

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

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

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

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

## **B-PLAN LINGEL-FLÄCHE IN ERFURT**

### **- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber: Entwicklungsgesellschaft  
Erfurt Südost Am Steiger mbH  
Mellenbacher Straße 12  
98746 Meuselbach-Schwarzmühle

Dipl.-Met. A. Moldenhauer  
Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

August 2018  
Projekt 71440-18-01\_Immi  
Berichtsumfang 57 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>8</b>
	3.1 Betrachtete Schadstoffe .....	8
	3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe .....	8
	3.3 Berechnungsverfahren MISKAM .....	9
	3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	11
<b>4</b>	<b>EINGANGSDATEN .....</b>	<b>14</b>
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	14
	4.2 Verkehrsdaten und Verkehrskonzept.....	17
	4.3 Bebauungssituation .....	19
	4.4 Meteorologische Daten .....	20
	4.5 Hintergrundbelastung der Luft .....	22
	4.6 Vegetation.....	25
<b>5</b>	<b>EMISSIONEN .....</b>	<b>27</b>
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	27
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	27
	5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	29
	5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	32
<b>6</b>	<b>IMMISSIONEN.....</b>	<b>35</b>
	6.1 Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	36
	6.2 Feinstaub (PM10) .....	38
	6.3 Feinstaub (PM2.5) .....	40
	6.4 Fazit	40
<b>7</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>43</b>

---

<b>ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF- KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN .....</b>	<b>47</b>
<b>ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>51</b>
<b>ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN .....</b>	<b>55</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.

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 größe selektierenden 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

Die Entwicklungsgesellschaft Erfurt Südost Am Steiger mbH plant in Erfurt die ehemalige Lingel-Fläche neu zu erschließen und zu bebauen.

In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planungsverfahrens die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich. Innerhalb des Gutachtens sind unter Berücksichtigung der geltenden Rechtslage die Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens auf die Immissionssituation des Untersuchungsgebietes zu untersuchen und zu bewerten.

Betrachtet wurde folgender Fall:

- Planfall 2021 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme.

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 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) wurden unter Berücksichtigung der Erfurter Flotte mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2021 ermittelt.

Die nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Emissionen wurden auf der Grundlage vorliegender Systematisierungen aus der Literatur bestimmt.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (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 des Freistaates Thüringen angesetzt. Die NO/NO<sub>2</sub>-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

**Ergebnisse**

Die im Planfall 2021 berechneten jahresmittleren Immissionswerte liegen für alle betrachteten Schadstoffkomponenten deutlich unterhalb der Grenzwerte der 39. BImSchV.

Auch der PM10-Tagesmittelgrenzwert wird an der Straßenrandbebauung deutlich unterschritten.

Aus lufthygienischer Sicht gibt es keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Die Entwicklungsgesellschaft Erfurt Südost Am Steiger mbH plant in Erfurt die ehemalige Lingel-Fläche neu zu erschließen und zu bebauen.

In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planungsverfahrens die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich. Innerhalb des Gutachtens sind unter Berücksichtigung der geltenden Rechtslage die Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens auf die Immissionssituation des Untersuchungsgebietes zu untersuchen und zu bewerten.

Betrachtet wurde folgender Fall:

- Planfall 2021 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme.

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 2021, des frühesten Jahres der möglichen Fertigstellung der Baumaßnahme, 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 MISKAM

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle; VDI, 2017) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Aktivitätsdaten und Verkehrsmengen werden für das Prognosejahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM<sub>10</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).

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014) unter expliziter Berücksichtigung der Gebäudekonfiguration im Planfall sowie unter Berücksichtigung von großflächigen Vegetationsflächen am Steiger und östlich des Steigerwaldstadions. MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 für prognostische Modelle beachtet (VDI, 2017). Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 350 m berücksichtigt. Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes.

Das Rechengebiet wird mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 2 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen 10° bis 360° sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersu-

chungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (Lohmeyer, 2017) unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

Der Eingangsbereich des Steigerwaldstadions stellt ein geschwungenes Dach dar, welches in Teilbereichen große Öffnungen (auch bodennah) aufweist. Dies wurde dahingehend parametrisiert, dass das Dach zunächst als ein ca. 10 m hohes Hindernis in die Modellierung einbezogen wurde, die unteren 5 m aber als durchströmbar modelliert wurden. Hierzu wurde das Unterströmungsmodul von MISKAM genutzt.

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

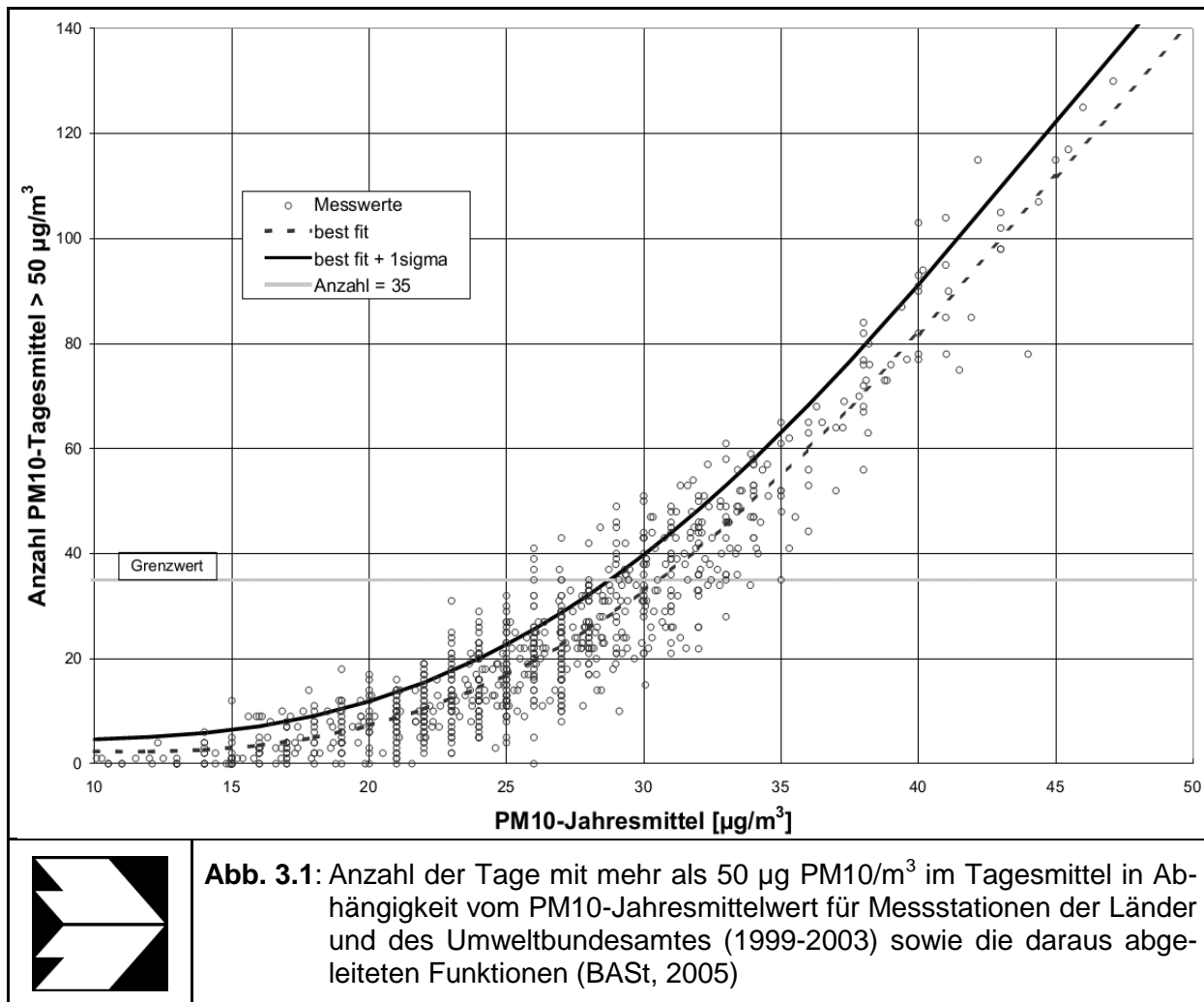
Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, 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 PM<sub>10</sub>-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 PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m<sup>3</sup> und dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM<sub>10</sub>-Überschreitungshäufigkeit vom PM<sub>10</sub>-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 entspre-

chende 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).



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:

- Technische Planung in Form eines Lageplanes für die Straßen (Stand 2018-03-16, EPC Engineering & Technologies GmbH 2018a)
- Technische Planung in Form von Lageplänen für den B-Plan inklusive Lage und Höhenangaben zu den geplanten Gebäuden (Stand 2018-05-16, EPC Engineering & Technologies GmbH 2018b), Abstimmung fehlender Höhen mit HSP architekten ingenieure (2018)
- Verkehrsbelegungsdaten (Stadtverwaltung Erfurt, 2018a)
- Tempolimits für Streckenabschnitte (ArcGIS online, 2018)
- Digitales Geländemodell des Untersuchungsgebietes sowie Gebäudehöhen im Istzustand (Stadtverwaltung Erfurt, 2018b).

### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die hier zu betrachtende Lingelfläche liegt im Süden von Erfurt im Hangbereich. Westlich bis südlich schließt sich die große Waldfläche des Steiger an. Die Innenstadt von Erfurt befindet sich nördlich.

Die **Abb. 4.1** zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei der Ausbreitungsrechnung berücksichtigte Straßennetz. In den betrachteten Berechnungsfällen werden überwiegend nur Straßenabschnitte in die Immissionsbestimmung einbezogen, die eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Werktagen ( $DTV_w$ ) größer 5 000 Kfz/24 h aufweisen. Die Emissionen von Straßenabschnitten mit geringerer Verkehrsbelegung werden über die Hintergrundbelastung pauschal berücksichtigt (Abschnitt 4.5).

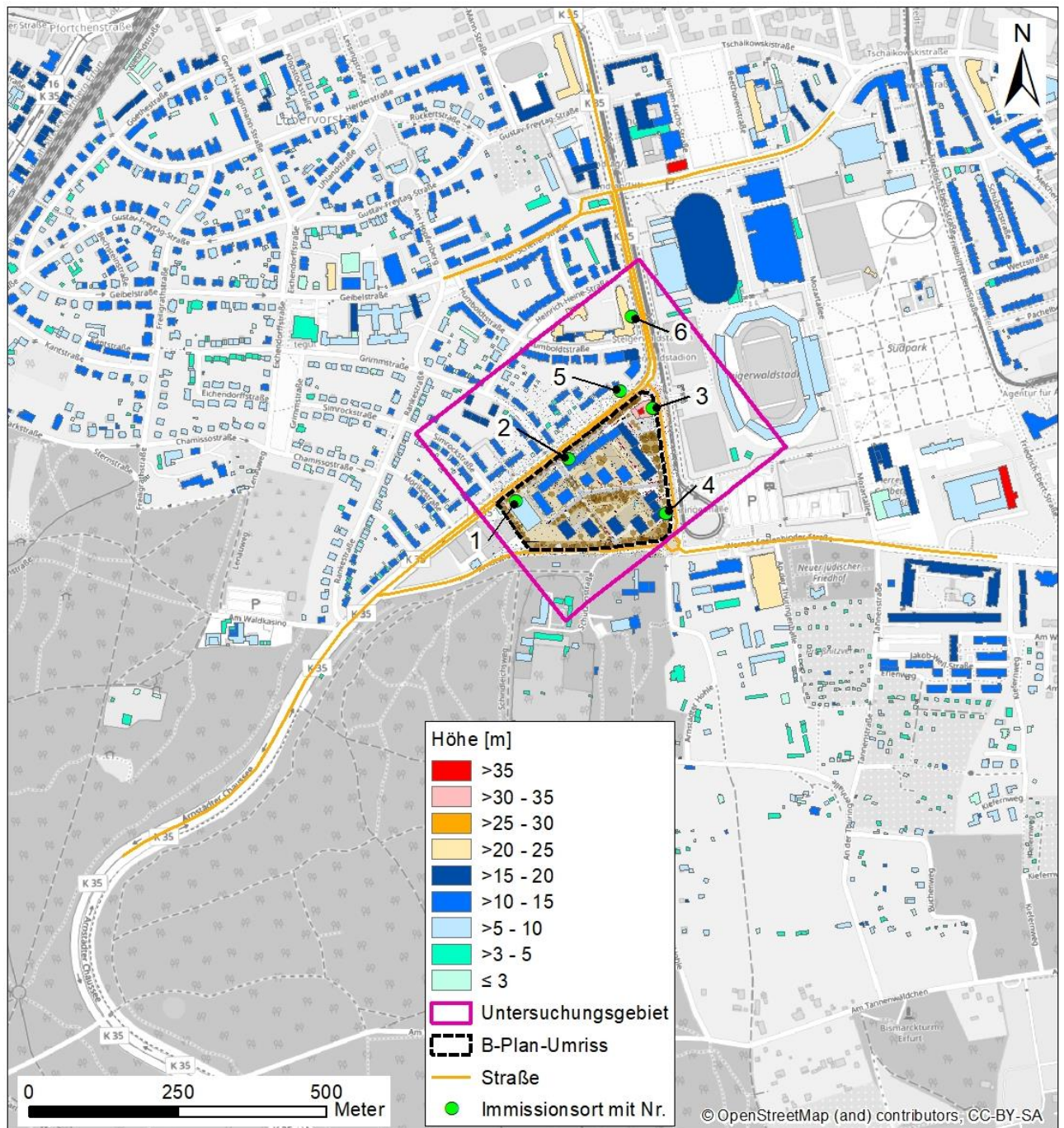


Abb. 4.1: Lageplan des zu betrachtenden Untersuchungsgebietes im Planfall 2021 mit Lage des B-Plans, des Untersuchungsgebietes in MISKAM sowie Lage der bei der Modellierung explizit berücksichtigten Straßenabschnitte  
 Kartengrundlage: OpenStreetMap, im Bereich des B-Plans Plan vom Auftraggeber



Das B-Plan-Gebiet wird im Nordwesten durch die Martin-Anderson-Nexö-Straße, im Osten durch die Werner-Seelenbinder-Straße und im Süden durch die Arndtstraße begrenzt. Westlich an das B-Plan-Gebiet schließt sich ein Tennisplatz an, im Nordosten das Steigerwaldstadion.

In die Abbildung eingezeichnet sind sensitive Punkte, die im Abschnitt 6 separat diskutiert werden.

Das Relief im Untersuchungsgebiet ist in **Abb. 4.2** dargestellt.

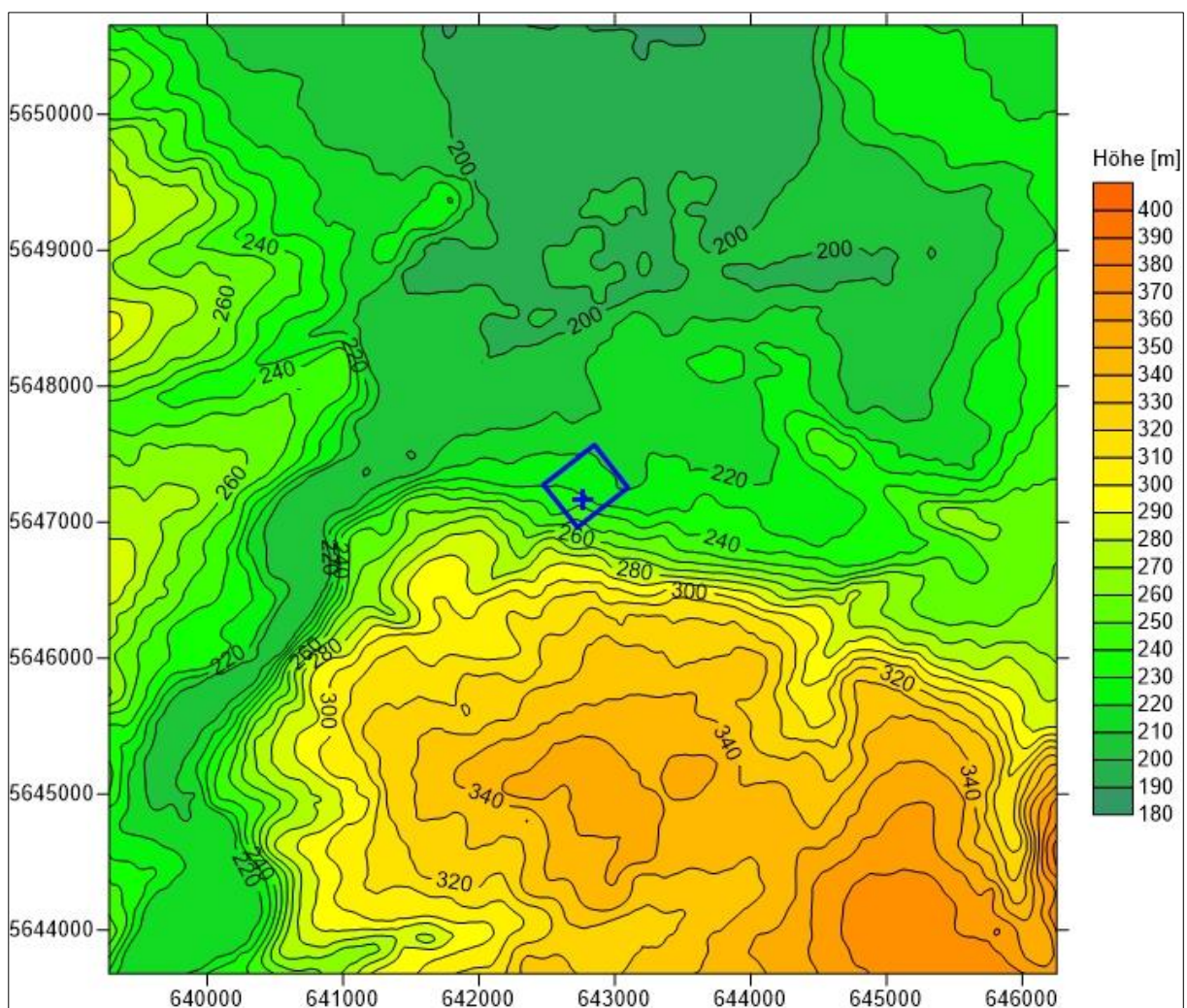


Abb. 4.2: Relief im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet, die Lage des B-Plans ist mit einem blauen Kreuz und die des Untersuchungsgebietes mit einem blauen Rechteck gekennzeichnet.

Das B-Plan-Gebiet liegt in einer Höhenlage von ca. 220 m bis 230 m über NN. Nach Süden hin steigt das Gelände bis Höhen von ca. 350 m an (Steiger). Die Innenstadt von Erfurt liegt etwa in 200 m über NN.

Die zu betrachtenden Straßen weisen überwiegend eine Längsneigung auf. Diese wurde aus den zur Verfügung gestellten Reliefdaten abgeleitet und auf  $\pm 2$  %-Stufen gerundet.

## 4.2 Verkehrsdaten und Verkehrskonzept

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.

In die Immissionsbestimmung gehen folgende Straßen ein:

- Martin-Anderson-Nexö-Straße (MAN-Straße)
- Arnstädter Straße
- Werner-Seelenbinder-Straße
- Viktor-Scheffel-Straße
- Johann-Sebastian-Bach-Straße

Die Verkehrsdaten, die von der Stadt Erfurt zur Verfügung gestellt wurden, (Stadtverwaltung Erfurt, 2018a) liegen als Verkehrsstärken (DTV-Werte) für den Planfall vor. Sie sind in **Abb. 4.3** dargestellt. Im Nahbereich des B-Plans wird die Martin-Anderson-Nexö-Straße fahrtrichtungsgetrennt aufgenommen, dann überlagern sich die Signaturen in den Abbildungen.

Die von der Stadt Erfurt gelieferten Verkehrsdaten entsprechend denjenigen aus dem vorliegenden Schallgutachten (Steger & Partner GmbH, 2016) ergänzt um einige Straßenabschnitte im Süden des B-Plan-Gebietes, die für die lufthygienische Betrachtung zusätzlich notwendig waren.

Für die Berechnungen werden die Daten als mittlere Verkehrsstärken (DTV) verwendet, welche den Verkehr von Montag bis Sonntag abbilden. Die zur Verfügung gestellten Schwerverkehrszahlen (SV) beinhalten alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zul. GG) größer 2.8 t. Für die Berechnung von Luftschadstoffen sind SV-Anteile mit einem zul. GG größer 3.5 t zugrunde zu legen. Umrechnungsfaktoren liegen nicht vor. Da die SV-Gruppe

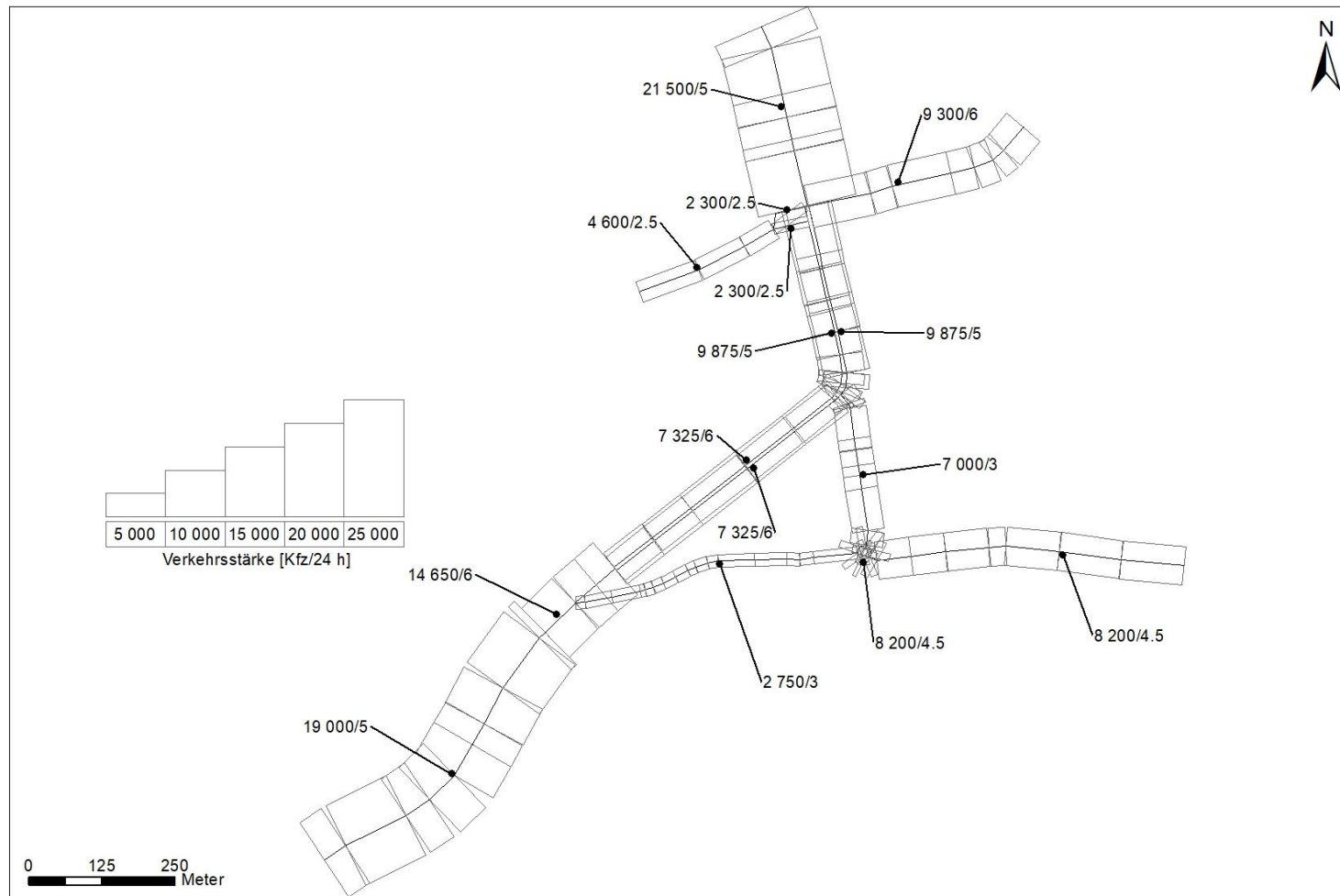


Abb. 4.3: Von der Stadtverwaltung Erfurt zur Verfügung gestellte Verkehrsdaten (Planfall 2021, DTV-Werte und LKW-Anteile > 2.8 t in Prozent) auf den berücksichtigten Straßenabschnitten

>3.5 t eine Teilmenge der SV-Gruppe >2.8 t ist, kann mit den höheren SV-Zahlen der Gruppe >2.8 t gerechnet werden. Mit diesem Vorgehen werden die Emissionen eher überschätzt und die Berechnungsergebnisse sind entsprechend konservativ einzuschätzen.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich im Kreuzungsbereich MAN-Straße/Arnstädter Straße und Arnstädter Straße/Johann-Sebastian-Bach-Straße jeweils Ampelanlagen, die auch im Planfall erhalten werden sollen. Im Kreuzungsbereich Arndtstraße/Werner-Seelenbinder-Straße ist ein Kreisverkehr geplant.

Der Kreuzungsbereich MAN-Straße/Arndtstraße soll ohne Ampelanlage betrieben werden. Es ist aber ca. 100 m südlich davon die Aufstellung einer Pfortnerampel geplant (Kreuzung Arnstädter Chaussee/Rankestraße/Am Waldkasino). Diese soll die Bildung von Rückstauwirkungen auf der MAN-Straße minimieren.

Die MAN-Straße soll beidseitig befahrbar sein und die Arndtstraße westlich des Zufahrtsbereiches zum B-Plan-Gebiet nur in Richtung Osten.

### **4.3 Bebauungssituation**

Die Gebäudedaten für den Istzustand (Lage und Höhen) wurden von der Stadtverwaltung Erfurt digital übergeben (Stadtverwaltung Erfurt, 2018b) und entsprechend Gegebenheiten vor Ort und aus Luftbildern angepasst (**Abb. 4.4**). Die angepassten Daten wurden mit dem Umwelt- und Naturschutzamt abgestimmt.

Die Gebäudedaten für den Planfall wurden aus dem aktuellen Lageplan (Stand: 16.05.2018) übernommen.

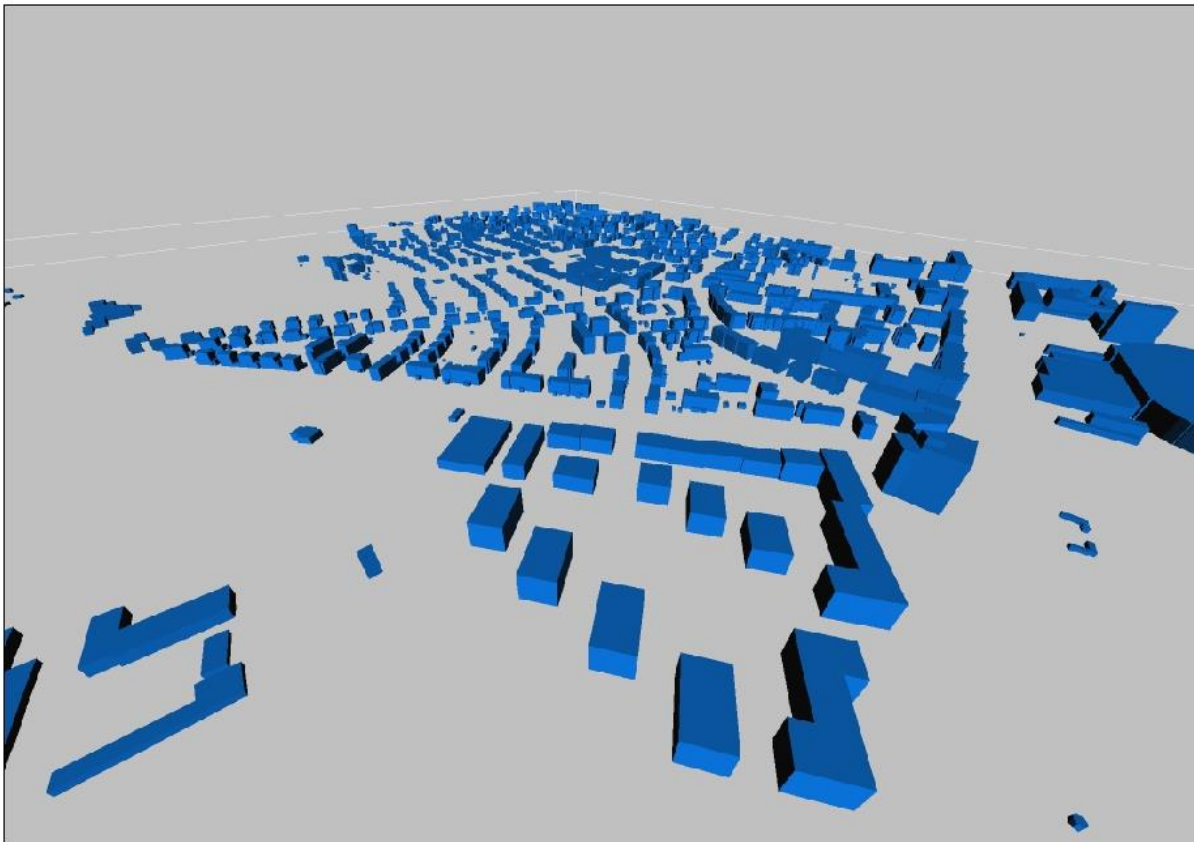


Abb. 4.4: Dreidimensionale Gebäudekonfiguration im Planfall im Bereich des B-Plan-Gebietes und dessen unmittelbarer Umgebung. Blick von Süden.

#### 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 zur Verfügung. In direkter Umgebung liegen Winddaten des Deutschen Wetterdienstes für die Station Erfurt-Weimar am Flughafen Bindersleben vor. Die Station ist ca. 6 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet in einer Höhenlage von ca. 311 m über NN gelegen, das hier zu betrachtende Untersuchungsgebiet liegt am Nordrand des Steiger nur in etwa 220 m bis 230 m über NN.

Die Windmessung an der Station am Flughafen erfolgt in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest (**Abb. 4.5**). Die mittlere Windgeschwindigkeit

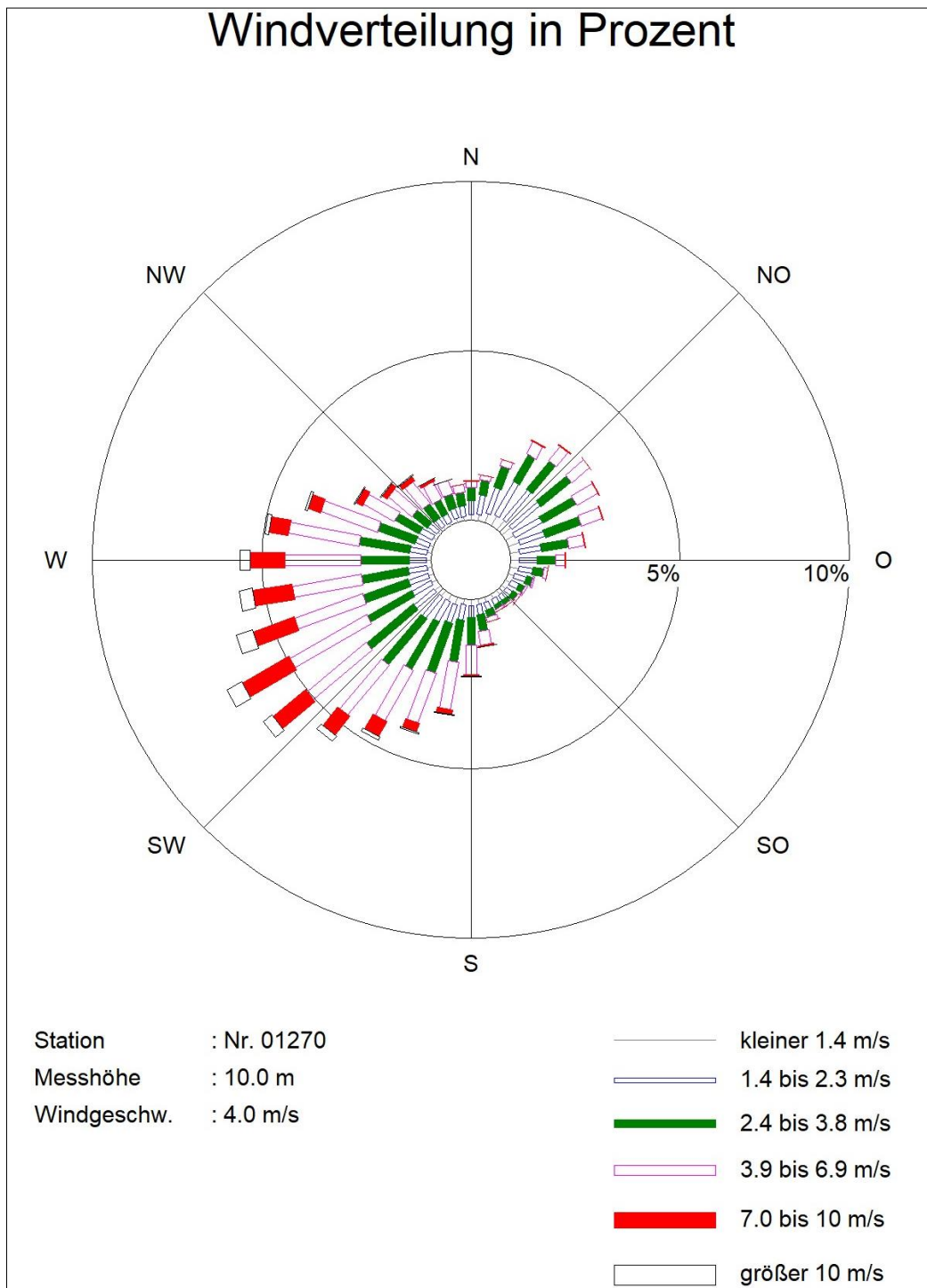


Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Erfurt-Weimar 2007-2016  
 Quelle: DWD, 2018, eigene Darstellung

beträgt 4.0 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland in Kuppelage westlich von Erfurt, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen.

Tatsächlich ist das hier betrachtete Untersuchungsgebiet fast 100 m Höhenmeter tiefer gelegen. Gleichzeitig liegt das Untersuchungsgebiet aber noch ca. 20 m bis 30 m höher als der Ortskern von Erfurt. Es ist also mit Windgeschwindigkeiten zu rechnen, die zwischen den Überdach-Windgeschwindigkeiten der Erfurter Innenstadt (ca. 2.7 m/s) und den Windverhältnissen an der Station Flughafen liegen. In Bezug auf die Windverteilung selbst wird nach Einschätzung der Situation angenommen, dass diese derjenigen der Messstation Erfurt-Flughafen sehr gut entspricht. Die Windgeschwindigkeiten wurden im Vergleich zum Flughafen um 20 % reduziert. Damit ergibt sich für das Untersuchungsgebiet unter Vernachlässigung des Einflusses von Gebäuden (nur reliefbedingter Einfluss) eine jahresmittlere Windgeschwindigkeit von ca. 3.2 m/s.

Die vorhandenen Windmessdaten wurden entsprechend modifiziert.

Die für die Ausbreitungsrechnungen verwendete angepasste Windstatistik ist in **Abb. 4.6** dargestellt.

Die für das Untersuchungsgebiet abgeleiteten Daten passen sowohl bezüglich Windverteilung als auch bezüglich mittlerer Windgeschwindigkeit zu den bei der Stadt Erfurt vorliegenden synthetischen Daten und erscheinen deshalb auch aus diesem Grund plausibel.

Zusätzlich zur vorliegenden Wind- und Ausbreitungsstatistik werden an der DWD-Station Erfurt-Weimar auch Temperaturen gemessen. Die Station liegt ca. 6 km nordwestlich vom Untersuchungsgebiet. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2008–2017) werden dort im Mittel 9.1 °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 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.



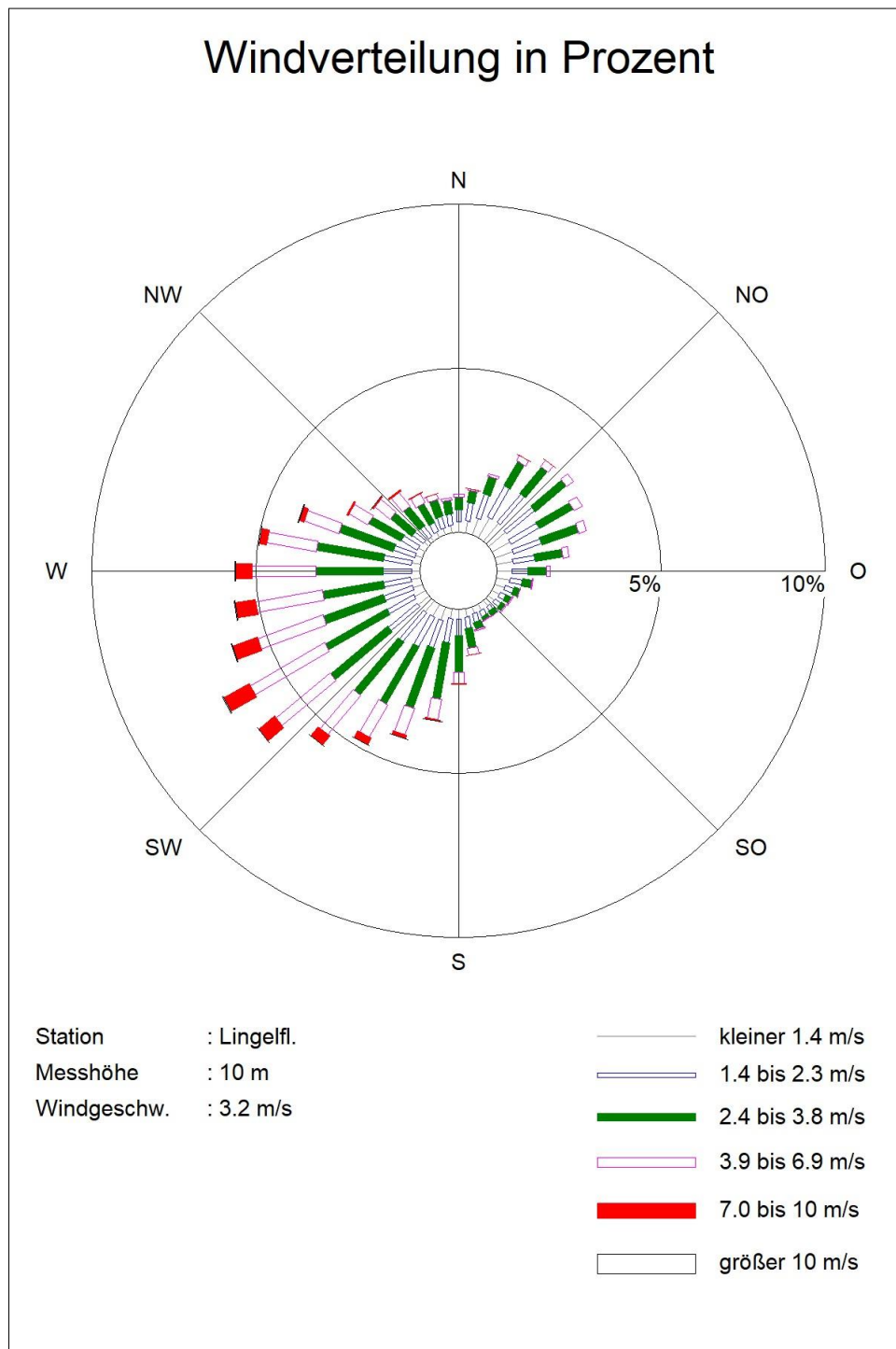


Abb. 4.6: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung repräsentativ für das Untersuchungsgebiet (Winddaten von Erfurt-Weimar mit angepassten Windgeschwindigkeiten)



Stickoxide unterliegen auf dem Ausbreitungspfad chemischen Umwandlungsprozessen. Die Berechnung der NO<sub>2</sub>-Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells (siehe im Vorgriff Abschnitt 3.3), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub> benötigt.

Im Untersuchungsgebiet sind aktuell keine Messstellen im Luftgüte-Messnetz von Thüringen vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Messdaten an der städtischen Hintergrundmessstation Erfurt-Krämpferstraße zur Verfügung.

Die vorliegenden Messdaten dieser Station sind für verschiedene Jahre in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

	2013	2014	2015	2016	2017
NO <sub>2</sub> -I1 [µg/m <sup>3</sup> ]	22	21	23	21	20
NO <sub>x</sub> -I1 [µg/m <sup>3</sup> ]	34	35	36	33	28
O <sub>3</sub> -I1 [µg/m <sup>3</sup> ]	47	41	45	41	44
PM10-I1 [µg/m <sup>3</sup> ]	19	18	17	16	15
PM2.5-I1 [µg/m <sup>3</sup> ]	15	15	11	11	10

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m<sup>3</sup> an der städtischen Hintergrundmessstation Erfurt-Krämpferstraße (TLUG, 2013-2017)

Aus den oben genannten Messwerten wird in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (TLUG, 2018) die in **Tab. 4.2** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2017 abgeleitet (= Mittelwert zwischen 2015 und 2017). Diese Werte werden unverändert auch für das Prognosejahr 2021 herangezogen.

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]
NO <sub>2</sub>	21
NO <sub>x</sub>	32
O <sub>3</sub>	43
PM10	16
PM2.5	11

Tab. 4.2: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2017 (unveränderte Übernahme für das Prognosejahr 2021)

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Des-

halb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Das Absinken der Hintergrundbelastung kann im Einzelfall aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen vom Mittel abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen verzichtet. Damit fallen bei einem möglichen Absinken der Hintergrundbelastung die Berechnungsergebnisse konservativ aus.

#### 4.6 Vegetation

Südlich an das Untersuchungsgebiet schließen sich die Waldflächen des Steiger an. Diese Waldbereiche führen zu einer Reduktion der Windgeschwindigkeit. Sie werden bei der Modellierung aus diesem Grund explizit berücksichtigt. Eine schematische Darstellung der bei der Modellierung berücksichtigten Waldbereiche ist in **Abb. 4.7** dargestellt.

Neben den ausgedehnten Waldflächen des Steiger im Süden des B-Plan-Gebietes wurden auch die vegetationsbestandenen Bereiche östlich des Steigerwaldstadions (Südpark) und östlich der Thüringenhalle (Neuer Jüdischer Friedhof) bei der Ausbreitungsmodellierung berücksichtigt (**Abb. 4.7**).

Weiterhin wurde entsprechend der Erkenntnisse vor Ort für die meisten Waldbereiche angesetzt, dass die Bäume dort eine Höhe von ca. 20 m aufweisen, in Teilbereichen (z. B. Schonungen) wurde mit 10 m oder 15 m Höhe gearbeitet. Für die Bäume wurde ein Blattflächenindex von  $3 \text{ m}^2/\text{m}^3$  angesetzt.



Abb. 4.7: Schematische Darstellung der bei der Strömungsmodellierung mit MISCAM berücksichtigten Waldbereiche (hellgrün gekennzeichnet).

## 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 (INfz) 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).

Aus fachlicher Sicht ist zu empfehlen, das Jahr der Umsetzung des B-Planes zu untersuchen, da für zukünftige Jahre aus der Emissionsdatenbasis aufgrund fortschreitender Entwicklung der Kfz-Flotte geringere Emissionen ausgelesen werden. Mit solch einer Vorgehensweise wird bewirkt, dass die berechneten Immissionen für die Jahre ab der Inbetriebnahme nicht unterschätzt werden und eine mögliche, planungsbedingte Überschreitung von Beurteilungswerten nicht versehentlich unerkannt bleibt.

Deshalb wird der Planfall im Jahr 2021 betrachtet.

### 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 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 mit Hilfe der langjährigen Jahresmitteltemperatur im Untersuchungsgebiet von 9.1°C. Die Ermittlung des Mittelwertes wird unter Berücksichtigung des Abschneidekriteriums der Temperaturkurve entsprechend HBEFA und gewichtet nach dem Verkehrstagesgang verwendet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, INfz, 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.

Für das Bezugsjahr 2021 wird eine angepasste Erfurter Flotte verwendet. Damit wird berücksichtigt, dass sich das Untersuchungsgebiet innerhalb der Umweltzone befindet.

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 Infz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-FernC50d	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-FernC50s	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
IOS-FernC60d	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50s	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
IOS-NS50d	Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-NS50s	Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
IOS-Sam50d	Städtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-Sam50s	Städtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau

### 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 PM<sub>2.5</sub> 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 PM<sub>2.5</sub>-Straßenabriebsemissionen 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 PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in der **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Entsprechend der Aufgabenstellung ist das Jahr der Umsetzung der Baumaßnahme betrachtet (2021). Dabei ist zu berücksichtigen, dass in davor liegenden Jahren höhere spezifische Emissionsfaktoren vorliegen, da die jeweiligen Kfz-Flotten mehr Anteile an Fahrzeugen mit ungünstigeren Minderungskonzepten beinhalten.

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.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [mg/km]									
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)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50d	±4 %	106	258	343	1 462	4.6	17.9	33	350	21	62
IOS-FernC50s	±4 %	150	776	484	4 174	8.0	39	45	1 200	22	62
IOS-FernC60d	±4 %	103	215	335	1 230	4.5	15.3	33	350	20	59
IOS-FernC60d	±6 %	129	218	414	1 309	4.9	17.1	33	350	20	59
IOS-HVS50d	±0 %	93	240	309	1 638	4.7	19.4	33	350	22	62
IOS-HVS50d	±6 %	126	276	415	1 574	5.4	21.7	33	350	22	62
IOS-HVS50d	+4 %	165	262	540	1 778	6.5	30.9	33	350	22	62
IOS-HVS50d	+6 %	213	322	692	2 168	7.8	35.9	33	350	22	62
IOS-HVS50d	-4 %	51	352	175	1 555	3.4	9.8	33	350	22	62
IOS-HVS50d	-6 %	40	229	138	981	3.0	7.5	33	350	22	62
IOS-HVS50s	±0 %	140	722	460	4 262	8.1	38.5	45	1 200	22	62
IOS-HVS50s	±6 %	162	716	527	3 854	8.6	40.1	45	1 200	22	62
IOS-HVS50s	+4 %	199	513	645	3 707	9.9	51.2	45	1 200	22	62
IOS-HVS50s	-4 %	102	1039	337	4 641	6.8	26.7	45	1 200	22	62
IOS-NS50d	±4 %	124	311	439	1 728	6.1	20.9	35	500	22	62
IOS-NS50d	-4 %	64	359	248	1 655	4.5	11.1	35	500	22	62
IOS-NS50s	±4 %	150	776	521	4 174	8.9	39.0	45	1 200	22	62
IOS-Sam50d	±0 %	96	245	328	1 669	5.2	19.6	33	350	22	62
IOS-Sam50d	±2 %	100	296	342	1 719	5.3	19.8	33	350	22	62
IOS-Sam50d	±4 %	112	312	379	1 696	5.5	20.5	33	350	22	62
IOS-Sam50d	+2 %	130	239	436	1 627	6.1	25.8	33	350	22	62
IOS-Sam50d	-2 %	71	354	248	1 812	4.5	13.8	33	350	22	62
IOS-Sam50s	±0 %	140	722	468	4 262	8.2	38.5	45	1 200	22	62
IOS-Sam50s	±2 %	143	775	478	4 338	8.3	38.4	45	1 200	22	62
IOS-Sam50s	±4 %	150	776	499	4 174	8.5	39	45	1 200	22	62
IOS-Sam50s	+2 %	169	563	560	3 869	9.1	44.6	45	1 200	22	62
IOS-Sam50s	-2 %	117	988	396	4 808	7.5	32.1	45	1 200	22	62

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2021



## 5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  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 Planfall 2021 in **Abb. 5.1** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzten sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

Demzufolge bedeutet eine fett gezeichnete, orangefarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.1**) eine Verkehrssituation IOS-HVS50 mit dichtem Verkehr und einer Längsneigung  $>0\%$ .

Zusätzlich werden Stauanteile dargestellt, welche im Nahbereich von Kreuzungen bzw. Lichtsignalanlagen den gestörten Verkehrsfluss gesondert berücksichtigen. Dort wird anteilig ein Stop&Go-Verkehr auf die tägliche Fahrleistung angesetzt. Dieser stellt den Anteil der jeweiligen Stau-Verkehrssituation, z. B. IOS-HVS50s zur verwendeten regulären Verkehrssituationen (IOS-HVS50d) **Tab. 5.1** dar.

Hinweis: Die im HBEFA aufgeführten Verkehrssituationen repräsentieren lange Straßenabschnitte, worin die Beschleunigungsvorgänge, z. B. beim Anfahren an Lichtsignalanlagen, nur einen geringen Anteil besitzen. Kreuzungsbereiche können innerhalb der Kategorie „Hauptverkehrsstraße“ durch das HBEFA nicht direkt abgebildet werden. Die dort ausgewiesenen Stauanteile stellen eine Rechengröße zur bestmöglichen Bestimmung der lokalen Emissionen dar. Sie müssen deshalb nicht zwangsläufig realen Stauhäufigkeiten entsprechen.

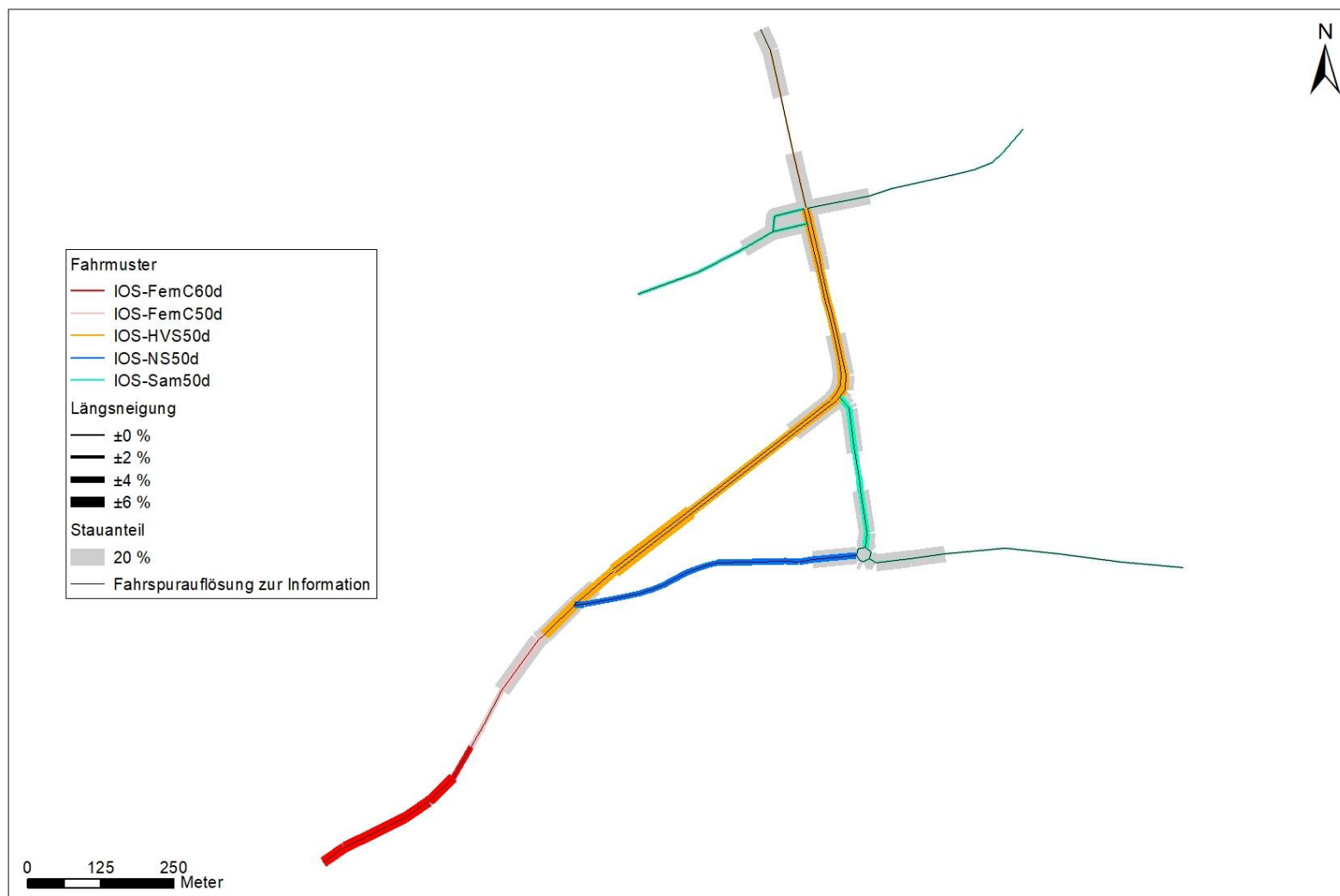


Abb. 5.1: Im Untersuchungsgebiet angesetzte Verkehrssituationen, Stauanteile und Längsneigungen im Planfall 2021

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt der Martin-Anderson-Nexö-Straße (Fahrtrichtung getrennt) die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für den Abschnitt vor dem Kreuzungsbereich mit der Arnstädter Straße. Des Weiteren sind die Emissionsdichten beispielhaft für NO<sub>x</sub> und PM10 für das Straßennetz im Planfall 2021, z. T. nach Fahrtrichtung getrennt, im Anhang A3 dargestellt.

DTV [Kfz/24 h]	SV-Anteil [%]	Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2, direkt</sub> [mg/(m s)]	NO <sub>x</sub> [mg/(m s)]	PM10 [mg/(m s)]	PM2.5 [mg/(m s)]
Fahrtrichtung aus Innenstadt raus							
7 325	6	IOS-HVS50d	+4 %	0.01446	0.05212	0.00509	0.00271
Fahrtrichtung in Innenstadt rein							
7 325	6	IOS-HVS50d	-4%	0.00585	0.02185	0.00473	0.00235

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der MAN-Straße (Fahrtrichtung getrennt) vor der Kreuzung mit der Arnstädter Straße

## 6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionsituation in Bodennähe (in ca. 1.5 m Höhe) durch eine Vielzahl an Untersuchungspunkten gegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) für das Jahr 2021 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. Die flächenhafte grafische Darstellung erfolgt in Form von farbigen Quadraten. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für Immissionen wird der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Sofern in diese Stufen besondere Kennwerte fallen, werden diese dargestellt (z. B. beim NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>).

Zusätzlich werden für ausgewählte, repräsentative Immissionsorte (IO) die berechneten Luftschadstoffbelastungen separat ausgewiesen (**Tab. 6.1**). Sie stellen sensible Nutzungen (Wohnbebauung, Kindergarten) im Untersuchungsgebiet dar.

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
1	Geplanter Kindergarten zur MAN-Straße	24	17	12	8
2	Wohnhaus zur MAN-Straße, Gewerbe Winsbergring	25	17	12	8
3	Bürogebäude Ecke MAN- Straße/Werner-Seelenbinder- Straße	24	17	11	8
4	Wohnhaus Werner-Seelenbinder-Straße	23	17	11	8
5	Bestehendes Wohnhaus nördl. MAN-Straße	26	17	12	8
6	Bestehendes Wohnhaus Arn- städter Straße	27	18	12	9
<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  
Lage der IO siehe **Abb. 5.1**

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

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 21 µg/m<sup>3</sup> treten keine Überschreitungen des geltenden Grenzwertes für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> auf.

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 Planfall 2021 im Betrachtungsgebiet an der nächstgelegenen Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. Die höchsten NO<sub>2</sub>-Immissionen werden entlang der Martin-Andersen-Nexö-Straße und Arnstädter Straße ermittelt, die aber auch hier unterhalb des Grenzwertes bei maximal 27 µg/m<sup>3</sup> liegen. An der geplanten Wohnbebauung (B-Plan-Gebiet) werden NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von maximal 25 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> prognostiziert (IO 2). Innerhalb des B-Plangebietes (im straßenabgewandten



**Abb. 6.1:** NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet im Planfall 2021, I1=Jahresmittelwert

Bereich) werden NO<sub>2</sub>-Immissionen im Bereich zwischen 21 und 23 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert, die damit maximal 2 µg/m<sup>3</sup> über der Hintergrundbelastung liegen.

Die NO<sub>2</sub>-Immissionen sind in Bezug auf den Grenzwert gemäß **Tab. 3.2** an der Bebauung als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

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)

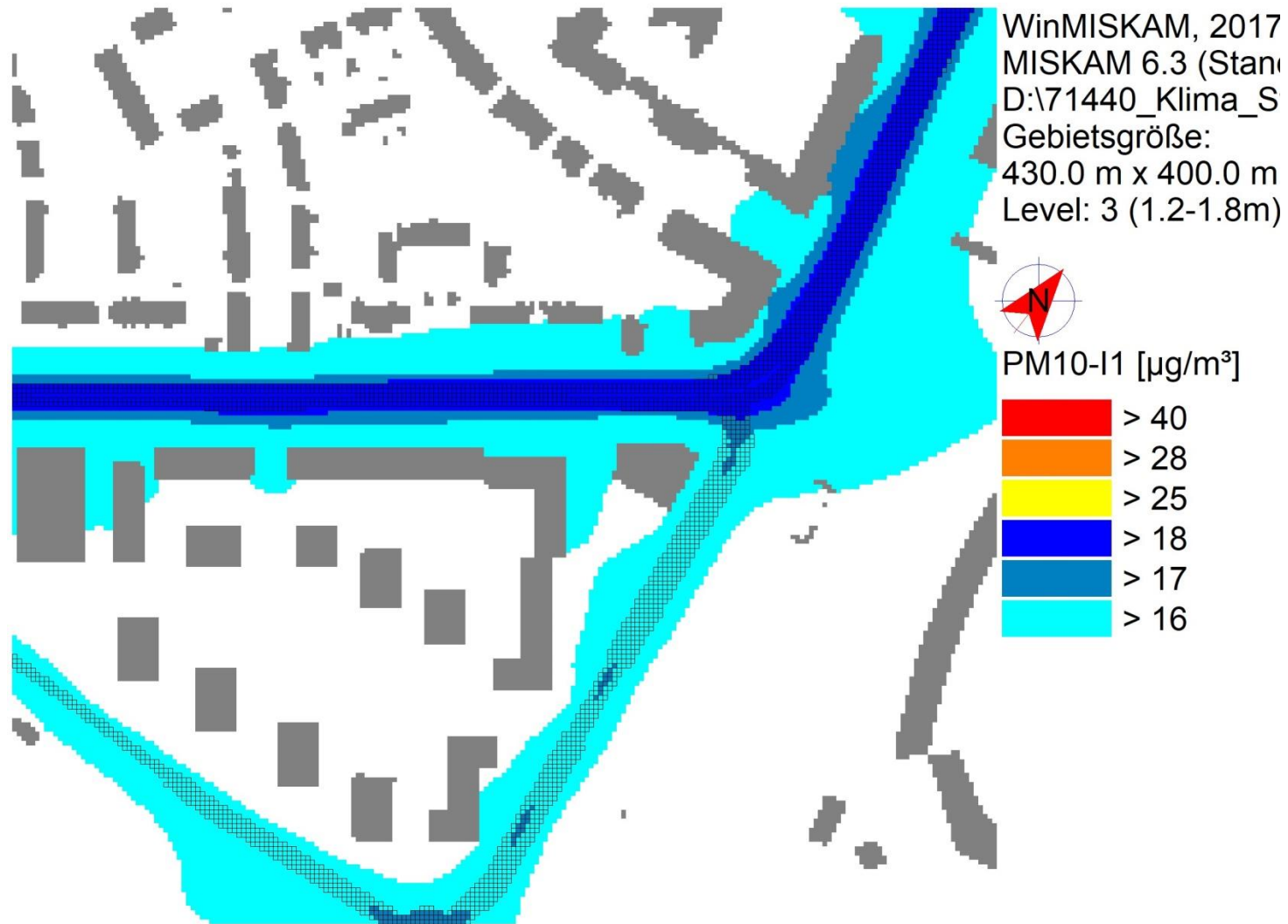
Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM10-Jahresmittelwerte ist der **Abb. 6.2** zu entnehmen.

Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 16 µg/m<sup>3</sup> treten die höchsten PM10-Belastungen in der Martin-Andersen-Nexö-Straße und Arnstädter Straße auf, die direkt auf der Straße maximal 21 µgPM10/m<sup>3</sup> betragen und damit deutlich unter dem geltenden Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> liegen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen. Die Gesamtbelastungen der PM10-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV wird im Planfall 2021 an der der geplanten Bebauung und der bestehenden Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. An der Wohnbebauung im B-Plangebiet werden PM10-Jahresmittelwerte von maximal 17 µg/m<sup>3</sup> zur Straßenseite zur Martin-Anderson-Nexö-Straße hin berechnet. An den ausgewählten Immissionsorten werden maximal 18 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert (Wohnbebauung an der Arnstädter Straße). Hinter der Bebauung bzw. an der zur Werner-Seelenbinder Straße zugewandten Seite werden Konzentrationen im Bereich der angesetzten Hintergrundbelastung von 16 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte an den sensitiven Punkten sind entsprechend der Einteilung aus **Tab. 3.2** als mittlere Konzentrationen zu bezeichnen.



**Abb. 6.2:** PM10-Gesamtbelastung im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet im Planfall 2021, I1=Jahresmittelwert



Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein 24-Stundengrenzwert für Partikel (PM10) von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (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, da im gesamtem Untersuchungsgebiet PM10-Konzentrationen von maximal  $21 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$  berechnet werden. An den sensitiven Punkten ist mit maximal 9 Überschreitungstagen im Jahr zu rechnen (Wohnbebauung Arnstädter Straße).

### 6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Planfall 2021 in **Abb. 6.3** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird der geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwert deutlich unterschritten. Auch hier werden entlang der Martin-Andersen-Nexö-Straße und Arnstädter Straße direkt auf der Straße die höchsten PM2.5-Immissionen mit  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet.

Die Gesamtbelastungen der PM2.5-Jahresmittelwerte sind für die sensiblen Immissionsorte in **Tab. 6.1** dargestellt. An den ausgewählten Immissionsorten werden 11 bis  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Damit liegen die Werte an den sensitiven Punkten nur leicht oberhalb der Hintergrundbelastung.

Der ab 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 Planfall 2021 im Untersuchungsgebiet an der geplanten Bebauung 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.

### 6.4 Fazit

Die im Planfall 2021 berechneten jahresmittleren Immissionswerte liegen für alle betrachteten Schadstoffkomponenten deutlich unterhalb der Grenzwerte der 39. BImSchV.



**Abb. 6.3:** PM2.5-Gesamtbelastung im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet im Planfall 2021, I1=Jahresmittelwert

Auch der PM10-Tagesmittelgrenzwert wird an der Straßenrandbebauung deutlich unterschritten.

Aus lufthygienischer Sicht gibt es keine Bedenken gegen die Umsetzung des Vorhabens.

## 7 LITERATUR

- ArcGIS online (2018): [http://services1.arcgis.com/a43C977ZhXxskZqN/arcgis/rest/services/Stadt\\_Erfurt/FeatureServer](http://services1.arcgis.com/a43C977ZhXxskZqN/arcgis/rest/services/Stadt_Erfurt/FeatureServer), Abruf mit ArcGIS-online am 02.05.2018. Feature-Service von JoergGrohmann, 24.06.2015.
- 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 Emissionshöchstmengen – 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.

- 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.
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- EPC Engineering & Technologies GmbH (2018a): Übergabe der Unterlagen zur Straßenplanung von Frau Todt. E-Mail vom 10.04.2018.
- EPC Engineering & Technologies GmbH (2018b): Übergabe der Unterlagen zur Bebauungsplanung der Lingel-Fläche von Frau Todt. E-Mail vom 09.04.2018.
- 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).
- HSP architekten ingenieure (2018): E-Mail bezüglich Abstimmung der Gebäudehöhen für den B-Plan Erfurt-Lingel von Herrn Haase vom 01.03.2018 und 02.03.2018 an Frau Geisler, vom 18.04.2018 und 19.04.2018 an Frau Nitzsche, Telefonische Abstimmung am 31.05.2018 zwischen Herrn Haase und Frau Moldenhauer.
- 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.
- 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.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- 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.
- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO<sub>2</sub>-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.

- Lohmeyer (2017): Handbuch WinMiskam ab Version 2017.5.4. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Stand: 01.08.2017.
- 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., Ketzel, 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).
- 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).
- Stadtverwaltung Erfurt, Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Abt. Verkehrsplanung (2018a): Mitteilung der Verkehrsdaten für die Lingelfläche, E-Mail vom 20.04.2018 von Herrn Kintzel an Frau Moldenhauer.
- Stadtverwaltung Erfurt Amt für Geoinformation und Bodenordnung (2018b): Digitale Gebäudedaten in der Umgebung der Lingelfläche. E-Mail vom 21.09.2017 von Herrn Schubert an Frau Moldenhauer.
- Steger & Partner GmbH (2016): Lingelgelände in Erfurt, Untersuchung zum Schallschutz. Auftraggeber: Entwicklungsgesellschaft Erfurt-Süd Am Steiger mbH, Meuselbach-Schwarzühle. Bericht Nr. 4966/B1/stg vom 01.07.2016.
- TLUG (2013-2017): Jahrestabellen der Immissionskennwerte; [http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/ls\\_jahrdaten.php?size=-4&delta\\_id=10&datum=2017](http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/ls_jahrdaten.php?size=-4&delta_id=10&datum=2017)
- TLUG (2018): Abstimmung zur anzusetzenden Vorbelastung im Untersuchungsgebiet, email von Herrn Börner vom 19.04.2018
- 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.
- VDI (2005): Umweltmeteorologie. Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2005.
- VDI (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

**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  $\text{PM}_{10}$ -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 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 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.

### **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 IMMISSIONS-**  
**ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

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

### **A2.1 MISKAM**

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI 3783/9, 2005) beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 350 m berücksichtigt.

### **A2.2 Fehlerdiskussion**

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

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.

**A N H A N G A3:  
EMISSIONSABBILDUNGEN**





Abb. A3.1: Planfall 2021, NO<sub>x</sub>-Emissionen, Mittlere Emissionsdichte



Abb. A3.2: Planfall 2021, PM10-Emissionen, Mittlere Emissionsdichte