

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D – 01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

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

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

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

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

**Stand 07.06.2019**

**RAUMORDNUNGSVERFAHREN MIT INTEGRIERTEM  
ZIELABWEICHUNGSVERFAHREN FÜR DAS  
VORHABEN „FREIZEITPARK ZUR ERWEITERUNG  
KARLS ERLEBNIS-DORF UND ERRICHTUNG EINES  
FERIENRESORTS IN DER GEMEINDE  
WUSTERMARK, ORTSTEIL ELSTAL“**

**- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber: Robert Dahl  
Purkshof 2  
18182 Rövershagen

Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

Juni 2019  
Projekt 71521-18-01  
Berichtsumfang 48 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>10</b>
	3.1 Betrachtete Schadstoffe .....	10
	3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe .....	10
	3.3 Berechnungsverfahren PROKAS.....	11
	3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	13
<b>4</b>	<b>EINGANGSDATEN .....</b>	<b>15</b>
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsraumes .....	15
	4.2 Verkehrsdaten .....	17
	4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation.....	18
	4.4 Meteorologische Daten .....	20
	4.5 Hintergrundbelastung der Luft .....	20
<b>5</b>	<b>EMISSIONEN .....</b>	<b>25</b>
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	25
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	25
	5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	27
	5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	28
<b>6</b>	<b>IMMISSIONEN.....</b>	<b>31</b>
	6.1 Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	33
	6.2 Feinstaub (PM <sub>10</sub> ) .....	34
	6.3 Feinstaub (PM <sub>2.5</sub> ) .....	35
<b>7</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>36</b>
	<b>ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF- KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>39</b>

---

**ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR  
IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....43****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.

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.

### **Feinstaub / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub bzw. PM10/PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufterlass 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

Herr Robert Dahl plant die Weiterentwicklung des Standortes Elstal, an dem seit Mai 2014 ein Karls Erlebnis-Dorf erfolgreich betrieben wird. Das Vorhaben „Freizeitpark zur Erweiterung Karls Erlebnis-Dorf und Errichtung eines Ferienresorts“ umfasst die Erweiterung des bestehenden Erlebnis-Dorfes und die Errichtung eines Ferienresorts.

Das geplante Ferienresort ist dabei funktional und ökonomisch eng mit der geplanten Erweiterung des Erlebnis-Dorfes verbunden. Das Vorhaben besteht damit aus den gegeneinander abgrenzbaren, aber flächig zusammen liegenden Komponenten:

- bestehendes Erlebnis-Dorf
- Erweiterungen des Erlebnis-Dorfes in westliche Richtung
- Errichtung eines Ferienresorts.

Für die Erweiterung sind die direkt westlich an das bestehende Karls Erlebnis-Dorf angrenzenden Flächen in einer Größe von 21.38 ha vorgesehen. Damit stünde dann eine Fläche von insgesamt 30.67 ha zur Verfügung. Als Realisierungshorizont wird das Jahr 2025 angestrebt. Derzeit beträgt die Besucherzahl ca. 1 Million pro Jahr. Nach der Erweiterung werden etwa 2 Millionen Besucher pro Jahr erwartet.

Für die Errichtung des Ferienresorts ist eine Flächengröße von 48.54 ha vorgesehen. Die Errichtung des Ferienresorts ist in östliche Richtung geplant und umfasst die Flächen der ehemaligen Löwen-Adler-Kaserne. Das Konzept enthält Unterkünfte, die aus einer Kombination von Hotels, Ferienhäusern und Erlebnisunterkünften mit verschiedenen Qualitätsebenen, Ausstattungen und Thementypen bestehen sollen.

Geplant ist eine schrittweise Entwicklung des Ausbaus der Bettenkapazitäten:

- 2 000 Betten bis zum Entwicklungshorizont 2028
- 4 000 Betten bis zum Entwicklungshorizont 2038

Mit der ersten Ausbaustufe von 2 000 Betten kann von einer Gästezahl von 124 900 pro Jahr ausgegangen werden. Bei einer Erhöhung der Bettenzahl auf 4.000 wird mit einer Erhöhung um 95 300 auf 220 200 Gäste pro Jahr gerechnet. Insgesamt werden somit zukünftig rund 2,22 Millionen Besucher und Gäste erwartet. Die Zahl der Mitarbeiter soll insgesamt auf rund 500 steigen.

Die geplante Gesamtverkaufsfläche soll künftig insgesamt 8 500 m<sup>2</sup> (5.000 m<sup>2</sup> = westliche Seite (Erweiterung Erlebnis-Dorf), 1.500 m<sup>2</sup> = Bestand, 2.000 m<sup>2</sup> = östliche Seite (Ferienresort)) betragen.

Der Stellplatzbedarf für das Vorhaben Ferienresort wird wie folgt angegeben:

- 1. Ausbaustufe (2.000 Betten): 835 Stellplätze
- 2. Ausbaustufe (weitere 2.000 Betten): 835 Stellplätze
- zusätzlich Mitarbeiter-Stellplätze: 325 Stellplätze
- zusätzlich 200 Caravan-Plätze.

Der Stellplatzbedarf für die Besucher des erweiterten Erlebnis-Dorfes wird mit insgesamt rund 1.500 Pkw-Stellplätzen angegeben. Im Bestand verfügt das Erlebnis-Dorf über 1.196 Pkw-Stellplätze sowie 9 barrierefreie Pkw-Stellplätze, 13 Motorradstellplätze und 6 Bus-Stellplätze. Insgesamt sind somit im geplanten Endausbauzustand des Freizeitparks rund 3.500 Stellplätze (zzgl. 200 Caravan-Plätze) vorgesehen.

Auf Grund des oben beschriebenen Bauvorhabens wird es also zur Erhöhung des Verkehrsaufkommens sowie der Erstellung von Parkplätzen kommen.

Im Rahmen des Raumordnungsverfahrens für die o. g. Baumaßnahme wird deshalb eine qualifizierte Abschätzung der zu erwartenden Änderungen der Luftschadstoffbelastung benötigt. Dabei sind die Auswirkungen des Verkehrs hinsichtlich der Luftschadstoffe im Untersuchungsraum „Radien unabhängig/adäquat Zone 3 RVU“ und hinsichtlich der Erholung in der freien Landschaft „adäquat Zone 1“ zu untersuchen.

Der Schwerpunkt liegt hierbei nachfolgend auf der Betrachtung der B 5 nahen Bereiche zwischen der A 10 im Westen und der L 20 im Osten. Für diesen Bereich lagen für die vorliegende Untersuchung Verkehrsdaten vor.

Außerhalb dieses Untersuchungsraumes werden nach derzeitiger Erkenntnis keine lufthygienischen Auswirkungen feststellbar sein, weil das geplante Vorhaben entsprechend des Verkehrsplaners nicht zu vorhabenbedingt zuordenbaren Verkehrsveränderungen führen wird. Dies betrifft auch die lufthygienische Erholungseignung in der freien Landschaft im angrenzenden Bereiche der Döberitzer Heide.

Für o.g. Untersuchungsraum wurden die relevanten Luftschadstoffimmissionen aus dem Kfz-Verkehr ermittelt und bewertet. Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Fall Bauleitplanung = Prognose-Nullfall unter Beachtung bereits genehmigter B-Planungen und den Verkehrszahlen 2025
- Planfall Raumordnung 2025 (4 000 Betten) nach Umsetzung der Planungsmaßnahme.

Hinweis: Der Planfall 2000 Betten wird nicht betrachtet, da dieser bzgl. der verkehrlichen und lufthygienischen Auswirkungen geringer ist als der betrachtete Planfall.

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10, PM2.5) hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit. Die Beurteilung der Maßnahme erfolgte im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 3.3 (UBA, 2017) und unter Beachtung neuer Korrekturen für Diesel-EURO 6-Pkw wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2025 ermittelt.

Die nicht motorbedingten PM10- und PM2.5-Emissionen wurden auf der Grundlage vorliegender Systematisierungen aus der Literatur bestimmt.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell PROKAS/PROKAS\_B (Beschreibung siehe Anhang A2).

Die so berechnete Zusatzbelastung, verursacht vom Kfz-Verkehr auf den berücksichtigten Straßen, wurde mit der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wurde auf Grundlage von Messdaten und in Abstimmung mit der zuständigen Immissionsschutzbehörde, dem Landesamt für Umwelt Brandenburg, angesetzt. Die NO/NO<sub>2</sub>-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

## Ergebnisse

An den im Untersuchungsraum liegenden Wohnbebauungen und vorhandener sowie geplanter Fläche des Karls Erlebnis-Dorfes werden keine Überschreitungen der beurteilungsrelevanten Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 im Prognose-Nullfall 2025 und im Planfall 2025 erwartet. Zwischen dem Prognose-Nullfall und dem Planfall werden so geringe Unterschiede an den ausgewählten Immissionsorten prognostiziert, dass diese auf Grund

des gering höheren Verkehrsaufkommens rundungsbedingt nur an zwei Immissionsorten zu einer Zunahme von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei den  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerten führen.

Auch der strengere  $\text{PM}_{10}$ -Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entsprechend der 39. BImSchV wird an umliegender sensibler Nutzung im Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 nicht überschritten.

Aus Sicht der Lufthygiene scheinen die Planungen im Hinblick auf die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit bezogen auf die bestehende Wohnnutzung im Prognosejahr 2025 genehmigungsfähig zu sein. Im weiteren Planungsverlauf sollten dann Detailbetrachtungen unter Berücksichtigung der geplanten Parkplatzanlagen, der konkreten Planung der verkehrlichen Anbindung (Knotenpunkte) sowie ggf. unter Berücksichtigung von aktiven Lärmschutzanlagen zur Verifizierung der hier vorgelegten Ergebnisse erstellt werden.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Herr Robert Dahl plant die Weiterentwicklung des Standortes Elstal, an dem seit Mai 2014 ein Karls Erlebnis-Dorf erfolgreich betrieben wird. Das Vorhaben „Freizeitpark zur Erweiterung Karls Erlebnis-Dorf und Errichtung eines Ferienresorts“ (folgend „Vorhaben“) umfasst die Erweiterung des bestehenden Erlebnis-Dorfes und die Errichtung eines Ferienresorts.

Das geplante Ferienresort ist dabei funktional und ökonomisch eng mit der geplanten Erweiterung des Erlebnis-Dorfes verbunden. Das Vorhaben besteht damit aus den gegeneinander abgrenzbaren, aber flächig zusammen liegenden Komponenten:

- bestehendes Erlebnis-Dorf
- Erweiterungen des Erlebnis-Dorfes in westliche Richtung
- Errichtung eines Ferienresorts.

Für die Erweiterung sind die direkt westlich an das bestehende Erlebnisdorf angrenzenden Flächen in einer Größe von 21.38 ha vorgesehen. Damit stünde dann eine Fläche von insgesamt 30.67 ha zur Verfügung. Als Realisierungshorizont wird das Jahr 2025 angestrebt. Derzeit beträgt die Besucherzahl ca. 1 Million pro Jahr. Nach der Erweiterung werden etwa 2 Millionen Besucher pro Jahr erwartet.

Für die Errichtung des Ferienresorts ist eine Flächengröße von 48.54 ha vorgesehen. Die Errichtung des Ferienresorts ist in östliche Richtung geplant und umfasst die Flächen der ehemaligen Löwen-Adler-Kaserne. Das Konzept enthält Unterkünfte, die aus einer Kombination von Hotels, Ferienhäusern und Erlebnisunterkünften mit verschiedenen Qualitätsebenen, Ausstattungen und Thementypen bestehen sollen.

Geplant ist eine schrittweise Entwicklung des Ausbaus der Bettenkapazitäten:

- 2 000 Betten bis zum Entwicklungshorizont 2028
- 4 000 Betten bis zum Entwicklungshorizont 2038

Mit der ersten Ausbaustufe von 2 000 Betten kann von einer Gästezahl von 124 900 pro Jahr ausgegangen werden. Bei einer Erhöhung der Bettenzahl auf 4.000 wird mit einer Erhöhung um 95 300 auf 220 200 Gäste pro Jahr gerechnet. Insgesamt werden somit zukünftig rund 2,22 Millionen Besucher und Gäste erwartet. Die Zahl der Mitarbeiter soll insgesamt auf rund 500 steigen.

Die geplante Gesamtverkaufsfläche soll künftig insgesamt 8 500 m<sup>2</sup> (5.000 m<sup>2</sup> = westliche Seite (Erweiterung Erlebnis-Dorf), 1.500 m<sup>2</sup> = Bestand, 2.000 m<sup>2</sup> = östliche Seite (Ferienresort)) betragen.

Der Stellplatzbedarf für das Vorhaben Ferienresort wird wie folgt angegeben:

- 1. Ausbaustufe (2.000 Betten): 835 Stellplätze
- 2. Ausbaustufe (weitere 2.000 Betten): 835 Stellplätze
- zusätzlich Mitarbeiter-Stellplätze: 325 Stellplätze
- zusätzlich 200 Caravan-Plätze.

Der Stellplatzbedarf für die Besucher des erweiterten Erlebnis-Dorfes wird mit insgesamt rund 1.500 Pkw-Stellplätzen angegeben. Im Bestand verfügt das Erlebnis-Dorf über 1.196 Pkw-Stellplätze sowie 9 barrierefreie Pkw-Stellplätze, 13 Motorradstellplätze und 6 Bus-Stellplätze. Insgesamt sind somit im geplanten Endausbauzustand des Freizeitparks rund 3.500 Stellplätze (zzgl. 200 Caravan-Plätze) vorgesehen.

Auf Grund des oben beschriebenen Bauvorhabens wird es also zur Erhöhung des Verkehrsaufkommens sowie der Erstellung von Parkplätzen kommen.

Im Rahmen des Raumordnungsverfahrens für die o. g. Baumaßnahme wird deshalb eine qualifizierte Abschätzung der zu erwartenden Änderungen der Luftschadstoffbelastung benötigt. Dabei sind die Auswirkungen des Verkehrs hinsichtlich der Luftschadstoffe im Untersuchungsraum „Radien unabhängig/adäquat Zone 3 RVU“ und hinsichtlich der Erholung in der freien Landschaft „adäquat Zone 1“ zu untersuchen. Der Schwerpunkt liegt hierbei nachfolgend auf der Betrachtung der B 5 nahen Bereiche zwischen der A 10 im Westen und der L 20 im Osten. Für diesen Bereich lagen für die vorliegende Untersuchung Verkehrsdaten vor.

Außerhalb dieses Untersuchungsraumes werden nach derzeitiger Erkenntnis keine lufthygienischen Auswirkungen feststellbar sein, weil das geplante Vorhaben entsprechend des Verkehrsplaners nicht zu vorhabenbedingt zuordenbaren Verkehrsveränderungen führen wird. Dies betrifft auch die lufthygienische Erholungseignung in der freien Landschaft im angrenzenden Bereiche der Döberitzer Heide.

Für o.g. Untersuchungsraum wurden die relevanten Luftschadstoffimmissionen aus dem Kfz-Verkehr ermittelt und bewertet. Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Fall Bauleitplanung = Prognose-Nullfall unter Beachtung bereits genehmigter B-Planungen und den Verkehrszahlen 2025
- Planfall Raumordnung 2025 (4 000 Betten) nach Umsetzung der Planungsmaßnahme.

Hinweis: Der Planfall 2000 Betten wird nicht betrachtet, da dieser bzgl. der verkehrlichen und lufthygienischen Auswirkungen geringer ist als der betrachtete Planfall.

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstäube (PM10, PM2.5) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 2025 erfolgen.

### 3 VORGEHENSWEISE

#### 3.1 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist v. a. die 39. BImSchV relevant.

Die Relevanz der Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO<sub>2</sub> und PM10 erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid (NO) gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM10, PM2.5) betrachtet.

#### 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		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 seit 2015	25	

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

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Neben den Jahresmittelwerten wird auch der PM10-Kurzzeitgrenzwert abgeleitet und bewertet. Auf die Berechnung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwert als Stundenmittelwert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden darf, wird verzichtet, da der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eher überschritten wird, als der Kurzzeitgrenzwert.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

### 3.3 Berechnungsverfahren PROKAS

Für das gesamte Betrachtungsgebiet wird das Straßennetzmodell PROKAS (Beschreibung: [www.lohmeyer.de/prokas](http://www.lohmeyer.de/prokas)) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnis-

sen angewendet; mit diesem Verfahren können Straßennetze, in typisierter Form Randbebauung, berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die Berechnung dieser Emissionen erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten (Düring und Lohmeyer, 2011; CORINAIR, 2007). 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 werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, alle berücksichtigten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

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

Für die Berechnung der NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

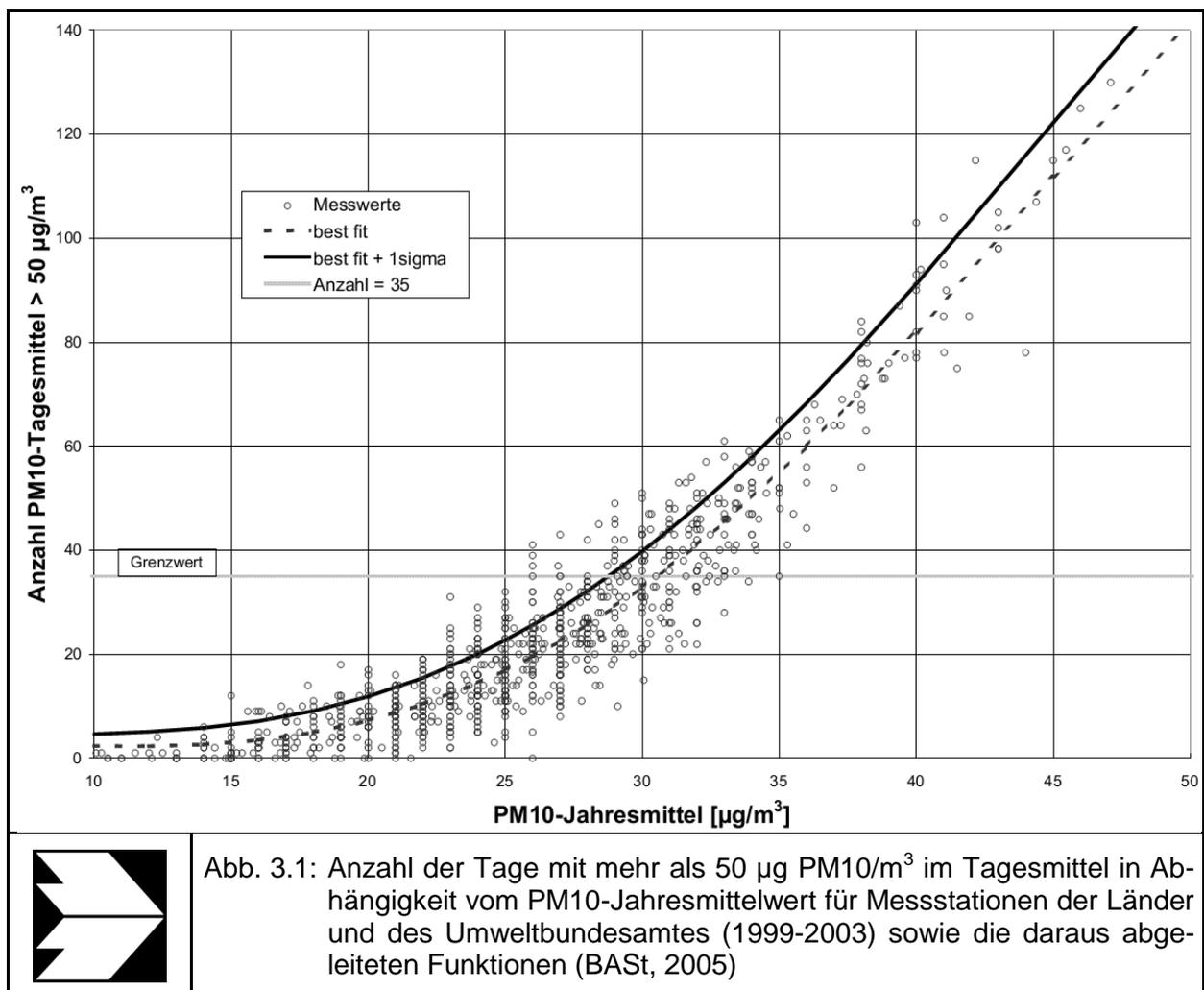
### 3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

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, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



Für die Bewertung des PM10-24h-Grenzwertes lässt sich die folgende differenzierte Bewertung in Hinblick auf das Eintreten von Überschreitungen ableiten:

#### PM10-Jahresmittel

<29 µg/m<sup>3</sup>  
 29 - 30 µg/m<sup>3</sup>  
 31 - 33 µg/m<sup>3</sup>  
 34 - 35 µg/m<sup>3</sup>  
 ≥36 µg/m<sup>3</sup>

#### Überschreitung PM10-Tagesmittel

keine Überschreitung  
 selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)  
 öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)  
 wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)  
 so gut wie sicher

## 4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

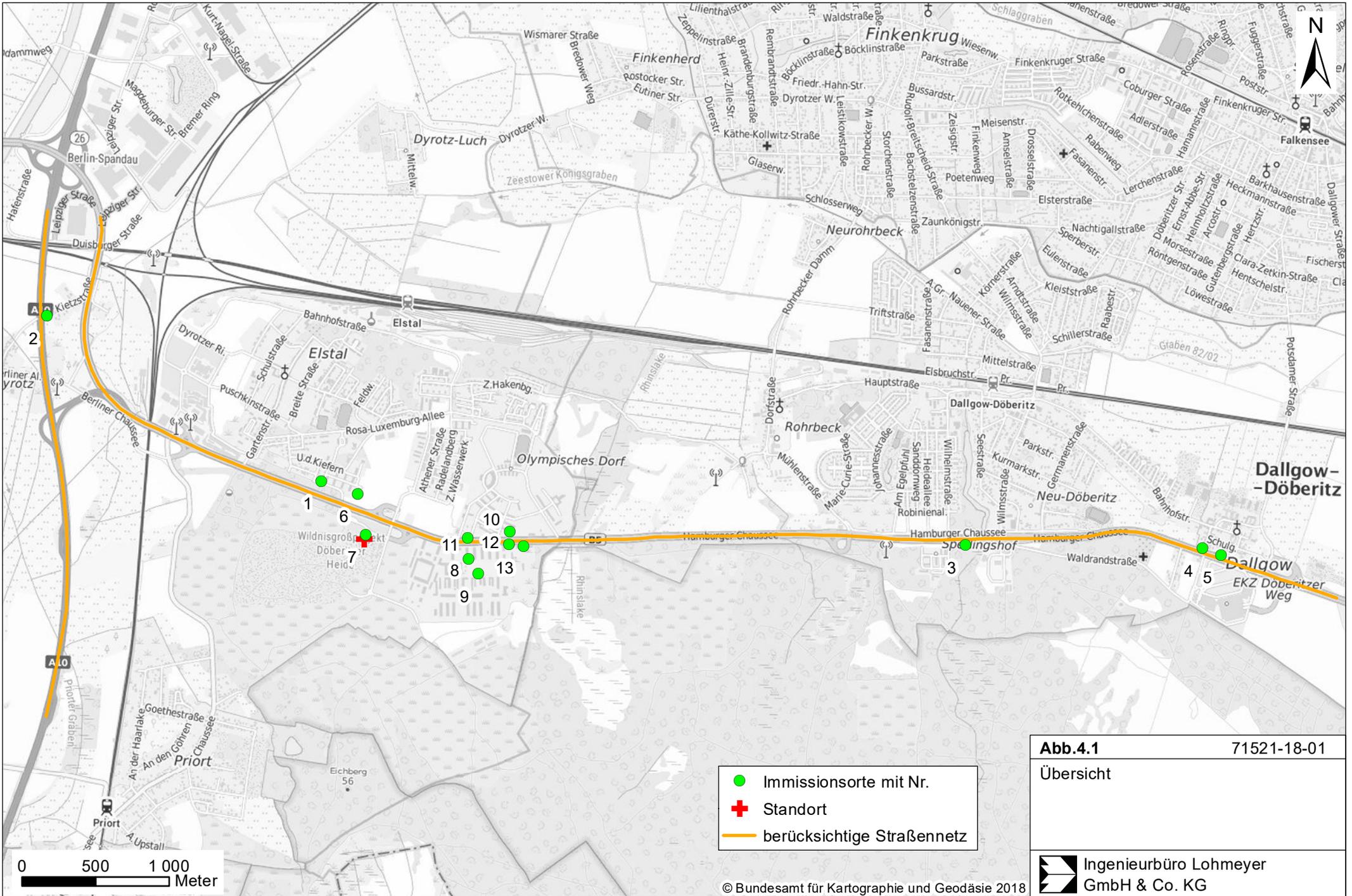
- Übersichtspläne
- Verkehrsbelegungsdaten
- Vorhabenbeschreibung

### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsraumes

Der Standort des Karls Erlebnis-Dorfes befindet sich im Ortsteil Elstal der Gemeinde Wustermark im Landkreis Havelland. Die Gemeinde liegt ca. 10 km (Stadtgebietsgrenze) westlich von Berlin. Das Erlebnisdorf ist direkt durch eine Anschlussstelle an die Bundesstraße 5 angeschlossen, die wiederum zur BAB 10 führt. Das geplante Erweiterungsgebiet befindet sich zum großen Teil östlich des derzeit bestehenden Karls Erlebnis-Dorfes auf den Flächen der ehemaligen Löwen-Adler-Kaserne, aber auch westlich des bestehenden Dorfes. Auf der Fläche der ehemaligen Kaserne sollen Parkplätze und das Ferienresorts entstehen. Das Untersuchungsgebiet liegt in direkter Nähe zur Döberitzer Heide. Auf der gegenüberliegenden Straßenseite der B 5 befindet sich Wohnbebauung des Ortsteils Elstal.

Das Gelände im Untersuchungsgebiet ist weitgehend eben.

Die **Abb. 4.1** zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigte Straßennetz. In den betrachteten Berechnungsfällen werden die B 5 sowie die A 10 in die Immissionsbestimmung einbezogen. Für diese Straßen lagen Verkehrsbelegungsdaten vor.



Außerhalb dieses Untersuchungsraumes werden nach derzeitiger Erkenntnis keine lufthygienischen Auswirkungen feststellbar sein, weil das geplante Vorhaben entsprechend des Verkehrsplaners nicht zu vorhabenbedingt zuordenbaren Verkehrsveränderungen führen wird. Dies betrifft auch die lufthygienische Erholungseignung in der freien Landschaft im angrenzenden Bereiche der Döberitzer Heide.

Die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet weisen zum Teil lockere bis dichte einseitige oder zweiseitige Bebauung auf (Abschnitt 4.3).

## 4.2 Verkehrsdaten

Neben unterschiedlichen DTV-Werten weisen die einzelnen Straßenabschnitte unterschiedliche Schwerverkehrsanteile und unterschiedliche Verkehrssituationen (mittlere Geschwindigkeit, Standanteile, Konstantfahrten) auf, die bei der Bestimmung der Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten entscheidenden Einfluss haben.

Die Verkehrsdaten (Ingenieurgruppe IVV GmbH, 2019) liegen als mittlere Verkehrsstärken ( $DTV_{Mo-So}$ ) und für den Schwerverkehr (SV) als Anteile für Fahrzeuge >3.5 t zul. GG. für die B 5 für das Prognosejahr 2025 vor.

Die Angaben für die A 10, welche als Vorbelastungsquelle in die Betrachtung mit einbezogen wurde, entstammen den Verkehrszählungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für das Jahr 2015. Die verwendeten Verkehrsbelegungen sind der **Tab. 4.1** zu entnehmen.

<b>Straße</b>	<b>Abschnitt von bis</b>	<b>DTV [Kfz/24 h]</b>	<b>SV-Anteil [%]</b>
Als Vorbelastungsquelle			
A 10	AS Berlin Spandau – AS Brieslang (2015)	35 910	16.0
A 10	AS Potsdam-Nord – AS Berlin Spandau (2015)	40 100	16.3
Prognose-Nullfall 2025 (Bauleitplanung)			
B 5	Dallgow-Döberitz – AS Berlin Spandau	36 743	7.3
Planfall 2025 (Raumordnung 4 000 Betten)			
B 5	Dallgow-Döberitz – AS Berlin Spandau	37 793	7.2

Tab. 4.1: Verwendete Verkehrsstärken für die Streckenabschnitte

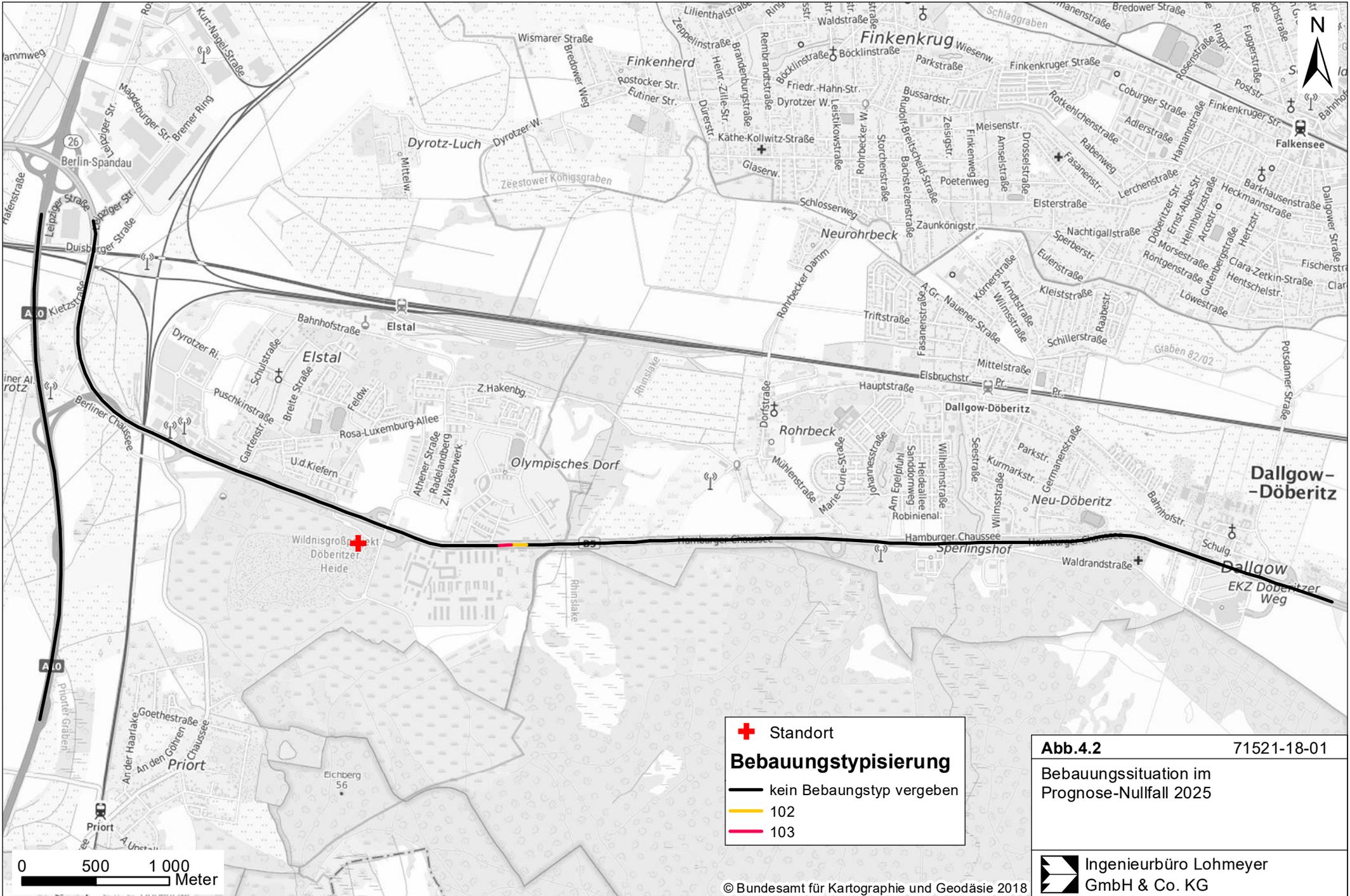
### 4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation

Bei der Ausbreitung der verkehrsbedingten Emissionen spielen die baulichen Gegebenheiten der Straße eine wesentliche Rolle. Bei einer vorliegenden dichten Randbebauung an einem Straßenabschnitt wird diese bei der Ausbreitungsrechnung mit PROKAS über so genannte Bebauungstypen berücksichtigt. In die Bestimmung der Bebauungstypen gehen das Verhältnis Gebäudehöhe zu Straßenschluchtbreite, der Lückenanteil, die Schluchtbreite sowie die Frage, ob Bebauung nur auf einer oder auf beiden Seiten der Straße vorhanden ist. Diese idealisierten Straßenrandbebauungstypen werden für jeweils ca. 100 m lange Straßenabschnitte festgelegt.

Die verwendeten Bebauungstypen sind für die beiden betrachteten Fälle identisch und in **Abb. 4.2** exemplarisch für den Prognose-Nullfall dargestellt.

In PROKAS werden diese Straßenabschnitte mit dem so genannten Bebauungsmodul gerechnet (PROKAS\_B). Es beruht auf Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für die idealisierten Straßenrandbebauungen (nähere Erläuterungen sind im Anhang A4 zu finden).

Die derzeit vorhandenen Lärmschutzmaßnahmen an der B 5 wurden in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt. Es wird damit eine konservative Herangehensweise gewählt.



**+** Standort

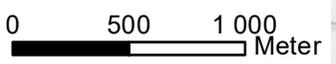
**Bebauungstypisierung**

— kein Bebauungstyp vergeben

— 102

— 103

**Abb.4.2** 71521-18-01  
 Bebauungssituation im  
 Prognose-Nullfall 2025



#### 4.4 Meteorologische Daten

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

Für den Bereich innerhalb des Untersuchungsgebietes stehen keine meteorologischen Daten aus dem hauptamtlichen Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. Im Bericht IVU (2012) werden für den Bereich Elstal (Kreis Havelland) die Winddaten des Deutschen Wetterdienstes von Neuruppin empfohlen. Für den Zeitraum 2009-2018 wurden die Winddaten und Angaben zur Bedeckung deshalb beim DWD heruntergeladen und aufbereitet (DWD, 2019). Die Station ist ca. 75 km östlich vom Untersuchungsgebiet gelegen.

Die Windmessung erfolgt dort in 18 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei West. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.7 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen. Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Messstation und dem Untersuchungsgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse für den Standort angepasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der Station Neuruppin ist in **Abb. 4.3** dargestellt.

Zusätzlich zur Wind- und Ausbreitungsstatistik existiert in der näheren Umgebung eine meteorologische Station des DWD, an der u. a. Temperaturen gemessen werden. Die Station Berge ist ca. 17 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet gelegen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2009–2018) werden dort im Mittel 10°C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

#### 4.5 Hintergrundbelastung 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

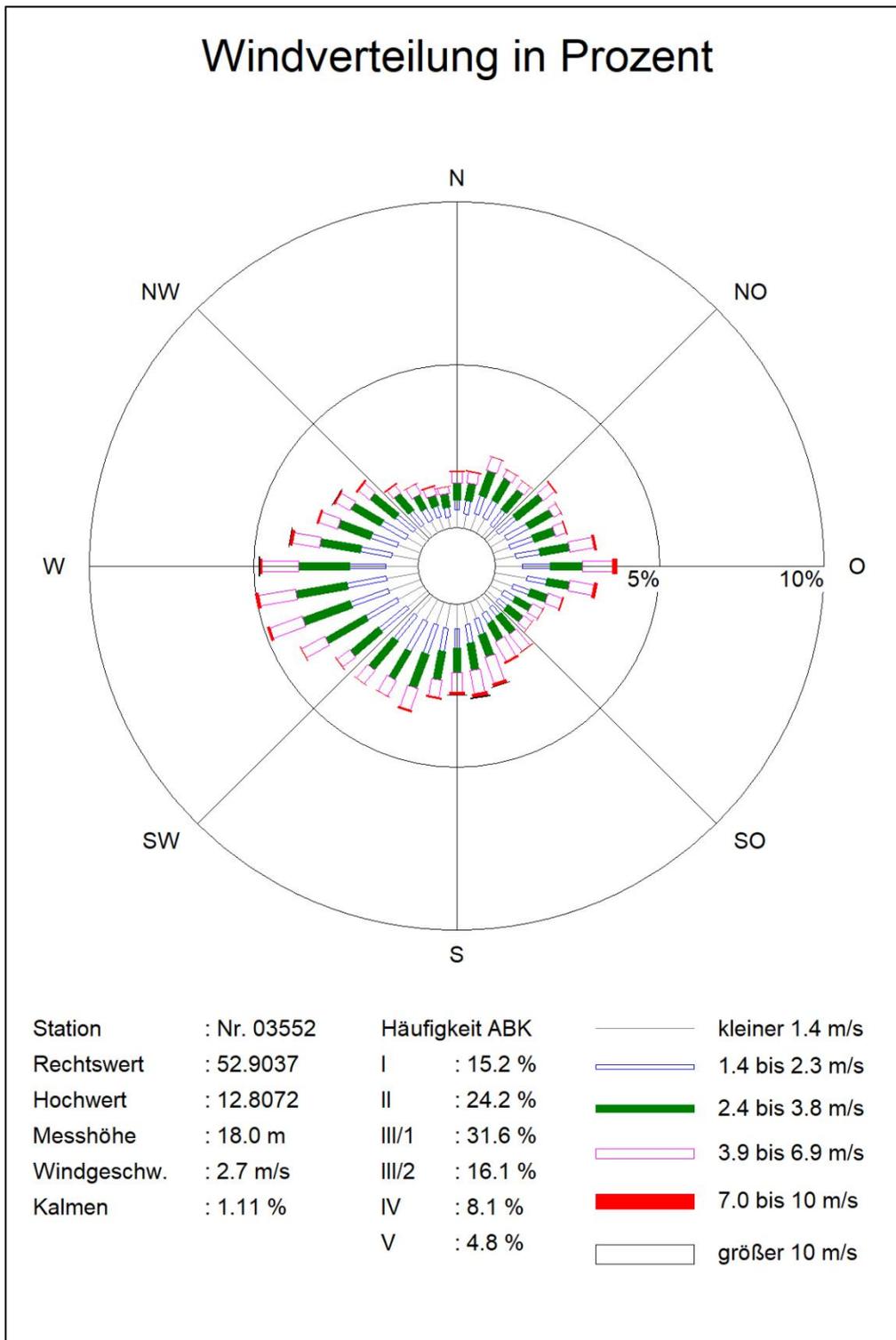


Abb. 4.3: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Neuruppin 2009–2018  
 Quelle: DWD, eigene Darstellung

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.

Stickoxide unterliegen auf dem Ausbreitungspfad chemischen Umwandlungsprozessen. Die Berechnung der NO<sub>2</sub>-Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells (siehe Anhang A2), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub> benötigt.

Im Untersuchungsgebiet sind aktuell keine Messstellen im Luftgüte-Messnetz von Brandenburg vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem Luftüberwachungssystem für NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 zur Verfügung. Für die Berechnung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung werden zusätzlich die Ozonkonzentrationen (O<sub>3</sub>) berücksichtigt.

Das Landesumweltamt Brandenburg betreibt dieses Landesmessnetz. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die Entfernungen und Richtungen zum Untersuchungsgebiet sowie die Klassifizierungen, dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen, sind in **Tab. 4.2** aufgelistet. Die vorliegenden Daten und Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.3** aufgeführt.

Stationsname	Umgebung	Stationstyp	Entfernung, ca. [km]	Richtung
Brandenburg an der Havel	vorstädtisch	Hintergrund	32	SW
Nauen	vorstädtisch	Hintergrund	12	NW
Neuruppin, Gerhardt-	vorstädtisch	Hintergrund	45	NW
Potsdam, Groß Glienicke	vorstädtisch	Hintergrund	15	S

Tab. 4.2: Klassifizierung von Messstationen des Luftgüte-Messnetzes und deren Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoff-komponente	Zeitraum	Brandenburg a.d. Havel	Nauen	Neuruppin	Potsdam
NO <sub>2</sub> Jahresmittel	2014	13	14	15	15
	2015	12	12	15	15
	2016	14	13	17	14
	2017	13	11	17	13
	2018	14	12	13	14
PM10 Jahresmittel	2014	21	20	19	19
	2015	18	19	18	17
	2016	16	18	17	17
	2017	18	17	16	16
	2018	19	21	17	18
PM10 Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2014	9	10	19	7
	2015	6	5	6	4
	2016	5	4	3	5
	2017	10	6	9	6
	2018	4	4	2	4
PM2.5 Jahresmittel	2014	13	13	-	-
	2015	13	13	-	-
	2016	14	14	-	-
	2017	14	14	-	-
	2018	14	14	-	-
O <sub>3</sub> Jahresmittel	2014	48	46	46	44
	2015	48	48	47	47
	2016	48	47	43	45
	2017	49	49	43	47
	2018	56	55	54	53

Tab. 4.3: Jahreskenngößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m<sup>3</sup> an Stationen in der Umgebung von Elstal (LfU, 2015-2019)

Aus den Messwerten, der Lage und Klassifizierung der Messstationen werden die in **Tab. 4.4** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2018 abgeleitet und ebenfalls unverändert für das Prognosejahr 2025 herangezogen.

<b>Schadstoff</b>	<b>Jahresmittelwert [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</b>
NO <sub>2</sub>	15
NO <sub>x</sub>	22
O <sub>3</sub>	50
PM10	20
PM2.5	14

Tab. 4.4: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025

## 5 EMISSIONEN

### 5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) inklusiv 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 (PM10, PM2.5) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

### 5.2 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. Darin wurde eine Korrektur der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren für EURO 4- und EURO 6-Diesel-Pkw vorgenommen. Darüber hinaus wird in HBEFA 3.3 erstmals der Einfluss der Umgebungstemperatur berücksichtigt, der sich bei Temperaturen unter 20°C erhöhend auf die Stickoxid-Basisemissionsfaktoren auswirkt. Die Berücksichtigung dieses Temperatureinflusses erfolgt in HBEFA 3.3 bei allen Diesel-Pkw der Abgasnorm EURO 4–EURO 6.

Ein analoger Aktualisierungsbedarf ist auf Grund der z. T. gleichen Motorbauweise auch bei den leichten Nutzfahrzeugen (LNF) notwendig. Dies ist jedoch mangels verlässlicher Messdaten im HBEFA 3.3 noch nicht umgesetzt. Um dennoch auf der sicheren Seite zu liegen, erfolgen für die LNF die Erhöhungen der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren sowie die Berücksichtigung des Temperatureinflusses bzgl. der Stickoxid-Emissionen in gleichem Maße wie bei den Pkw.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur, welche den örtlichen Verhältnissen sehr gut entspricht.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, LNF, Lkw und Bussen 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. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgrößen kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt. Der Kaltstarteinfluss von NO<sub>x</sub> und Partikeln innerorts für Pkw und LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

AB130	Autobahn, Tempolimit 130 km/h, flüssiger Verkehr
AO-Fern100	Fernstraße, Tempolimit 100 km/h, flüssiger Verkehr
AO-Fern100d	Fernstraße, Tempolimit 100 km/h, dichter Verkehr

### 5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend Düring und Lohmeyer (2011) verwendet

Die nicht motorbedingten PM2.5-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) werden in der vorliegenden Untersuchung entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung nach verschiedenen Verkehrssituationen ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich.

Die Resuspension von eingetragem Straßenstaub gehört entsprechend derzeitigem Kenntnisstand eher der Partikelfraktion zwischen 2.5 µm und 10 µm an und wird deshalb bei der Betrachtung von PM2.5 nicht mit berücksichtigt.

Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

Es sei darauf verwiesen, dass insbesondere die Emissionsfaktoren für Straßenabrieb von den Autoren wegen fehlender systematischer Untersuchungen mit sehr großen Unsicherheiten bewertet werden. Palmgren et al. (2003) setzt z. B. die PM2.5-Straßenabriebsemissi-

onen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden dennoch Emissionsfaktoren verwendet.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM10- und PM2.5-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in den **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt. Die NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren beinhalten die Korrekturen der Diesel-EURO 6-Pkw.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz									
Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2</sub> (direkt)		NO <sub>x</sub>		PM10/PM2.5 (nur Abgas)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)	
		[mg/km]		[mg/km]		[mg/km]		[mg/km]		[mg/km]	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
AB130	±0 %	98	64	316	283	3.8	4.9	30	130	11	48
AO-Fern100	±0 %	48	67	158	355	2.2	6.4	30	130	11	51
AO-Fern100d	±0 %	54	71	178	387	2.3	6.6	30	130	13	58

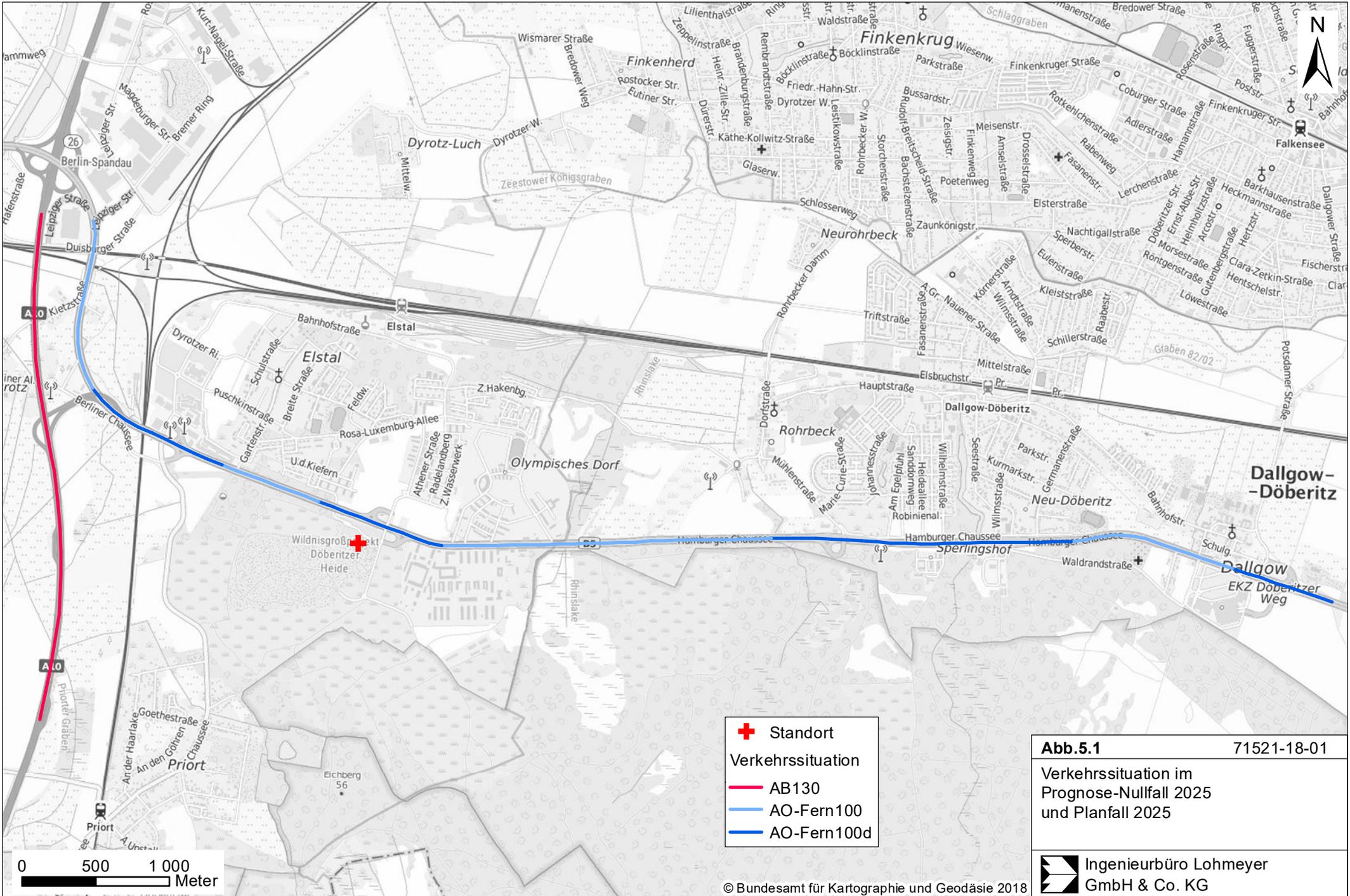
Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2025

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

#### 5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO<sub>x</sub>, PM10 und PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Die Verkehrssituationen sind für den Prognose-Nullfall bzw. Planfall 2025 in **Abb. 5.1** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzen sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2). Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.



+ Standort  
 Verkehrssituation  
— AB130  
— AO-Fern100  
— AO-Fern100d

**Abb.5.1** 71521-18-01  
 Verkehrssituation im  
 Prognose-Nullfall 2025  
 und Planfall 2025

Demzufolge bedeutet eine blaufarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.1**) eine Verkehrssituation AO-Fern100 mit dichtem Verkehr.

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt B5 die Verkehrskennndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten.

DTV [Kfz/24 h]	SV-Anteil [%]	Verkehrssituation	NO <sub>2, direkt</sub> [mg/(m s)]	NO <sub>x</sub> [mg/(m s)]	PM10 [mg/(m s)]	PM2.5 [mg/(m s)]
<b>Prognose-Nullfall 2025</b>						
36 743	7.3	AO-Fern100d	0.02361	0.082285	0.016965	0.008117
<b>Planfall 2025</b>						
37 793	7.2	AO-Fern100d	0.024278	0.084557	0.017406	0.008329

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Straße B 5 Höhe Karls-Erlebnisdorf

## 6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet wird für ausgewählte, repräsentative Immissionsorte (IO) die berechneten Luftschadstoffbelastungen in Bodennähe (in ca. 1.5 m Höhe) ausgewiesen. Sie stellen sensible Nutzungen (Wohnbebauung, geplante Bebauung) im Untersuchungsgebiet dar. Zusätzlich werden an Straßen mit dichter Randbebauung die Konzentrationswerte für die Hausfassaden angegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) der Betrachtungsjahre auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse für die Leitkomponenten NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 sind als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) in den jeweiligen Abschnitten dargestellt.

An Straßen mit dichter ein- oder zweiseitiger Randbebauung (= Straßenschluchten) werden die Konzentrationswerte in einer Höhe von ca. 1.5 m für die Hausfassade angegeben. Hierbei werden für ca. 100 m lange Straßenabschnitte Konzentrationswerte an der höchst belasteten Stelle berechnet, die auf dem gesamten Straßenabschnitt ausgewiesen werden. Es handelt sich dabei um die berechneten Konzentrationen an der nächstgelegenen Bebauung. Dies entspricht dem Charakter einer Screening-Betrachtung. In Bereichen außerhalb der Straßenschluchten treten deutlich geringere Belastungen auf.

Die Gesamtbelastungen für die ausgewählten Immissionsorte sind für den Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 in **Tab 6.1** aufgeführt.

Nr.	Immissionsort (Nutzung)	NO <sub>2</sub> - Jahres- mittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10- Jahres- mittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	PM2.5- Jahres- mittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl der Über- schreitungen des PM10-24 h-Werts von 50 µg/m <sup>3</sup> im Jahr
<b>Prognose-Nullfall 2025</b>					
1	Elstal/ Ferbitzer Weg 7	16	21	14	14
2	Wustermark / Kiezstrasse 16	19	22	15	15
3	Dallgow-Döberitz / Sperlingshof 1 (Villa Rossa)	17	21	15	14
4	Dallgow-Döberitz / Seegefelder Str. 11a	18	22	15	15
5	Dallgow-Döberitz / Hamburger Chaussee 2-3	18	22	15	15
6	Elstal / Eichenring 9d	16	21	14	14
7	Karls Erlebnis-Dorf	16	20	14	12
8	ehem. Kaserne, später Parkplatz	16	20	14	12
9	ehem. Kaserne, später Bebauung	15	20	14	12
10	ehem. Kaserne, Olymp. Dorf	17	21	14	14
11	ehem. Kaserne	18	22	15	15
12	ehem. Kaserne, Bebauung Str.	25	25	16	23
13	ehem. Kaserne, Bebauung Str.	18	22	15	15
<b>Planfall 2025</b>					
1	Elstal/ Ferbitzer Weg 7	16	21	14	14
2	Wustermark / Kiezstrasse 16	19	22	15	15
3	Dallgow-Döberitz / Sperlingshof 1 (Villa Rossa)	18	21	15	14
4	Dallgow-Döberitz / Seegefelder Str. 11a	18	22	15	15
5	Dallgow-Döberitz / Hamburger Chaussee 2-3	18	22	15	15
6	Elstal / Eichenring 9d	16	21	14	14
7	Karls Erlebnis-Dorf	16	20	14	12
8	ehem. Kaserne, später Parkplatz	16	20	14	12
9	ehem. Kaserne, später Bebauung	16	20	14	12
10	ehem. Kaserne, Olymp. Dorf	17	21	14	14
11	ehem. Kaserne	18	22	15	15
12	ehem. Kaserne, Bebauung Str.	25	25	16	23
13	ehem. Kaserne, Bebauung Str.	18	22	15	15
<b>Beurteilungswerte</b>		<b>40</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>35</b>

Tab. 6.1: Immissionen im Vergleich zum Beurteilungswert für ausgewählte Immissionsorte

fett = Grenzwertüberschreitung

Hinweis: Bei den IO 12 und IO 13 handelt es sich um eine Straße mit dichter Randbebauung (vgl. **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2**).

## 6.1 Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** für den Prognose-Nullfall 2025 und den Planfall 2025 dargestellt.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen.

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird den Berechnungsergebnissen zu Folge im Prognose-Nullfall 2025 und im Planfall 2025 (4 000 Betten) im Untersuchungsraum an der nächstgelegenen Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. Die NO<sub>2</sub>-Immissionen sind in Bezug auf den Grenzwert gemäß **Tab. 3.2** an der Bebauung als mittlere bis leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen. Außerhalb dieses Untersuchungsraumes werden nach derzeitiger Erkenntnis keine lufthygienischen Auswirkungen feststellbar sein, weil das geplante Vorhaben entsprechend des Verkehrsplaners nicht zu vorhabenbedingt zuordenbaren Verkehrsveränderungen führen wird. Dies betrifft auch die lufthygienische Erholungseignung in der freien Landschaft im angrenzenden Bereiche der Döberitzer Heide. Dies trifft auch auf den Planfall (2 000 Betten) zu, da hier die Verkehrszunahmen noch geringer sind als im betrachteten Planfall.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass im Planfall 2025 gegenüber dem Prognose-Nullfall 2025 auf Grund der geringen Zunahme der Verkehrsbelegungen (vgl. **Tab. 4.1**) nur eine geringfügige Zunahme der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte berechnet wird, die an den ausgewählten Immissionsorten unter 0.3 µg/m<sup>3</sup> und sich so rundungsbedingt nur am IO 3 und IO 9 auswirkt (vgl. **Tab. 6.1** Prognose-Nullfall und Planfall).

Am Immissionsort 12 wird auf Grund der dichten Bebauung, vorausgesetzt das Gebäude der Löwen-Adler-Kaserne würde stehenbleiben, ein maximaler NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup> in beiden Berechnungsfällen an der Bebauung berechnet. Am IO 13, wo die Bebauung schon etwas weiter weg von der Straße rückt und auch eine höhere Lückigkeit vorhanden ist, werden 18 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Beim IO 2, der sich dicht an der BAB 10 befindet, werden 19 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Auch an den Immissionsorten 4, 5 und 11, die auch dicht an der B 5 liegen, werden ebenfalls 18 µg/m<sup>3</sup> im Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 prognostiziert, wobei im Planfall 2025 auch der IO 3 diesen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert erreicht. Aus **Abb. 4.1** und **Tab. 6.1** wird ersichtlich, dass bei größerer Entfernung der Bebauung von der

B 5 die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelerwerte abnehmen. So werden an den anderen Immissionsorten 17 µg/m<sup>3</sup> und 16 µg/m<sup>3</sup> erwartet.

Eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter 40 µg/m<sup>3</sup> nicht zu erwarten.

## 6.2 Feinstaub (PM10)

Die Gesamtbelastungen der PM10-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV wird im Prognose-Nullfall 2025 und im Planfall 2025 an der bestehenden Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte sind entsprechend der Einteilung aus **Tab. 3.2** als leicht erhöhte Konzentration zu bezeichnen.

Auch hier zeigen die Berechnungsergebnisse zwischen dem Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025, dass die Veränderungen unter 0.2 µg/m<sup>2</sup> liegen und somit rundungsbedingt gleiche PM10-Jahresmittelwerte berechnet werden. Beim IO 13 werden die höchsten PM10-Jahresmittelwerte im Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 mit 25 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. An den Immissionsorten 2, 4, 5, 11 und 13, wo die Bebauung dicht an der BAB 10 und B 5 liegt, werden 22 µg/m<sup>3</sup> erwartet. An den anderen Immissionsorten werden 21 µg/m<sup>3</sup> bzw. bei IO 7 bis IO 9 nur 20 µg/m<sup>3</sup> berechnet, die im Bereich der Hintergrundbelastung (2025 = 20 µg/m<sup>3</sup>) liegen.

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein 24-Stundengrenzwert für Partikel (PM10) von 50 µg/m<sup>3</sup> definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend den Darstellungen im Kapitel 3 wird angesetzt, dass bei Konzentrationen unterhalb des entsprechenden Schwellenwertes von 29 µg/m<sup>3</sup> (Jahresmittelwert) auch der PM10-24 h-Grenzwert sicher eingehalten wird. Der PM10-24 h-Grenzwert ist somit eine strengere Kenngröße als der Jahresmittelgrenzwert (vgl. Kapitel 3). Die Anzahl

der Überschreitungen der PM10-24 h-Werte (Überschreitungstage) von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt.

Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entsprechend der 39. BImSchV wird an umliegender sensibler Nutzung nicht überschritten.

### 6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die Gesamtbelastungen der PM2.5-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** für den Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 dargestellt.

Der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß 39. BImSchV wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Prognose-Nullfall und Planfall im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert sind die PM2.5-Immissionen an der bestehenden, beurteilungsrelevanten Bebauung als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

Auch hier werden am IO 12 die höchsten PM2.5-Immissionen mit  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Prognose-Nullfall 2025 und Planfall 2025 prognostiziert. An den anderen Immissionsorten werden PM2.5-Jahresmittelwerte in bei Berechnungsfällen von  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet und liegen damit im Bereich der Hintergrundbelastung (2025 =  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Damit ergeben sich maximale Zusatzbelastungen von  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 7 LITERATUR

- Bächlin et al. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, H. 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Böisinger, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007 (nach 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 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007. EEA (European Environment Agency). Publish date: 5 Dec 2007. In: Technical report No 16/2007.
- 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).
- Düring, I., Lohmeyer, A. (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.
- DWD (2019): Winddaten der Station Neuruppin (2009-2018) [ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations\\_germany/climate/hourly/wind/historical/](ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/wind/historical/) und Be-

- deckung der Station Neuruppin (2009-2018) [ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations\\_germany/climate/hourly/cloudiness/historical/](ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/cloudiness/historical/) und Temperaturdaten der Station Berge [ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations\\_germany/climate/hourly/air\\_temperature/historical/](ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/air_temperature/historical/)  
Download: 08.05.2019.
- 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.
- FGSV (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung - RLuS 2012. Hrsg.: FGSV Verlag GmbH, Köln (ISBN 978-3-86446-047-0). Ausgabe 2012.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Böisinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment* 37 (2003).
- Ingenieurgruppe IVV GmbH (2019): Übergabe der Verkehrsbelegungen für die B 5 und die A 10. Persönliche E-Mail von Herrn Friedemann vom 23.04.2019 und 02.05.2019.
- Israël, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren – Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- IVU (2012): Endbericht Verkehrsgutachten, Einfluss des Verkehrs und seiner Entwicklung auf die Luftqualität im Land Brandenburg. Unter Mitarbeit von Dr. Rainer Stern und Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Dresden. Gutachten im Auftrag von: Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg, Potsdam. 26.03.2012.
- 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.
- Kutzner, K., Diekmann, H. und Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- LfU - Landesamt für Umwelt (2015-2019): Luftqualität in Brandenburg, Jahresberichte 2014-2017 und Kurzbericht 2018. Download 08.05.2019.  
<https://mlul.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.280911.de>
- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO2-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB.

- Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- 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).
- Palmgren, F., Wahlin, P., Berkowicz, R., Ketzler, M., Illerup, J. B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M., Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. NERI Technical Report No. 460.  
[http://www.dmu.dk/1\\_Viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rapporter/FR460.PDF](http://www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR460.PDF).
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- 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).
- TREMOD (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. (HBEFA 3.3) (aktualisierte Version vom 02.05.2017). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- 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 A1:**  
**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 seit 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 seit dem Jahr 2015 ein Grenzwert ist.

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.

### **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 A2:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR**  
**IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

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

### **A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS\_V**

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

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO<sub>2</sub> erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2007). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO<sub>2</sub>-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

### **A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS\_B**

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

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A3.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

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

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

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

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

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

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

### A2.3 Fehlerdiskussion

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

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

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 Zählwerten 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.

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  $\pm 20\%$  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.