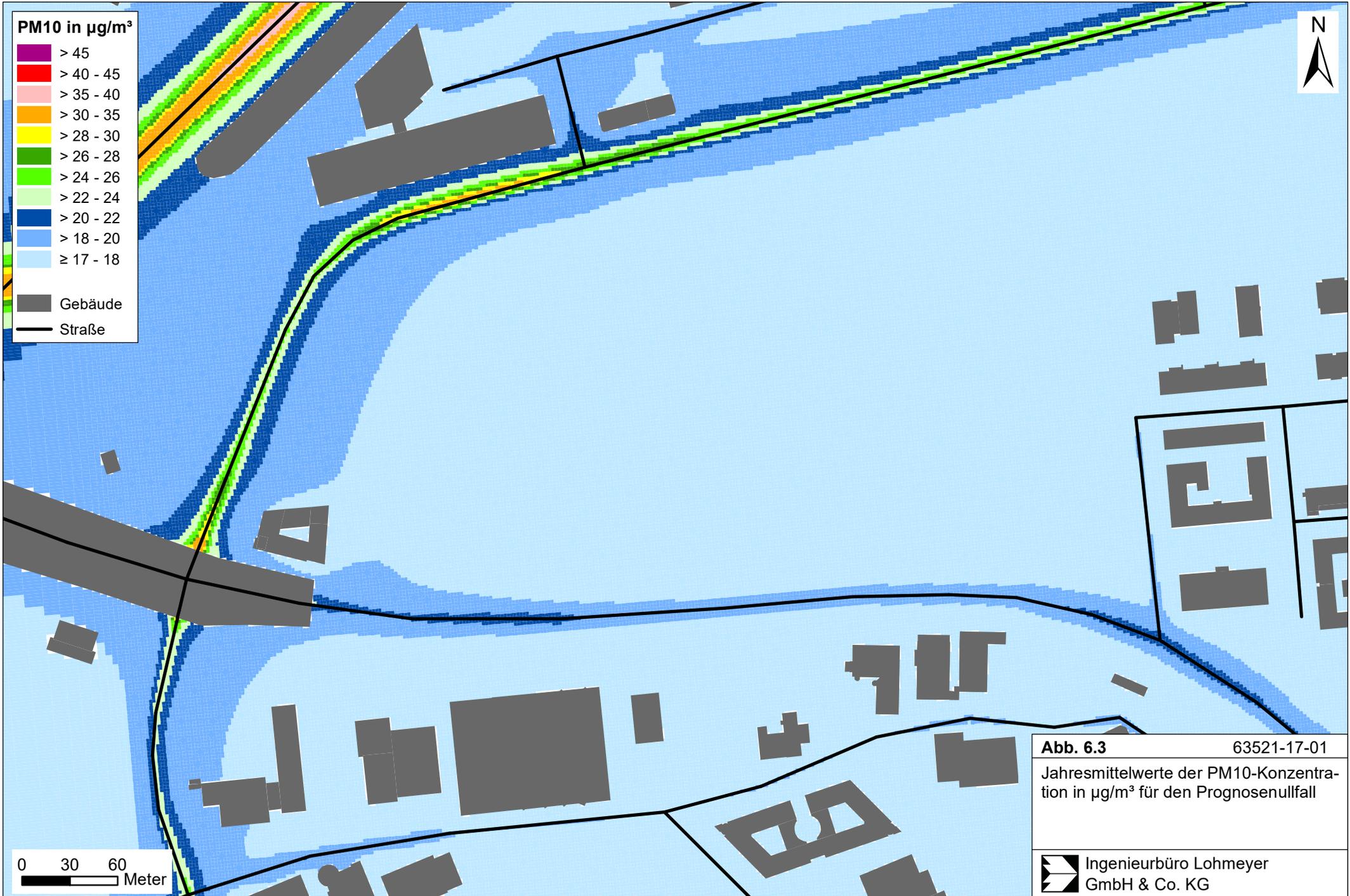
Die berechneten NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastungen (98-Perzentilwerte) führen im Prognosenullfall und im Planfall im Betrachtungsgebiet an der nächstgelegenen bestehenden Bebauung und an der geplanten Klinikbebauung zu Konzentrationen unter 100 µg/m<sup>3</sup>. Die 39. BImSchV (2010) sieht eine neue Bestimmung der Kurzzeitbelastung von NO<sub>2</sub> vor (siehe Abschnitt 3.3). Entsprechend den Ableitungen aus Messdaten kann geschlossen werden, dass bei einer Einhaltung von 130 µg/m<sup>3</sup> (98-Perzentilwert) auch der neue Grenzwert eingehalten wird. Dementsprechend ist zu erwarten, dass im Betrachtungsgebiet an der bestehenden Bebauung und an der geplanten Klinikbebauung der neue Grenzwert deutlich nicht überschritten wird. Auf eine grafische Darstellung wird hier verzichtet.

## 6.2 Feinstaub (PM10)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg PM10/m<sup>3</sup> in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3.2 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM10-Jahresmittelwert von 29 µg/m<sup>3</sup> der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM10-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 29 µg/m<sup>3</sup> und 40 µg/m<sup>3</sup> diskutiert.

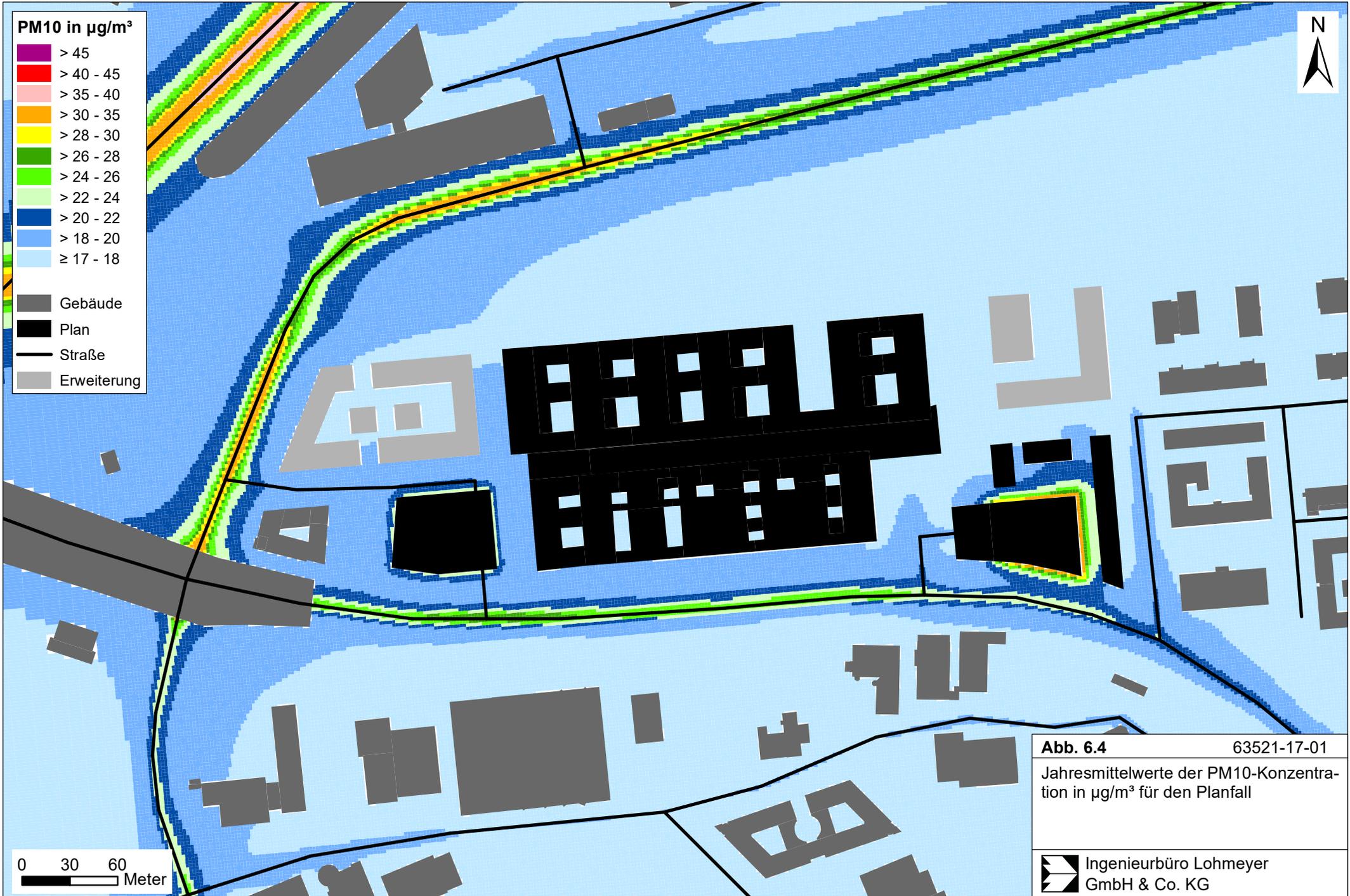
Die **Abb. 6.3** zeigt die berechneten PM10-Immissionen für den Prognosenullfall. Die höchsten Konzentrationen sind entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßenabschnitten berechnet. Das betrifft insbesondere die Flugfeld-Allee, an deren gewerblicher Randbebauung PM10-Immissionen bis 22 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind. Im Nahbereich der Autobahn A 81 sind ebenfalls hohe PM10-Konzentrationen berechnet. An der Calwer Straße zeichnen sich zwar in Fahrbahnnähe erhöhte PM10-Konzentrationen ab, die aber an der bestehenden Bebauung mit PM10-Konzentrationen unter 18 µg/m<sup>3</sup> berechnet sind.

Im Planfall führt der zusätzliche Kfz-Verkehr auch zu erhöhten PM10-Konzentrationen entlang den Hauptverkehrsstraßen und an den Parkhausöffnungen. An der Flugfeld-Allee sind



Zunahmen der PM10-Konzentrationen prognostiziert, die an deren gewerblicher Randbebauung unter  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet sind (**Abb. 6.4**). An der Calwer Straße sind an der bestehenden Bebauung PM10-Konzentrationen unter  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der geplanten Klinik-Bebauung sind auch an den zur Straße zugewandten Gebädefassaden im Erdgeschoss keine PM10-Konzentrationen über  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel prognostiziert. Nur im Nahbereich der geplanten Parkhäuser sind hohe PM10-Belastungen dargestellt. Davon sind am westlich gelegenen Parkhaus keine umliegenden baulichen Nutzungen der geplanten Klinik oder bestehende Gebäude betroffen. Am östlichen Parkhaus sind an den nördlich und östlich benachbarten geplanten Gebäuden PM10-Konzentrationen bis  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert.

Der PM10-Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der jahresmittlere Schwellenwert von  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zur Ableitung der Kurzzeitbelastung werden im Prognosenullfall und im Planfall an der bestehenden Bebauung im Betrachtungsgebiet entsprechend den Berechnungen im Bezugsjahr 2020 nicht erreicht und nicht überschritten. An der geplanten Klinik-Bebauung werden die PM10-Beurteilungswerte nicht erreicht und nicht überschritten. Hohe PM10-Konzentrationen sind nur an den Fassaden der geplanten Parkhäuser berechnet.



**Abb. 6.4** 63521-17-01  
 Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Planfall

Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG

## 7 AUSSAGEN ZU WEITEREN IMMISSIONSEINFLÜSSEN

Für die geplante Kliniknutzung ist u.a. eine Heizzentrale geplant. Vorgesehen sind zwei Hochdruckdampfkessel zu je 1.000 kW Feuerungswärmeleistung, wobei immer nur eine Kesselanlage mit 1.000 kW in Betrieb ist und die zweite zur Absicherung besteht. Die Kesselanlagen werden mit Erdgas betrieben. Die Lage der Heizzentrale im 1. Untergeschoss vorgesehen (Achse HC-H19), die Entlüftung über dem Dach des 5. Obergeschosses.

Aus diesen Angaben kann entsprechend bisheriger technischer und rechtlicher Grundlagen (TA Luft) abgeleitet werden, dass die Freisetzung über den Kamin mehrere Meter über dem Flachdach und auch den im Bebauungsplan vorgesehenen vier Metern erfolgen sollte.

Die TA Luft wurde im letzten Jahr überarbeitet, aber noch nicht eingeführt und umgesetzt. Dabei wurden auch technische Richtlinien erneuert, die schon fertig sind. Nach den neuen Richtlinien ist eine etwas größere Schornsteinhöhe gegenüber der oben angedeuteten erforderlich.

Für den möglichen Betrieb einer Heizzentrale sollte in der Festsetzung im Bebauungsplan beschrieben werden, dass die maximale Gebäudehöhe ausnahmsweise mit Kaminen überschritten werden kann, soweit dies aus Gründen des Immissionsschutzes erforderlich ist.

Nördlich des Betrachtungsgebietes des Bebauungsplans „Flugfeld – Parkstadt West“ 8.0 in Böblingen und nördlich der bestehenden Autobahn A 81 befindet sich ein Industriegebiet inklusive genehmigungsbedürftiger Anlagen. Von der LUBW wurde im Jahr 2014 die Untersuchung „Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010, Ausbreitungsrechnungen unter Verwendung des landesweiten Emissionskatasters und unter Berücksichtigung von gemessenen Immissionsdaten“ (LUBW, 2014) veröffentlicht. Darin wurden die bestehenden genehmigungsbedürftigen Anlagen nach Standort und Emissionen erfasst und einer Ausbreitungsrechnung zugeführt. Danach sind durch den Industriebetrieb nördlich der A 81 im hier zu betrachtenden Bebauungsplangebiet Flugfeld West 8.0 keine erhöhten Beiträge an NO<sub>2</sub>- und PM10-Konzentrationen ableitbar. Da für Erweiterungen industrieller und genehmigungsbedürftiger Anlagen jeweils in Genehmigungsverfahren die Einhaltung immissionsseitiger Irrelevanzschwellen an umliegenden Nutzungen nachzuweisen sind, sind auch seit den von der LUBW vorgelegten Immissionsberechnungen keine wesentlichen zusätzlichen Luftschadstoffbeiträge durch industrielle und genehmigungsbedürftige Anlagen im Plangebiet „Flugfeld West“ anzusetzen.

Diese Unterlagen erfordern keine gesonderte Betrachtung der industriellen Anlagen der Umgebung zu der in Kap. 4.3 abgeleiteten Hintergrundbelastung.

Nordwestlich der Autobahn 81 und nordwestlich des Bebauungsplangebietes „Flugfeld – Parkstadt West“ 8.0 in Böblingen befindet sich in über 500 m Abstand die Kläranlage Zweckverband Sindelfingen Böblingen. Die Geruchsimmissionsrichtlinie GIRL, Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen nennt Beurteilungsgrößen für Geruchsstundenhäufigkeiten für unterschiedliche Nutzungen (LAI, 2008). In den letzten Jahren war für die o.g. Kläranlage keine Erfordernis der Erstellung eines Geruchsgutachten gegeben. Mittels einfacher Abschätzung unter Berücksichtigung der vorherrschenden Windverhältnisse kann festgestellt werden, dass Winde aus nordwestlichen Richtungen, die zu Geruchsimmissionen bedingt durch die Kläranlage im Gebiet des Bebauungsplans „Flugfeld – Parkstadt West“ führen können, zu weniger als 10 % der Jahresstunden auftreten. Damit sind im Bebauungsplangebiet keine wesentlichen Konflikte mit den Beurteilungsgrößen für Geruchsstundenhäufigkeiten der GIRL zu erwarten.

## 8 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241) (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter [www.bmu.de](http://www.bmu.de)
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- EU-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.  
[www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1).
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LAI (2008): Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen (Geruchsimmissions-Richtlinie GIRL) in der Fassung vom 29. Februar 2008 und einer Ergänzung vom 10. September 2008 mit Begründung und Auslegungshinweisen. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- LUBW (2008-2018): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg. Im Internet unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de).

- LUBW (2014): Flächendeckende Ermittlung der Immissions-Vorbelastung für Baden-Württemberg 2010. Ausbreitungsrechnungen unter Verwendung des landesweiten Emissionskatasters und unter Berücksichtigung von gemessenen Immissionsdaten. Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de).
- Modus Consult (2017): Stadt Böblingen, Neubau Klinikum, Verkehrsuntersuchung. Modus Consult, Karlsruhe, 12.12.2017
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138). <http://bwplus.fzk.de>
- SCHLOTHAUER & WAUER (2018): Verkehrliches Fachgutachten: Flugfeld – Parkstadt West 8.0: Untersuchungen zur verkehrlichen Erschließung für das Flugfeldklinikum. SCHLOTHAUER & WAUER Ingenieurgesellschaft für Straßenverkehr mbH & Co. KG, Tübingen, Februar 2018
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.3 / Mai 2017. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net).
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.

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

## A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

### A1.1 Grenzwerte

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

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

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

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

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

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

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

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

## A1.2 Vorsorgewerte

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

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-Exposition von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2020 erreicht werden.

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

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

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM<sub>2.5</sub>-Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 sollte dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft werden.

**A N H A N G A 2**  
**FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG**

## A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

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

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

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

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

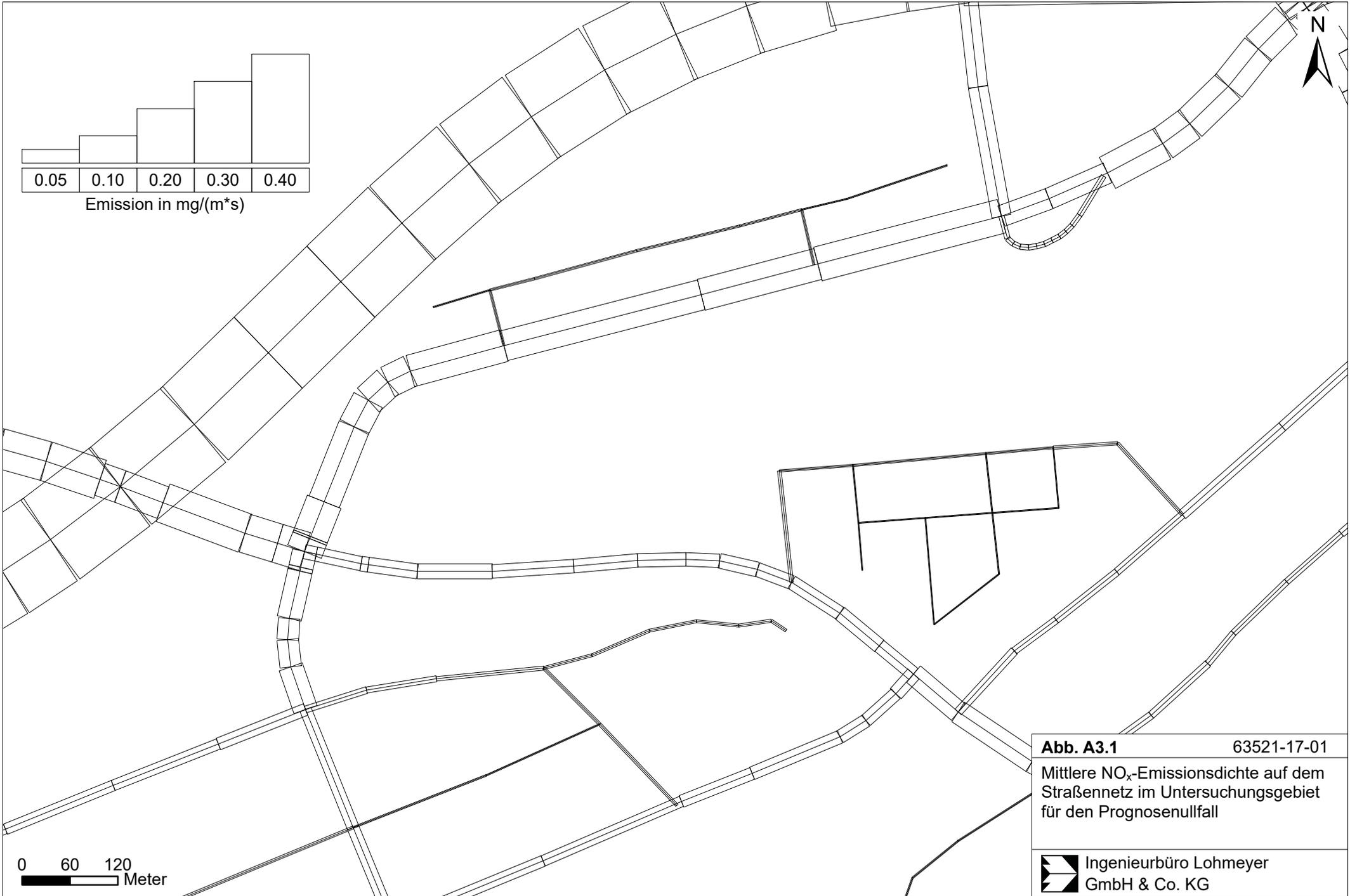
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von ca. 20% angenommen.

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

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

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

**A N H A N G A 3**  
**EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE**

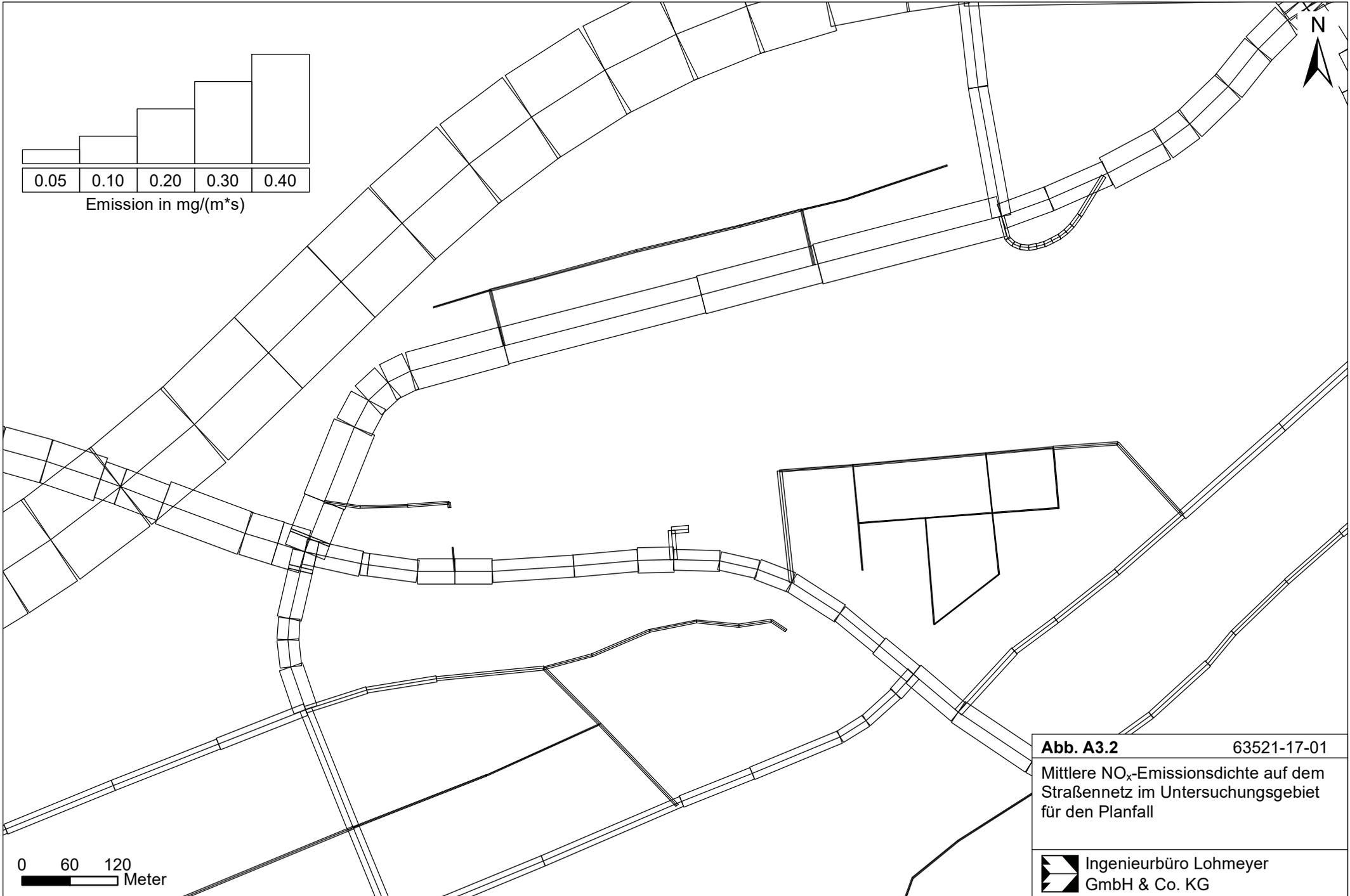


0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
------	------	------	------	------

Emission in mg/(m\*s)

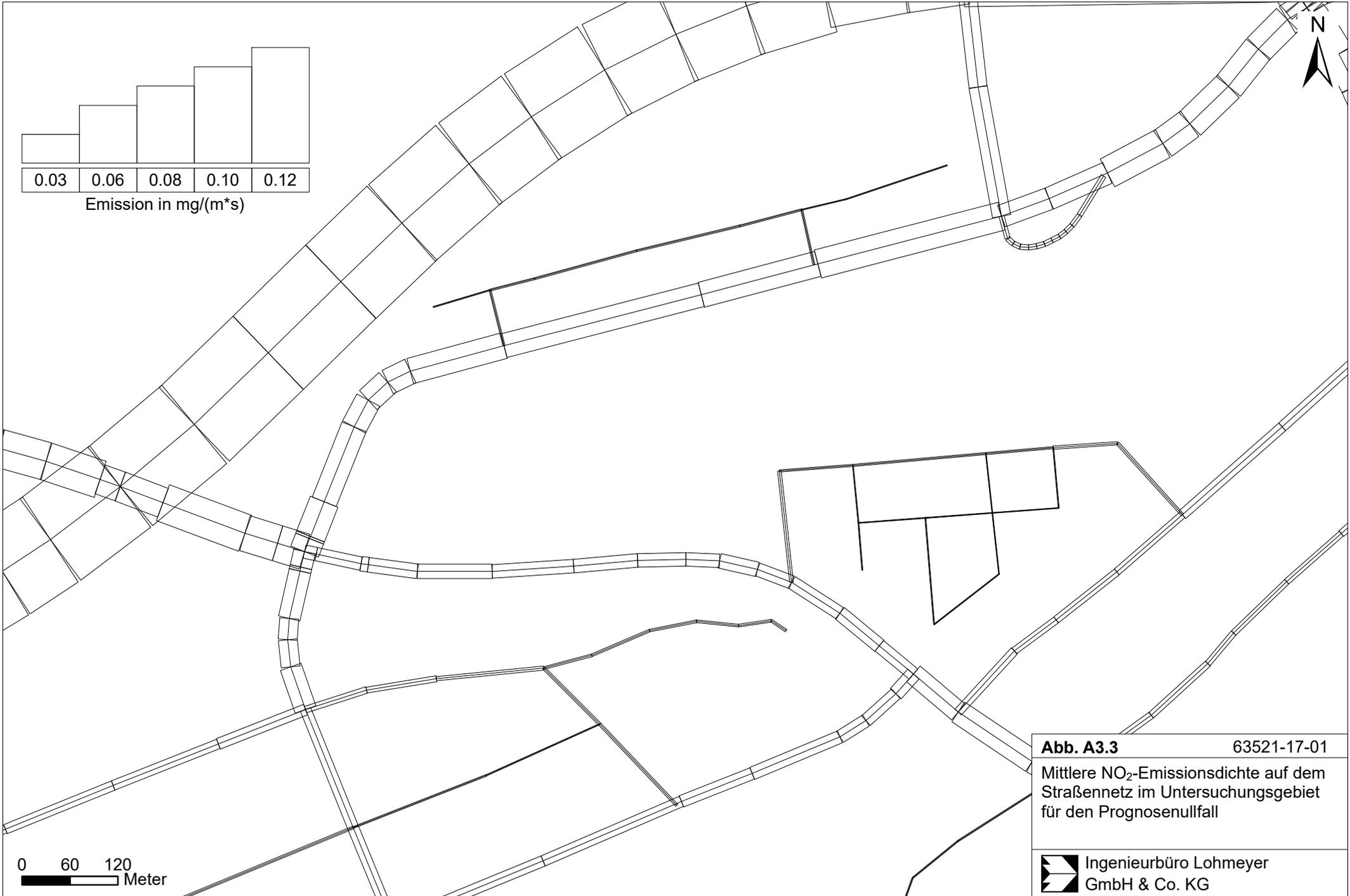
<b>Abb. A3.1</b>	63521-17-01
Mittlere NO <sub>x</sub> -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 60 120  
Meter



**Abb. A3.2** 63521-17-01  
Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG



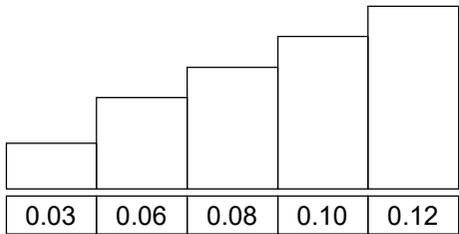
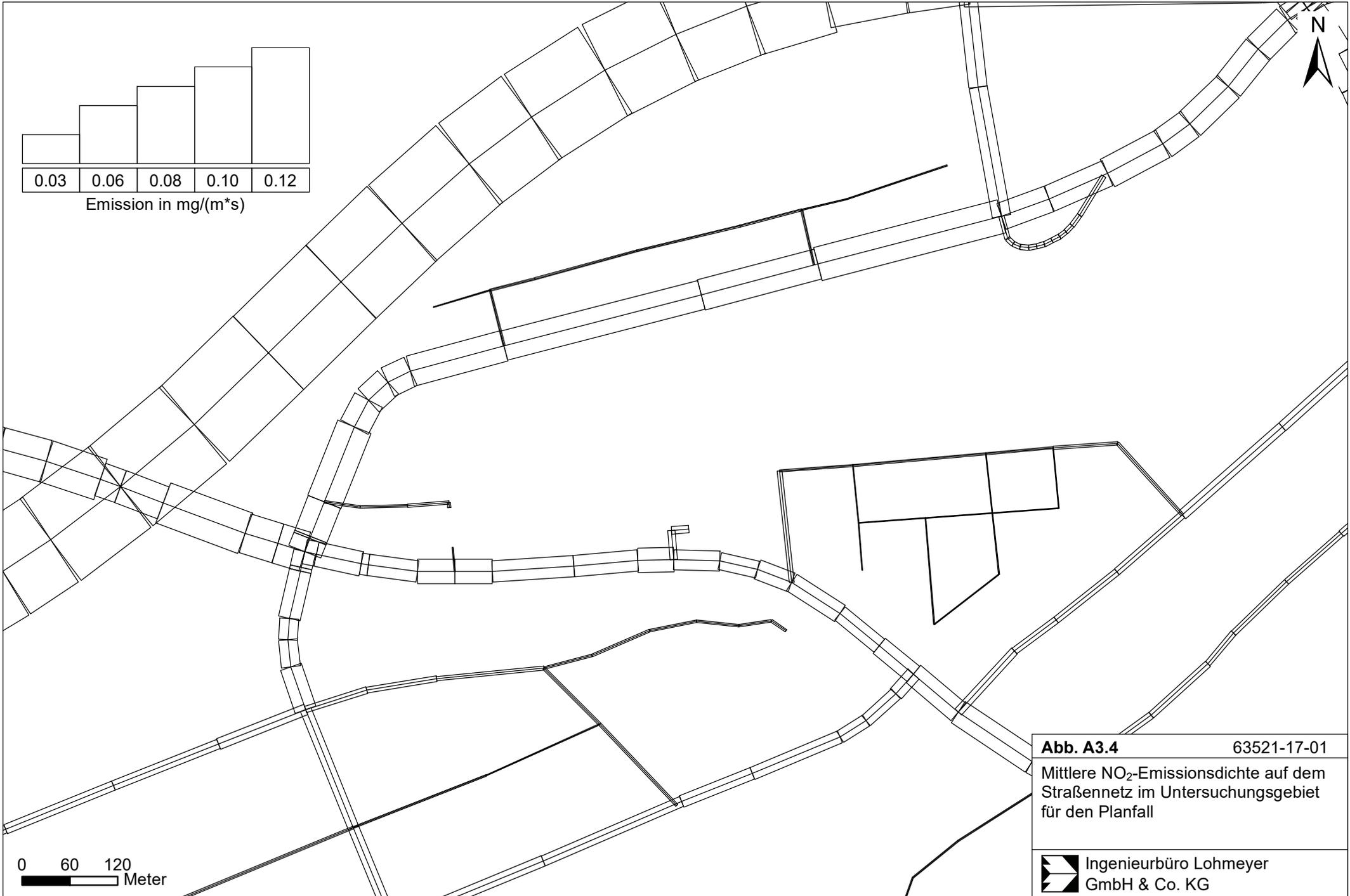
0.03	0.06	0.08	0.10	0.12
------	------	------	------	------

Emission in mg/(m\*s)

<b>Abb. A3.3</b>	63521-17-01
Mittlere NO <sub>2</sub> -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 60 120  

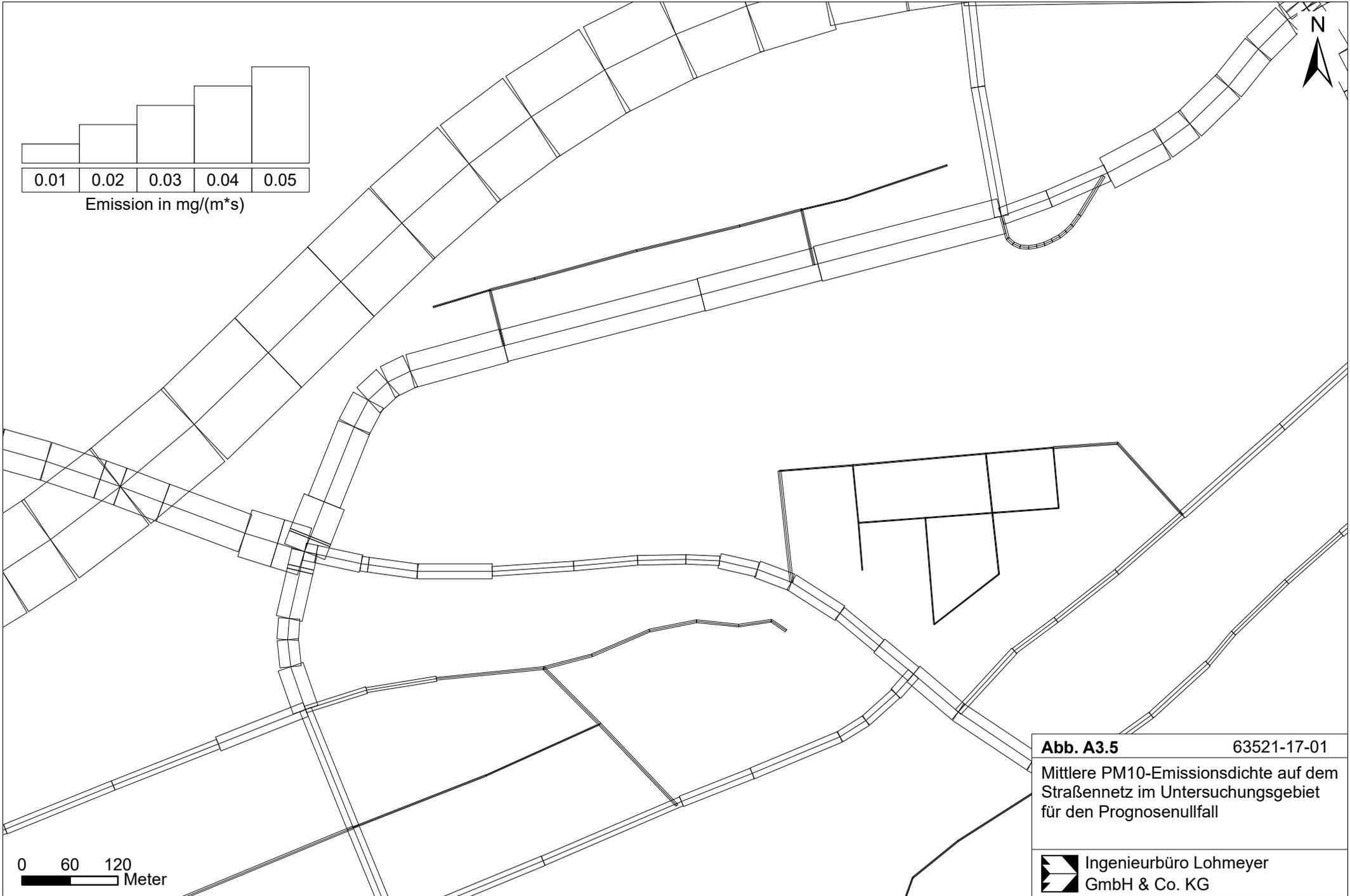
 Meter



Emission in mg/(m\*s)

0 60 120  
 Meter

**Abb. A3.4** 63521-17-01  
 Mittlere NO<sub>2</sub>-Emissionsdichte auf dem  
 Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
 für den Planfall  
 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG



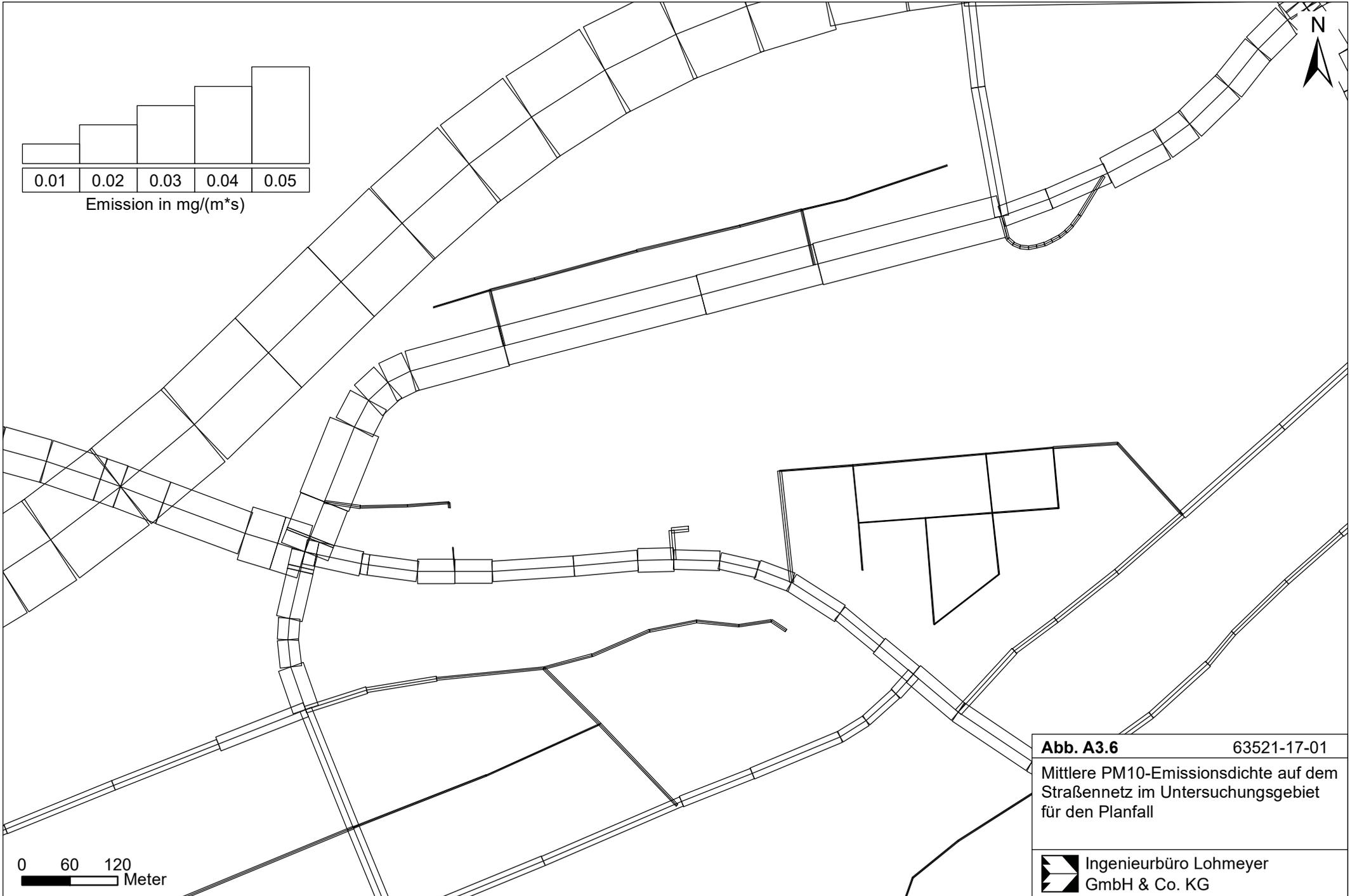
0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
------	------	------	------	------

Emission in mg/(m\*s)

**Abb. A3.5** 63521-17-01  
 Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem  
 Straßennetz im Untersuchungsgebiet  
 für den Prognosenullfall

0 60 120  
 Meter

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG



0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
------	------	------	------	------

Emission in mg/(m\*s)

<b>Abb. A3.6</b>	63521-17-01
Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 60 120  

 Meter