



Lohmeyer

Lohmeyer GmbH, Wasserstraße 223, 44799 Bochum

Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung
Landeshauptstadt Erfurt
Abteilung Stadtplanung
Warsbergstraße 3
99092 Erfurt

Wasserstraße 223, 44799 Bochum
Telefon: +49 (0) 234 / 516685 - 0
Telefax: +49 (0) 234 / 516685 - 29
E-Mail: info.bo@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Leitung: Dr. rer. nat. Rowell Hagemann

Zertifiziert nach ISO9001:2015

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom
07.02.2022

Unser Zeichen
30025-20-02-GL

Bochum, den
10.02.2022

ALT683/KRV706 „ICE-City Ost“ in Erfurt

Kurzstellungnahme zum Klima- und Luftschadstoffgutachten (Stand: Oktober 2020)

Sehr geehrte Frau Kurth,

das Umwelt- und Naturschutzamt hat in seiner Stellungnahme vom 02.12.2021 angemerkt, dass im Klima- und Luftschadstoffgutachten nicht auf den Tower West eingegangen wird.

In unserem Klima- und Luftschadstoffgutachten (Stand: Oktober 2020; Projekt 30025-20-02) wurde der Tower West mit dem damaligen Planungsstand im Rahmenplan ICE-City Ost berücksichtigt. Der in den Gutachten beschriebene Planfall enthält diesen Rahmenplan.

Da sich aus klimatischer und lufthygienischer Sicht an dem Tower West keine signifikanten Veränderungen ergeben, wurde dieser nicht explizit gutachterlich erwähnt.

Im Folgenden werden die verschiedenen Themenbereiche um den Tower West ergänzt.

Luftaustausch:

Der Luftaustausch wird durch den Tower West in den Straßenzügen der Trommsdorffstraße, Schmidtstedter Straße und Teilen der Kurt-Schumacher-Straße gemindert. Aufgrund der Verengung der Leitbahn zwischen dem Tower West und der nördlich angrenzenden Bebauung kommt es entlang der Kurt-Schumacher-Straße zu Kanalisierungseffekten, sodass sich dort die Windgeschwindigkeiten erhöhen.

Lohmeyer GmbH, Karlsruhe,
Amtsger. Mannheim,
HRB 107455
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Helmut Lorentz

Niederlassung Karlsruhe:
An der Rossweid 3, D-76229 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 721 / 625 10 - 0
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Leitung: Dr.-Ing. Thomas Flassak

Niederlassung Dresden:
Friedrichstraße 24, D-01067 Dresden
Tel.: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0
E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Leitung: Dr.rer.nat. Ingo Düring

Sparkasse Karlsruhe
IBAN: DE76 6605 0101 0022 6880 71
BIC (SWIFT): KARSDE66
UST-IdNr.: DE179524784

Kaltluft und Bioklima:

Die nächtlichen Kaltluftströme entlang des Gera-Flutgrabens und der Bahngleise werden durch den Tower West nicht gestört.

Die gefühlte Temperatur (GT) nachts und tagsüber wird im Bereich zwischen dem Tower West und dem Hotel erhöht. Das liegt daran, dass dieser Bereich unter der untersuchten Wetterlage mit Anströmrichtung aus Nordost im Windschatten des Tower West liegt. Die Luftmassen, die sich dort tagsüber bei fehlender Verschattung aufheizen, können dadurch schlechter abtransportiert werden.

Lufthygiene:

Aufgrund der erhöhten Lage des Towers West im Vergleich zur Stauffenbergallee werden die Luftschadstoffe NO₂, PM 10 und PM2.5 im Umfeld des Towers West auch im Planfall deutlich unterschreiten. Im Vergleich zum Istzustand erhöhen sich die Luftschadstoffe im nördlichen Umfeld des Towers West um maximal 1 µg. Im südlichen Bereich verringert sich die Luftschadstoffkonzentration geringfügig.

Mit freundlichen Grüßen

i.V.



M.Sc. Geoinfo. S.Deimel



Lohmeyer

**BEBAUUNGSPLAN KRV706
„ICE-CITY OST, TEIL A“ IN ERFURT
- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber:

Deutsche Bahn AG
Kundenteam Vertrieb Region Südost (CS.R 01-SO)
Brandenburger Straße 3
04103 Leipzig

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dorsten

M.Sc. Geoinformatik S. Deimel

Dipl.-Met. G. Ludes

Oktober 2020
Projekt 30025-20-01
Berichtsumfang 50 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	AUFGABENSTELLUNG	5
3	VORGEHENSWEISE	7
	3.1 Betrachtete Schadstoffe	7
	3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe	7
	3.3 Berechnungsverfahren MISKAM / LATRANS	9
	3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	10
4	EINGANGSDATEN	12
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	13
	4.2 Verkehrszahlen.....	15
	4.3 Meteorologische Daten	16
	4.4 Hintergrundbelastung der Luft	18
5	EMISSIONEN	19
	5.1 Straßenverkehr	19
	5.1.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren	19
	5.1.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	21
	5.2 Bahnverkehr	24
6	IMMISSIONEN.....	26
	6.1 Stickstoffdioxid (NO ₂).....	27
	6.2 Feinstaub (PM ₁₀)	30
	6.3 Feinstaub (PM _{2.5})	33
	6.4 Fazit 36	
7	LITERATUR	37

Hinweise:

Der vorliegende Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und die Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch den Namen und die 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 μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/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 der Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/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_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als an 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2.5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2.5}$ -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

Für den Bereich Krämpfervorstadt, Zum Güterbahnhof/ östlich der Raiffeisenstraße/ südlich der Rathenaustraße soll der Bebauungsplan KRV706 "ICE-City Ost, Teil A" aufgestellt werden. In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Bebauungsplanes die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich. Innerhalb des Gutachtens sind unter Berücksichtigung der geltenden Rechtslage die Auswirkungen der geplanten Bauvorhaben auf die Immissionssituation des Untersuchungsgebietes zu untersuchen und zu bewerten.

Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Analysefall 2018 mit gegenwärtiger Bebauungssituation und derzeitiger Verkehrsbelastung, Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2018
- Planfall 2020 mit Berücksichtigung der baulichen Umsetzung des Bebauungsplans und unter Berücksichtigung der hierdurch zunehmenden zukünftigen Verkehrsbelastung; Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020
- Planfall-Rahmenplan 2020; entspricht dem Prognose-Planfall mit zusätzlicher Annahme einer weiteren baulichen und verkehrlichen Entwicklung gemäß Rahmenplan, Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit. Die Beurteilung der errechneten Schadstoffkonzentrationen erfolgte im Vergleich mit den bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Auf der Grundlage der Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 4.1 (UBA, 2019) wurden die verkehrsbedingten Emissionen in Abstimmung mit dem Umwelt- und Naturschutzamt der Stadt Erfurt für die Bezugsjahre 2018 und 2020 ermittelt. Diese Festlegung dient der Gesundheitsvorsorge, weil hierdurch die Emissionsraten für den Zeitpunkt der deutlich späteren vollständigen Planungsumsetzungen tendenziell überschätzt werden.

Zusätzlich wurden die Emissionen berücksichtigt, die durch den Schienenverkehr verursacht werden.

Die Immissionsberechnung erfolgte durch eine Kombination einer Strömungsmodellierung mit MISKAM und Ausbreitungsrechnung mit dem Lagrange-Partikelmodell LATRANS (Beschreibung siehe Anhang A2). Die Schadstoffausbreitung wurde dabei flächenhaft für die Kombinationen aus Emissionssituationen, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und atmosphärischen Stabilitätsbedingungen unter Berücksichtigung der Topographie simuliert.

Die berechnete Zusatzbelastung, verursacht vom Kfz-Verkehr und Schienenverkehr, wurde mit der großräumig vorhandenen städtischen Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wurde auf Grundlage von Messdaten und in Abstimmung mit dem Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) angesetzt.

Die NO/NO₂-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

Ergebnisse

Die für den Analysefall 2018, den Planfall 2020 und den Prognose-Planfall 2020 berechneten jahresmittleren Immissionswerte liegen für Feinstäube (PM₁₀ und PM_{2.5}) deutlich unterhalb der Grenzwerte der 39. BImSchV. Auch der PM₁₀-Tagesmittelgrenzwert wird für die untersuchten Szenarien im gesamten Untersuchungsgebiet an der Bestandsbebauung deutlich unterschritten.

Beim Analysefall wird in einem räumlich engbegrenzten Bereich am Juri-Gagarin-Ring der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel überschritten. Die Ergebnisse der Planfälle belegen, dass gegenüber dem Analysefall zusätzlich zur Grenzwertüberschreitung am Juri-Gagarin-Ring eine Grenzwertüberschreitung an der südseitigen Bestandsbebauung der Trommsdorffstraße prognostiziert wird. Eine weitere lokal begrenzte NO₂-Grenzwertüberschreitung wird an der westlichen und südlichen Fassade des geplanten Hochhauses östlich der Stauffenbergallee ausgewiesen. Ansonsten herrschen an der geplanten Bebauung im Geltungsbereich des Bebauungsplans und des Rahmenplans unter Beachtung der innerstädtischen Lage günstige lufthygienische Verhältnisse.

Bei der Interpretation der zuvor beschriebenen Ergebnisse der Immissionsprognosen ist grundsätzlich zu beachten, dass bei der Bestimmung der Emissionen und der Immissionen konservative Randannahmen getroffen wurden. Dies betrifft insbesondere die Annahme einer zukünftig gleichbleibenden Hintergrundbelastung und die Wahl des Bezugjahres 2020 für die Planfälle.

Es ist daher davon auszugehen, dass insbesondere für die Schadstoffkomponente NO₂ die prognostizierten Immissionswerte die tatsächliche lufthygienische Belastungssituation nach vollständiger baulicher Realisierung der Planfälle signifikant überschätzen.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Bereich Krämpfervorstadt, Zum Güterbahnhof, östlich der Raiffeisenstraße, südlich der Rathenaustraße soll gemäß § 2 Abs. 1 Satz 1 BauGB der Bebauungsplan KRV706 "ICE-City Ost, Teil A" aufgestellt werden.

Das zu begutachtende Plangebiet liegt in einem stadtrelevanten, hauptwindorientierten Durchlüftungsraum (Gleisanlagen sowie alte Gütergleisanlagen; siehe **Abb. 2.1**). Im Wirkungsbereich des Plangebietes liegen die größten Verkehrssysteme von Erfurt: zum einen mit dem Juri-Gagarin-Ring und der Stauffenbergallee zwei innerstädtische Hauptverkehrsstraßen und zum anderen die nördlich und südlich des Plangebietes verlaufenden Straßenknoten der Stauffenbergallee zur Schillerstraße (Schmidtstedter Knoten) sowie zur Thälmannstraße bzw. Trommsdorfstraße, in denen die höchsten Verkehrsaufkommen der Stadt Erfurt zu messen sind. Zusätzliche Emittenten stellen die mit Diesel betriebenen Züge dar.

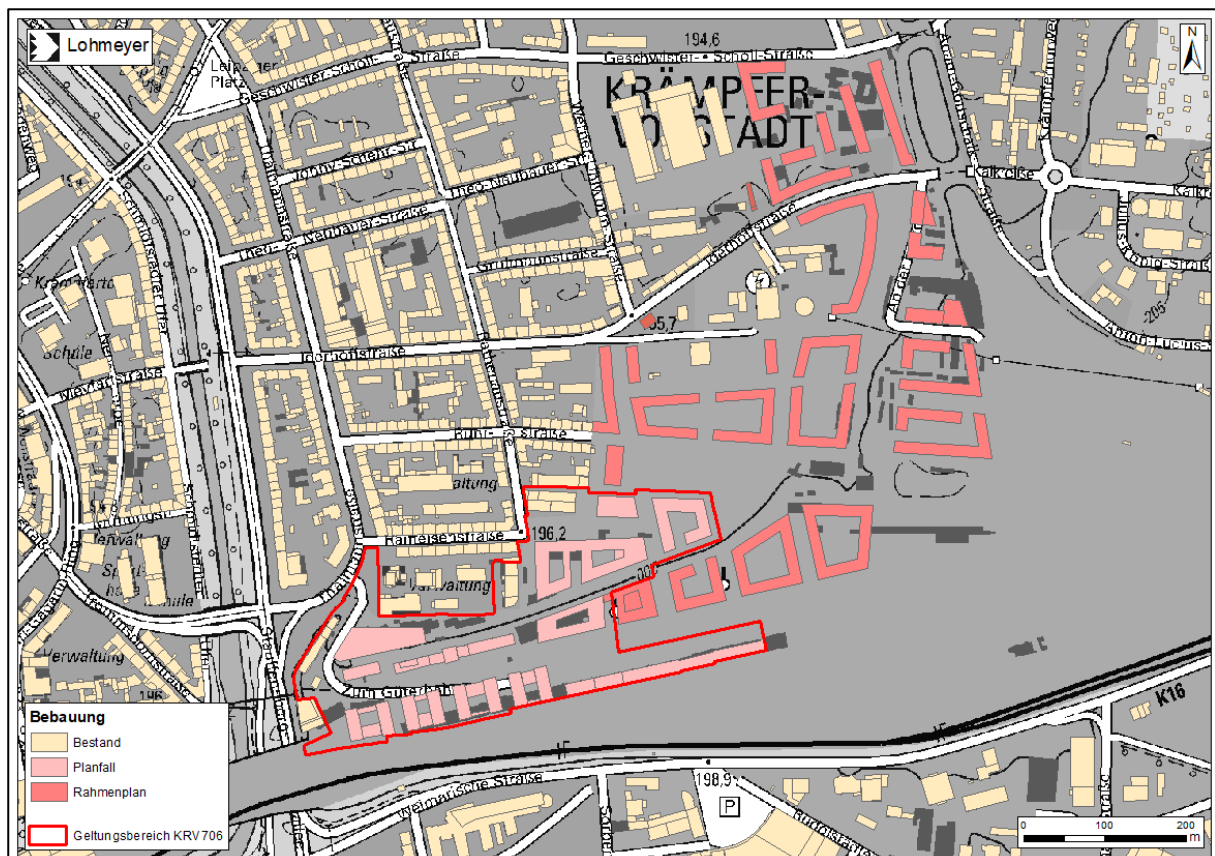


Abb. 2.1: Übersichtsplan für den Planfall und den Planfall-Rahmenplan

Im Rahmen eines Luftschadstoffgutachtens sind folgende Fragestellungen zu beantworten:

- 1) Welche Auswirkungen hat die Bebauung auf die Windverhältnisse und somit auf die Ausbreitung/Anreicherung der Luftschadstoffe?
- 2) Mit welchen Änderungen der Luftschadstoffimmissionen ist im Plangebiet und in umliegenden Wohn-, Arbeits- und Aufenthaltsbereichen zurechnen? Werden die zulässigen Grenzwerte der 39. BImSchV für Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) an festzulegenden Immissionsorten eingehalten?
- 3) Welche städtebaulichen/sonstigen Maßnahmen werden empfohlen, um die ggf. ermittelten Grenzwertüberschreitungen bei erneuter Begutachtung auszuschließen?

Zu betrachten sind folgende Fälle:

- Analysefall 2018 mit gegenwärtiger Bebauungssituation und derzeitiger Verkehrsbelastung, Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2018
- Planfall 2020 mit Berücksichtigung der baulichen Umsetzung des Bebauungsplans und unter Berücksichtigung der hierdurch zunehmenden zukünftigen Verkehrsbelastung; Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020
- Planfall-Rahmenplan 2020; entspricht dem Prognose-Planfall mit zusätzlicher Annahme einer weiteren baulichen und verkehrlichen Entwicklung gemäß Rahmenplan, Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020

Die Beurteilung der Maßnahmen soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstäube (PM₁₀, PM_{2.5}) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV 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 luft-hygienischen 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 schadstoff-spezifischen 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 NO₂ und PM₁₀ erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO₂) 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 (NO₂), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM₁₀, PM_{2.5}) 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 Abgaskomponenten 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 ₂	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 NO₂-Kurzzeitgrenzwert als Stundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden darf, wird verzichtet, da der NO₂-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 / LATRANS

Die Bestimmung der Luftschadstoffimmissionen erfolgt zweistufig. Im ersten Schritt werden mit MISKAM Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfigurationen modellieren. Hierbei wird die Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017; Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle) berücksichtigt. Im zweiten Schritt schließen sich Ausbreitungsrechnungen mit dem Lagrange-Partikelmodell LATRANS an. Eine genauere Beschreibung der Berechnungsmethodik ist im Anhang A2 dokumentiert.

Auf der Grundlage der vom Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Erfurt zur Verfügung gestellten Verkehrsdaten werden für die Bezugsjahre 2018 (Analysefall) und 2020 (Planfall und Planfall-Rahmenplan) 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 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

Das Rechengebiet wird mit einem äquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung 1.5 m beträgt. 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 zeigte sich, dass die mit der Koppelung MISKAM / LATRANS 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 Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

Für die Berechnung der NO-NO₂-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_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden (siehe **Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM_{10} -Überschreitungshäufigkeit vom PM_{10} -Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM_{10} -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 PM_{10} -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).

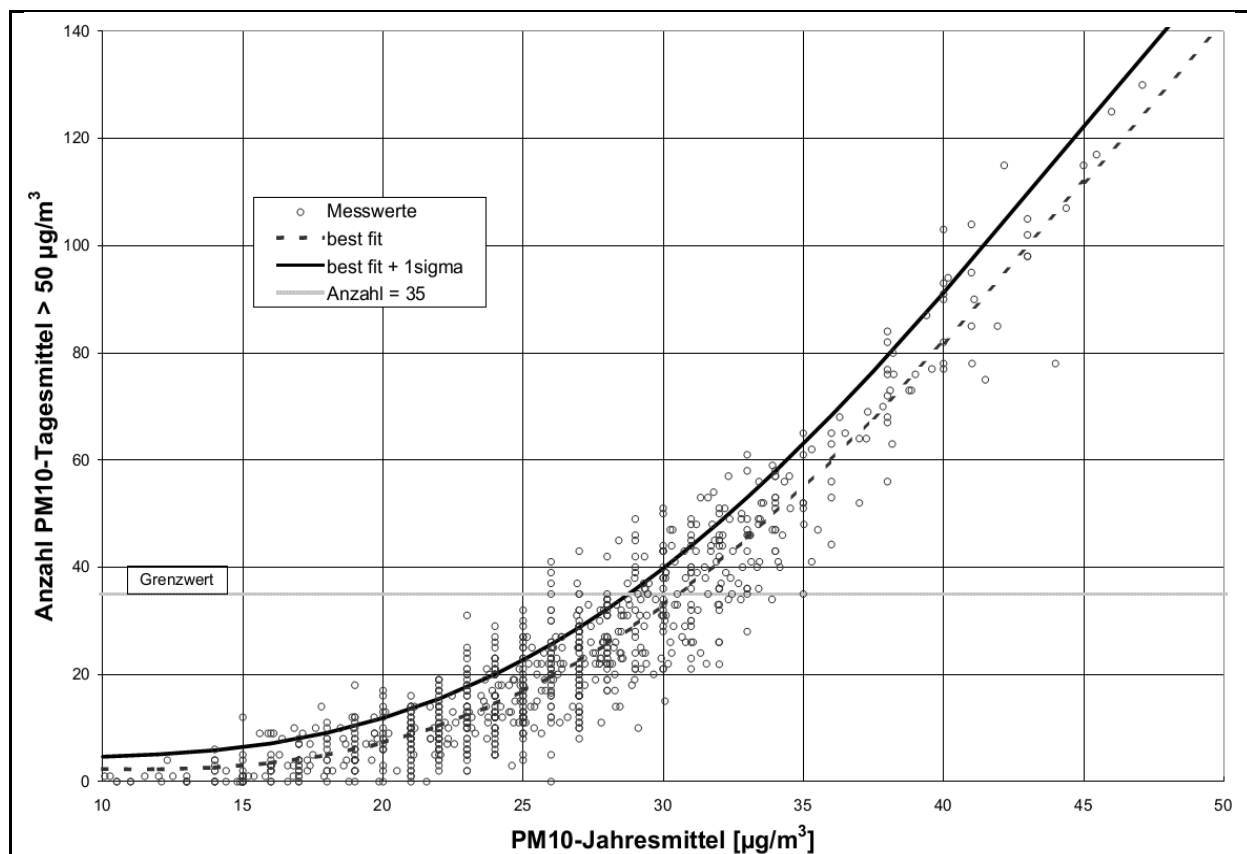


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit PM10-Konzentrationen von mehr als 50 µg/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit des PM10-rTagesmittelwerts für Messtationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen

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

PM10-Jahresmittel	Überschreitung PM10-Tagesmittel
<29 µg/m³	keine Überschreitung
29 - 30 µg/m³	selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)
31 - 33 µg/m³	öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)
34 - 35 µg/m³	wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)
≥36 µg/m³	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 zugrundeliegenden Daten 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 von Lage- und Höhenplänen (Stand 28.02.2020)
- Luftbilder und digitale Karten (Geoportal Thüringen)
- Verkehrsdaten (Quelle: Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Erfurt)
- Lage und Höhen von Gebäuden (Geoportal Thüringen)
- Digitales Geländemodell des Untersuchungsgebietes (Geoportal Thüringen)

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet liegt in einem stadtklimatisch relevanten, hauptwindorientierten Durchlüftungsraum (Gleisanlagen, sowie alte Gütergleisanlagen). Im Wirkungsbereich des Plangebietes liegen mit dem Juri-Gagarin-Ring, der Stauffenbergallee und der südlich an das Plangebiet angrenzenden Schillerstraße sehr stark frequentierte Straßen von Erfurt. Dies gilt insbesondere für die Knoten der Stauffenbergallee zur Schillerstraße (Schmidstedter Knoten) sowie zur Thälmannstraße bzw. Trommsdorfstraße, an denen die höchsten Verkehrsaufkommen der Stadt Erfurt auftreten.

Zusätzliche Emissionen werden durch den Schienenverkehr auf den unmittelbar südlich an das Plangebiet angrenzenden Gleisanlagen verursacht.

Nordöstlich des Plangebietes besteht ein **Rahmenplan** zur Entwicklung des Stadtteils der Erfurter Oststadt, der als „Integriertes städtebauliches Rahmenkonzept Äußere Oststadt“ vom Stadtrat 2016 beschlossen wurde.

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei der Ausbreitungsrechnung berücksichtigte Straßennetz.

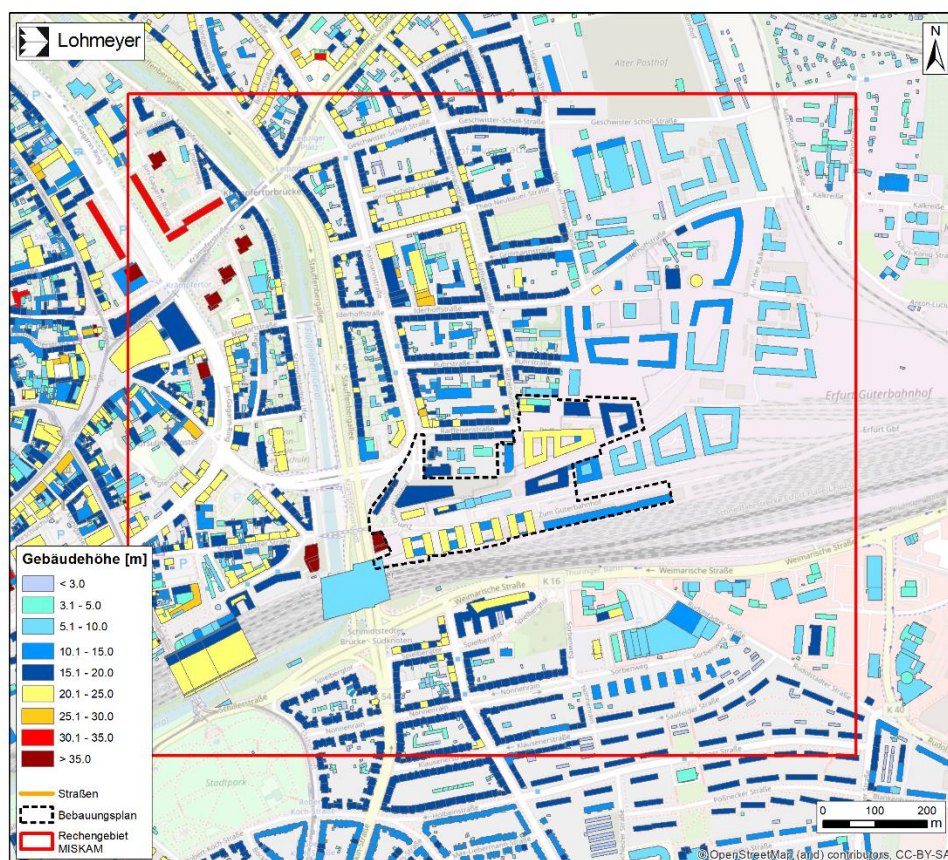


Abb. 4.1: Abgrenzung des MISKAM-Rechengebietes mit Abgrenzung des Bebauungsplan-gebiets und Lage der explizit berücksichtigten Straßenabschnitte

Die **Abb. 4.2** bis **Abb. 4.4** veranschaulichen die topografische Situation im Untersuchungsgebiet und stellen die Bebauungssituationen für die drei untersuchten Szenarien gegenüber.

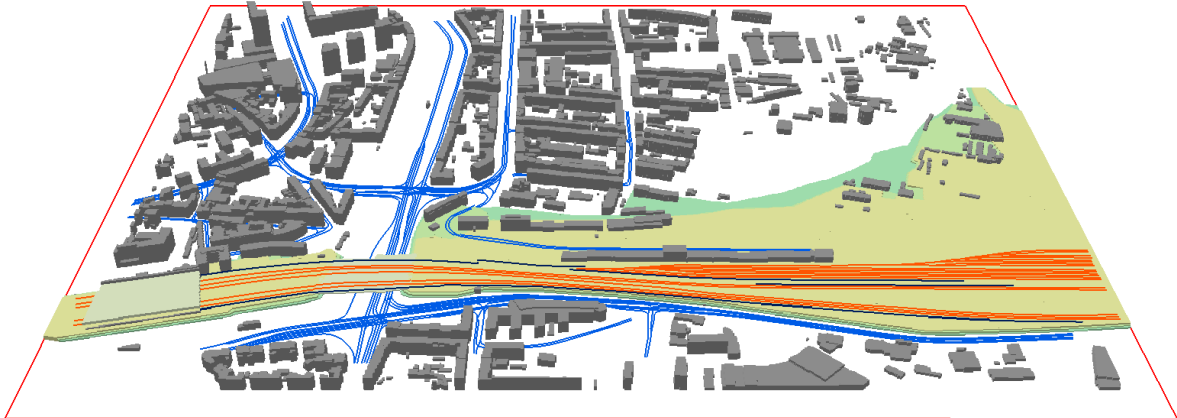


Abb. 4.2: Bebauungssituation für den Analysefall

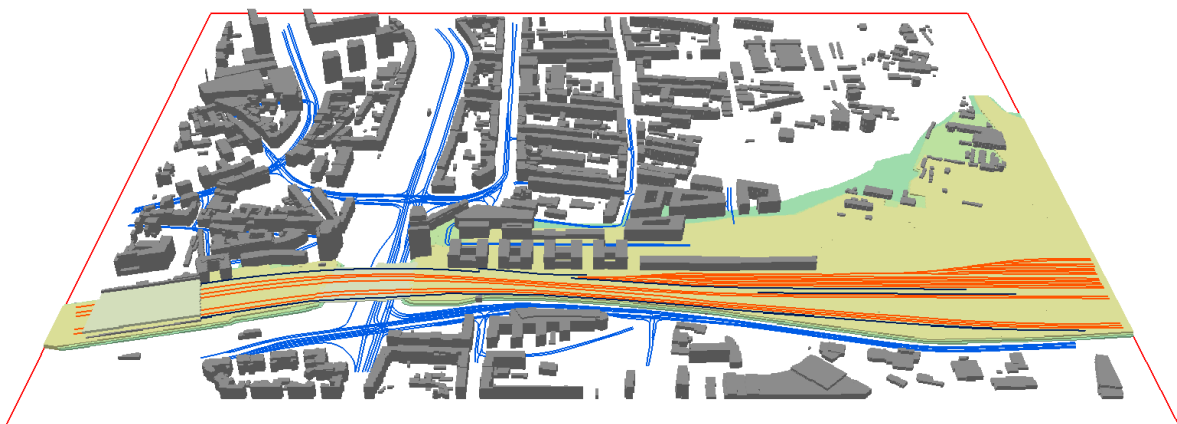


Abb. 4.3: Bebauungssituation für den Planfall

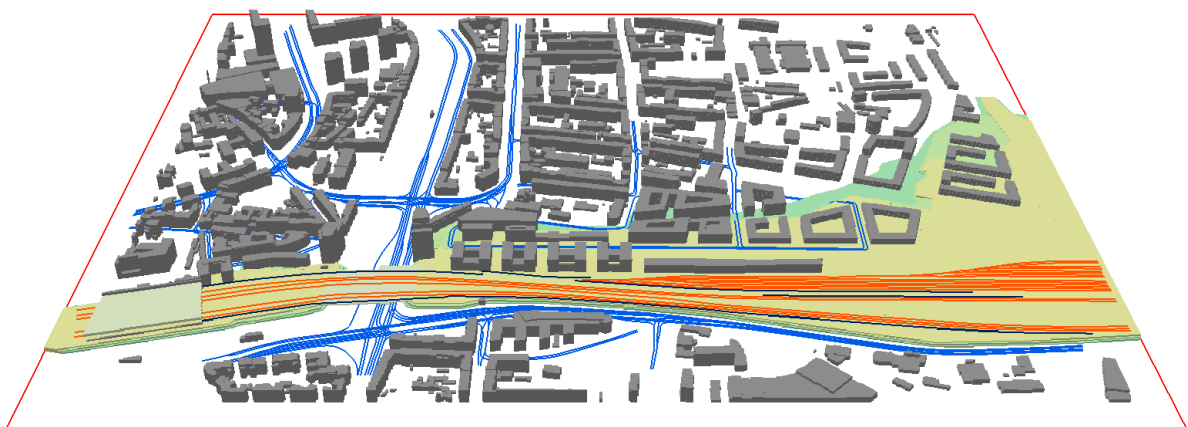


Abb. 4.4: Bebauungssituation für den Planfall-Rahmenplan

4.2 Verkehrszahlen

Für die Ermittlung der Schadstoffemissionen werden für die Straßen im Untersuchungsraum Verkehrszahlen in Form von DTV-Werten (mittlere tägliche Verkehrsbelastung) und Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5 t (SV) benötigt. Entsprechende Angaben wurden uns vom Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Erfurt für den Analysefall 2018, den Prognose-Planfall 2020 und den Rahmenplanfall 2020 zur Verfügung gestellt (vgl. **Abb. 4.5** bis **4.7**).

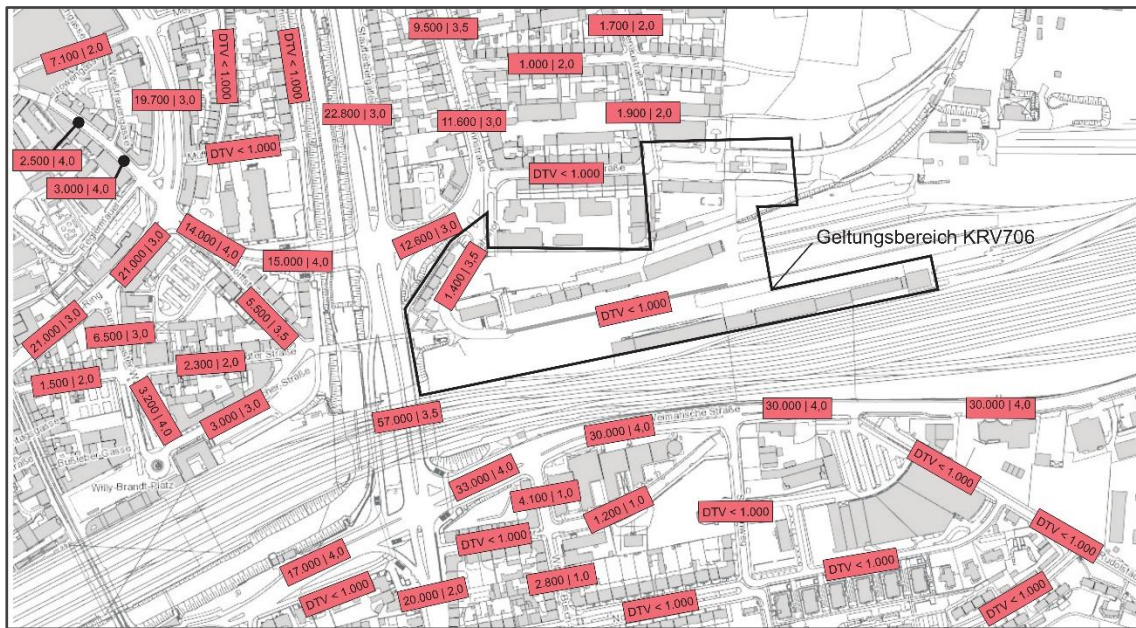


Abb. 4.5: Verkehrsmengen Analysefall

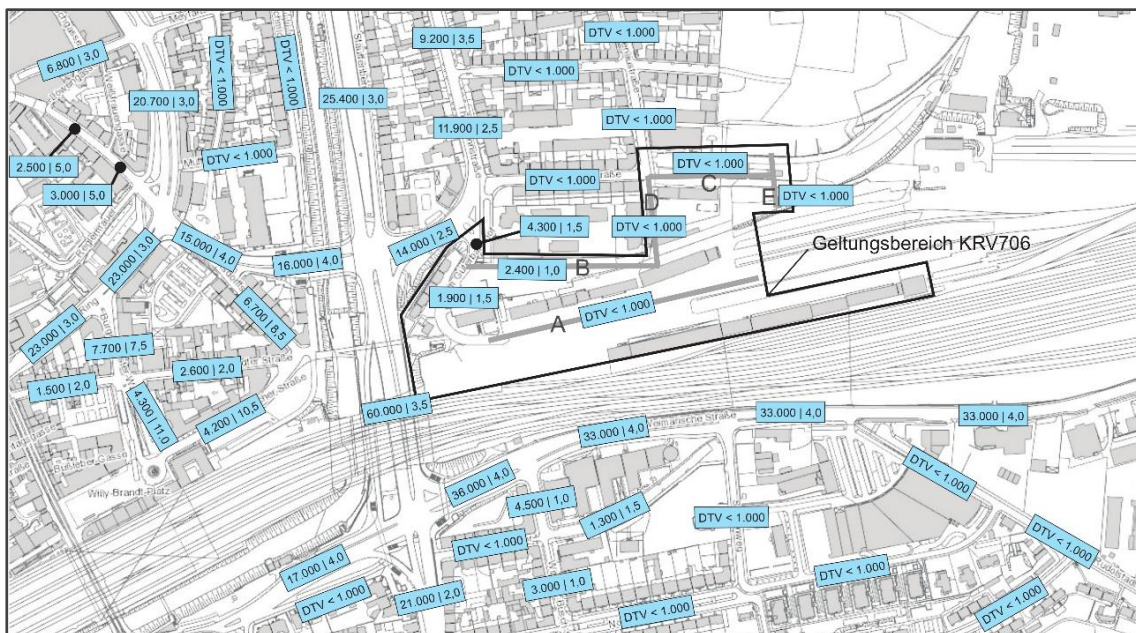


Abb. 4.6: Verkehrsmengen Planfall 2020

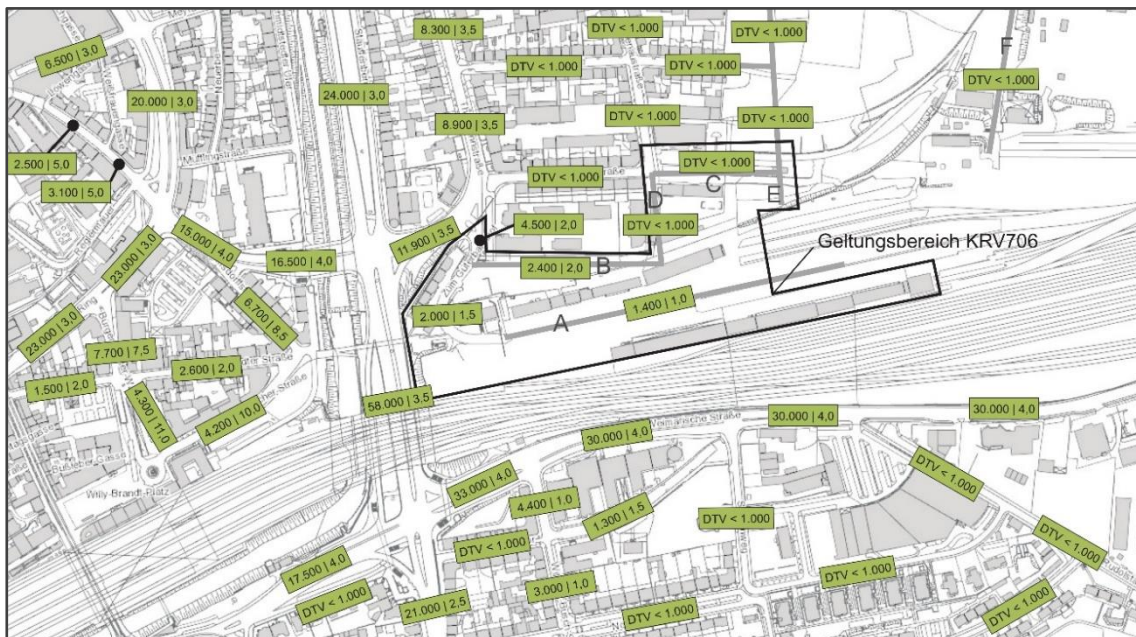
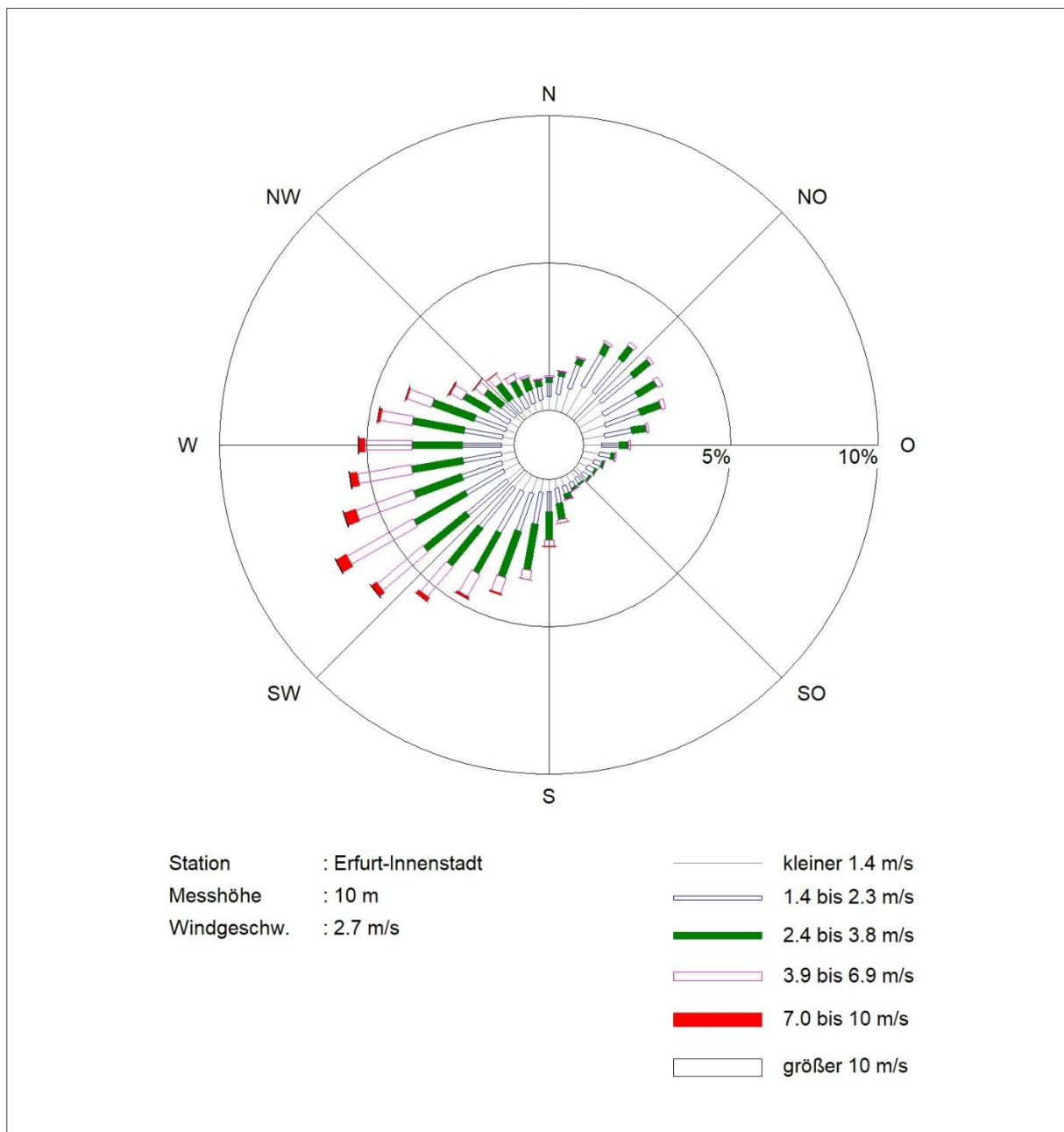


Abb. 4.7: Verkehrsmengen Planfall-Rahmenplan 2020

4.3 Meteorologische Daten

Zur Beurteilung der Windverhältnisse vor Ort wurde auf eine Wetterstatistik der DWD-Wetterstation am Flughafen Erfurt/Weimar zurückgegriffen. Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 4,0 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 Tallage der Erfurter Innenstadt und der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse für den Standort angepasst. Hierzu wurden in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Erfurt die Windgeschwindigkeiten der DWD-Station um 30% reduziert.

Die **Abb. 4.8** verdeutlicht, dass im Untersuchungsgebiet bevorzugt Winde aus südwestlichen und nordöstlichen Richtungen auftreten. Hohe Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeiten treten insbesondere bei südwestlichen und westlichen Windrichtungen, erheblich seltener auch bei östlichen Richtungen auf.

**Abb. 4.8:** Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung

Abgeleitet aus Daten der Wetterstation Erfurt Flughafen 2009 bis 2018
Quelle: DWD, eigene Darstellung

4.4 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.

Die Festlegung der Werte für die Hintergrundbelastung erfolgte in Abstimmung mit dem Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) auf der Grundlage von gemittelten Immissionskenngößen der Messstation Erfurt Krämpferstraße 25 aus den Jahren 2015 bis 2019, die den Jahresberichten des TLUBN entnommen wurden (siehe **Tab. 4.1**).

	NO₂-JM [µg/m³]	PM10-JM [µg/m³]	PM2,5-JM [µg/m³]	NO-JM [µg/m³]	Ozon-JM [µg/m³]
2015	23	17	11	10	45
2016	21	16	11	9	41
2017	20	15	10	6	44
2018	19	19	12	6	48
2019	19	19	12	6	48
Mittelwert	20	17	11	7	45

Tab. 4.1: Werte der Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. 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.

5 EMISSIONEN

5.1 Straßenverkehr

5.1.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Mit Hilfe des Handbuchs können Emissionsfaktoren zahlreicher Luftschadstoffe und Klimagase in der Maßeinheit „g/km“ pro Fahrzeug abgerufen werden, wie z.B. Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Partikelmasse und Kohlendioxid.

Bei Feinstäuben (PM_{2,5} und PM₁₀) sind neben den „motorbedingten“ Emissionen, die über das Abgas freigesetzt werden, auch die Emissionen zu berücksichtigen, die durch das Aufwirbeln von Teilchen aus Reifen- und Straßenabrieb, Kupplungs- und Bremsverschleiß u.a. entstehen. Hierfür sind in HBEFA 4.1 erstmals gesonderte Emissionsfaktoren enthalten.

Die 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)
- dem Störungsgrad des Verkehrsflusses. Dieser wird im HBEFA 4.1 durch unterschiedliche Emissionsfaktoren durch fünf sogenannte „Level of Service“ (LoS) (flüssig, dicht, gesättigt, stop & go und stop & go 2) abgebildet.
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Eine Übersicht über die im HBEFA 4.1 zur Verfügung stehenden Verkehrssituationen gibt die nachfolgende **Abb. 5.1**. Hierin enthalten sind erstmals städtische Hauptverkehrsstraßen mit einem Tempolimit von 30 km/h.

			Tempo-Limit [km/h]												
Gebiet	Strasstyp	Verkehrszustand	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130	
laendlich gepraegt	Autobahn	5 VZustaende													
	Semi-Autobahn	5 VZustaende													
	Fern-, Bundesstrasse	5 VZustaende													
	Hauptverkehrsstrasse	5 VZustaende													
	Hauptverkehrsstrasse, kurvig	5 VZustaende													
	Sammelstrasse	5 VZustaende													
	Sammelstrasse, kurvig	5 VZustaende													
	Erschliessungsstrasse	5 VZustaende													
Agglo- meration	Autobahn	5 VZustaende													
	Stadt-Autobahn	5 VZustaende													
	Fern-, Bundesstrasse	5 VZustaende													
	Staedt. Magistrale / Ringstr.	5 VZustaende													
	Hauptverkehrsstrasse	5 VZustaende													
	Sammelstrasse	5 VZustaende													
	Erschliessungsstrasse	5 VZustaende													

Zugeordneter Flottenmix-Typ:

= Autobahn

= Land

= Agglo.

Schliessen

Abb. 5.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 4.1

Die Ermittlung der Emissionen erfolgt entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020; Kfz-Emissionsbestimmung) auf der Grundlage der Verkehrsmengen und den mittleren Emissionsfaktoren der Fahrzeugflotte für die betrachteten Fahrzeugkategorien. Im vorliegenden Gutachten werden die mittleren 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 Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA 4.1 (UBA, 2019) 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 Höhendaten des Untersuchungsgebietes bekannt. Der Kaltstarteinfluss von NO_x und Partikeln innerorts für Pkw und LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Aus fachlicher Sicht ist zu empfehlen, bei der Emissionsberechnung das Jahr der frühestmöglichen vollständigen Umsetzung der städtebaulichen Planungen zugrunde zu legen, da die Emissionsdatenbasis des HBEFA 4.1 für zukünftige Jahre aufgrund fortschreitender technischer Entwicklung der Kfz-Flotte zurückgehende Emissionsraten ausweist. Mit solch einer Vorgehensweise wird sichergestellt, dass die berechneten Immissionen für die Jahre nach der Planungsrealisierung nicht unterschätzt werden und eine mögliche, planungsbedingte Überschreitung von Beurteilungswerten nicht versehentlich unerkannt bleibt.

In Abstimmung mit dem Umwelt- und Naturschutzamt der Stadt Erfurt erfolgte unter dem Gesichtspunkt der Gesundheitsvorsorge die Emissionsberechnung für den Analysefall für das Bezugsjahr 2018 und für die Planfälle für das Bezugsjahr 2020. Die so ermittelten Emissionen werden somit für den Zeitpunkt der deutlich späteren vollständigen Planungsumsetzungen tendenziell überschätzt.

5.1.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile (siehe Abbildungen) als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Im verwendeten Emissionsmodell KFZEMISS wird der im Tagesverlauf schwankende Störungsgrad des Verkehrsflusses (LoS) automatisch für jede Fahrspur auf Grundlage der Verkehrsbelastung und typischer Straßenkapazitäten berechnet.

Auf der Basis der oben angegebenen Methodik, Daten und Annahmen wurden mit Hilfe von synthetischen Tagesganglinien des Verkehrsaufkommens (Heusch, Boesefeldt 1995) die NO_x , NO_2 -, PM_{10} - und $\text{PM}_{2.5}$ -Emissionen für die Bezugsjahr 2018 (Analysefall) und 2020 (Planfall und Planfall-Rahmenplan) bestimmt.

In der **Tab. 5.5** sind die Emissionsraten für die wichtigsten Straßen im Untersuchungsraum dargestellt.

Die räumliche Zuordnung der Straßenquerschnitte sowie die Lage der Straßenemissionsquellen veranschaulicht die **Abb. 5.2**.



Abb. 5.2: Lage der Straßenquerschnitte

In den folgenden **Tab. 5.1** bis **Tab. 5.3** sind die berechneten Emissionsraten zusammengestellt.

Analysefall 2018				
Straßenquerschnitt	NO _x [g/(h·km)]	NO ₂ [g/(h·km)]	PM10 [g/(h·km)]	PM2,5 [g/(h·km)]
Q1 – Stauffenbergallee Nord	540.8	155.5	42.9	25.9
Q2 – Trommsdorffstraße	341.1	95.5	26.7	16.4
Q3 – Stauffenbergallee Süd	1 410.6	401.1	115.3	64.5
Q4 – Thälmannstraße	282.0	79.6	22.2	13.5
Q5 – Zum Güterbf., Nord	35.7	9.4	3.2	1.6
Q6 – Zum Güterbf., Parkhaus	-	-	-	-
Q7 – Zum Güterbf. Süd	-	-	-	-
Q8 – Planstraße West	-	-	-	-
Q9 – Planstraße Ost	-	-	-	-
Q10 - Weimarische Straße	700.0	195.2	58.9	32.6
Q11 - Schillerstraße	462.0	129.1	35.6	22.5

Tab. 5.1: Ergebnisse der Emissionsberechnung für den Straßenverkehr im Analysefall 2018

Planfall 2020				
Straßenquerschnitt	NO _x [g/(h·km)]	NO ₂ [g/(h·km)]	PM10 [g/(h·km)]	PM2,5 [g/(h·km)]
Q1 – Stauffenbergallee Nord	513.5	148.2	46.7	27.0
Q2 – Trommsdorffstraße	374.4	105.7	33.8	19.7
Q3 – Stauffenbergallee Süd	1 425.0	408.4	131.2	67.0
Q4 – Thälmannstraße	275.0	78.6	24.5	14.6
Q5 – Zum Güterbf., Nord	38.0	10.5	3.7	1.9
Q6 – Zum Güterbf., Parkhaus	47.4	13.2	4.5	2.4
Q7 – Zum Güterbf. Süd	19.1	5.3	1.8	1.0
Q8 – Planstraße West	-	-	-	-
Q9 – Planstraße Ost	-	-	-	-
Q10 - Weimarische Straße	625,8	176,6	61,2	29,8
Q11 - Schillerstraße	329,3	92,3	30,9	16,2

Tab. 5.2: Ergebnisse der Emissionsberechnung für den Straßenverkehr im Planfall 2020

Planfall-Rahmenfall 2020				
Straßenquerschnitt	NO _x [g/(h·km)]	NO ₂ [g/(h·km)]	PM10 [g/(h·km)]	PM2,5 [g/(h·km)]
Q1 – Stauffenbergallee Nord	482.3	139.	43.7	25.5
Q2 – Trommsdorffstraße	388.8	109.9	35.2	20.3
Q3 – Stauffenbergallee Süd	1 444.3	413.4	137.0	69.4
Q4 – Thälmannstraße	278.3	78.1	25.0	14.6
Q5 – Zum Güterbf., Nord	97.3	26.8	9.2	4.6
Q6 – Zum Güterbf., Parkhaus	48.5	13.4	4.6	2.4
Q7 – Zum Güterbf. Süd	26.6	7.3	2.2	1.5
Q8 – Planstraße West	19.0	5.2	1.6	1.0
Q9 – Planstraße Ost	19.0	5.2	1.6	1.0
Q10 - Weimarische Straße	579.1	162.8	55.2	30.0
Q11 - Schillerstraße	388.2	109.4	34.1	20.9

Tab. 5.3: Ergebnisse der Emissionsberechnung für den Straßenverkehr im Planfall-Rahmenfall 2020

5.2 Bahnverkehr

Die Ermittlung der Schadstoffimmissionen, die durch den Schienenverkehr verursacht werden, erfolgte auf der Grundlage von Emissionsdaten, die uns für NO_x und PM10 per Mail am 10.10.2019 von der Deutschen Bahn AG übermittelt wurden. Hierbei erfolgte für PM10 eine Differenzierung zwischen den Abgasemissionen und den Emissionen, die durch Abrieb entstehen.

Die räumliche Zuordnung der Linienquellen (Gleise) zu den in der **Tab. 5.4** aufgeführten Emissionsraten ist der folgenden Abbildung zu entnehmen.

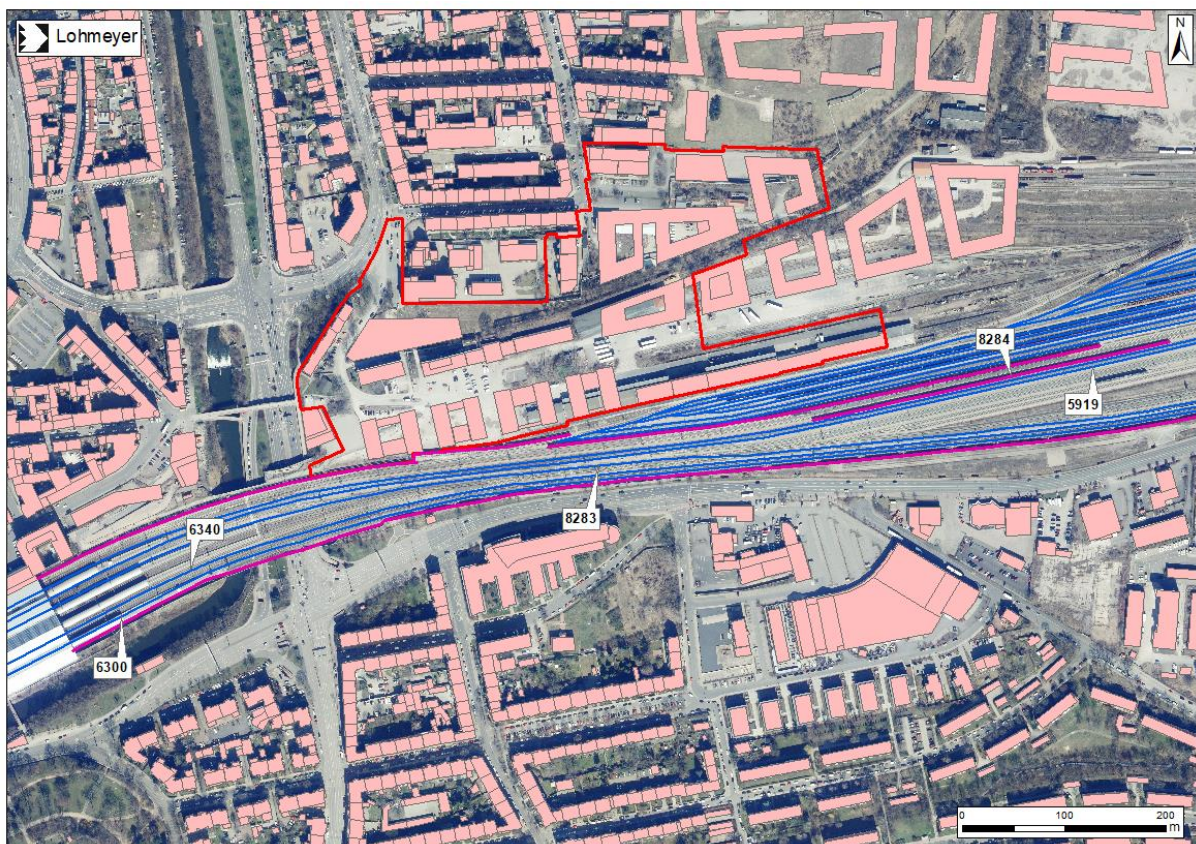


Abb. 5.3: Lage der Linienquellen (Gleise) des Schienenverkehrs

Bezeichnung	NO_x Abgas [g / (km h)]	NO₂ Abgas [g / (km h)]	PM10 Abgas [g / (km h)]	PM10 Abrieb [g / (km h)]	PM10 Gesamt [g / (km h)]	PM2.5 Gesamt [g / (km h)]
6300	52.8	7.92	1.09	4.59	5.69	1.78
6340	97.63	14.63	2.00	4.25	6.25	2.64
8283	117.6	17.64	1.64	28.99	30.65	5.99
5919	20.0	3.01	0.36	17.56	17.92	3.00
8284	141.1	21.17	2.30	34.08	36.37	7.41

Tab. 5.4: Emissionen des Zug-Personenverkehrs in g/(km h) an ausgewählten Streckensegmenten

Die Bestimmung der NO₂-Emissionsdaten erfolgte unter der Annahme, dass der Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen 15 % beträgt. Für die Ermittlung der Emissionsraten von PM2.5 wurde angenommen, dass die PM2.5- und PM10-Abgasemissionen gleich sind und dass der Anteil von PM2.5 an den PM10-Emissionen durch Abrieb 15% beträgt.

Für den Analysefall wurden zusätzlich die Emissionen berücksichtigt, die im Bereich des Rangierbahnhofs auftreten. Hierfür wurden uns von der Deutschen Bahn AG die in der **Tab. 5.5** aufgeführten Emissionsraten für NO_x und PM10 (Gesamt) übermittelt, die im Bereich des Rangierbahnhofs als Flächenquelle in den Immissionsberechnungen berücksichtigt wurden. Da von der Deutschen Bahn keine Differenzierung der PM10-Emissionen im Hinblick auf Abgas und Abrieb angegeben wurde, wurde im Sinne einer konservativen Abschätzung für PM2.5 eine identische Emissionsrate wie für PM10 angenommen. Die Bestimmung der NO₂-Emissionsdaten erfolgte wie für die Bahnstrecken unter der Annahme, dass der Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen 15 % beträgt.

Bezeichnung	NO_x [g/h]	NO₂ [g/h]	PM10 [g/h]	PM2.5 [g/h]
Rangierbahnhof	512.7	76.91	5.37	5.37

Tab. 5.5: Emissionen des Güterverkehrs im Bereich des Rangierbahnhofs

6 IMMISSIONEN

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen liefern eine räumlich hoch aufgelöste flächendeckende Auskunft über die Immissionssituation in Bodennähe (in ca. 1.5 m Höhe).

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5.1) für das Jahr 2018 (Analysefall) und für das Jahr 2020 (Planfall, Planfall-Rahmenplan) auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen ein. Zusätzlich werden die Emissionen des Schienenverkehrs (siehe Kapitel 5.2) einbezogen. Im Zusammenwirken dieser Emissionen wird die lokale Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet verursacht. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus der Zusatzbelastung und der großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse für die Leitkomponenten NO₂, PM₁₀ und PM_{2.5} sind als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + Zusatzbelastung durch lokale Emittenten) in **Abb. 6.2** bis **Abb. 6.10** dargestellt. Die Farben in den flächenhaften grafischen Darstellungen kennzeichnen bestimmte Konzentrationsintervalle. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für Immissionen entspricht der kleinste Wert der angesetzten Hintergrundbelastung.

Zusätzlich werden für ausgewählte, repräsentative Immissionsorte (IO) die berechneten Luftschadstoffbelastungen separat ausgewiesen (siehe **Tab.°6.1** bis **Tab. 6.3**). Sie stellen sensible Nutzungen im Untersuchungsgebiet dar. Die **Abb. 6.1** zeigt die Lage der Immissionsorte. Zum Aufpunkt P4 ist anzumerken, dass sich dieser direkt an der Südwestecke des geplanten Hochhauses über dem Höhenniveau der Bahntrasse befindet (siehe Zoomdarstellung in **Abb. 6.1**).

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

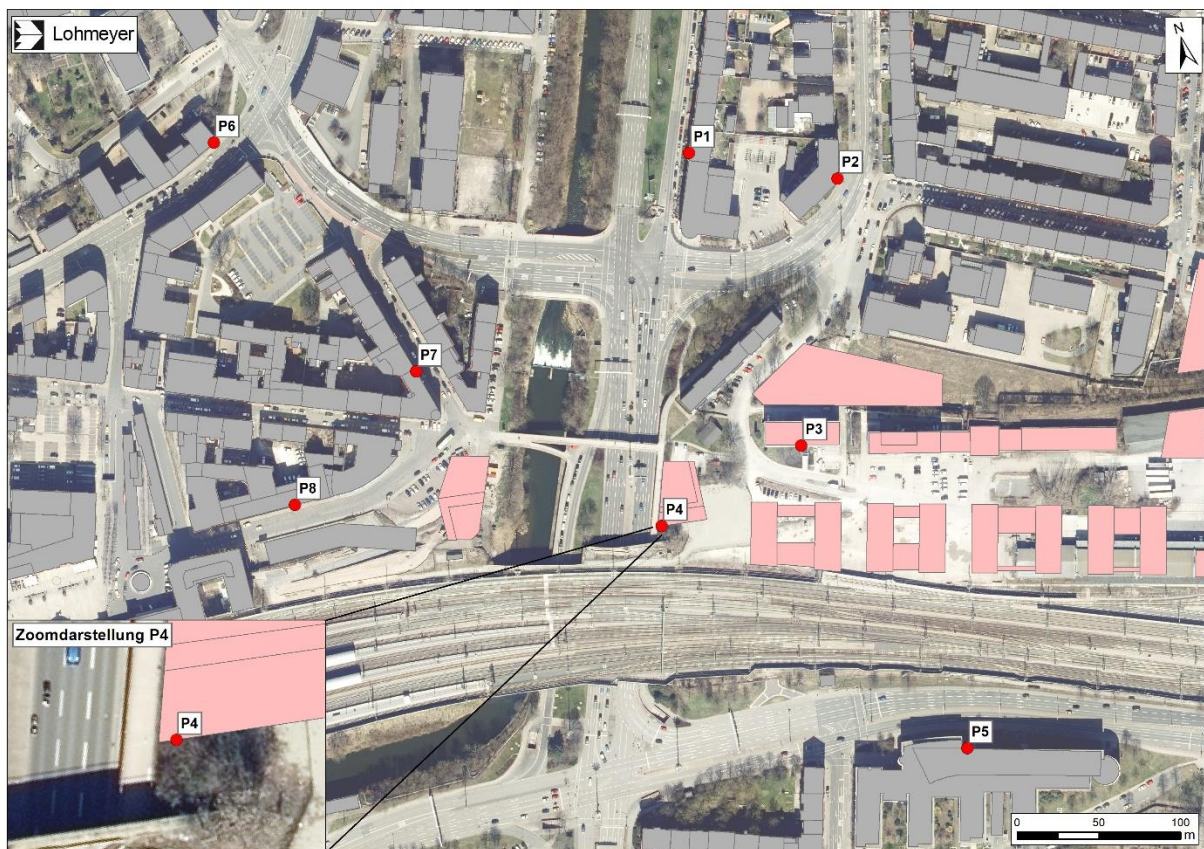


Abb. 6.1: Lage der Immissionsorte

6.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte für den Analysefall, den Planfall und den Planfall-Rahmenplan sind flächendeckend auf den **Abb. 6.2** bis **Abb. 6.4** dargestellt und zusätzlich in der **Tab. 6.1** für repräsentative Immissionsorte ausgewiesen.

IO	NO ₂ -Jahresmittel in µg/m ³		
	Analysefall 2018	Planfall 2020	Planfall-Rahmenplan 2020
1	34	34	34
2	34	30	32
3	23	24	24
4	—	45	45
5	35	35	34
6	43	41	41
7	34	42	42
8	27	31	32

Tab. 6.1: Prognostizierte NO₂-Jahresmittelwerte an repräsentativen IO

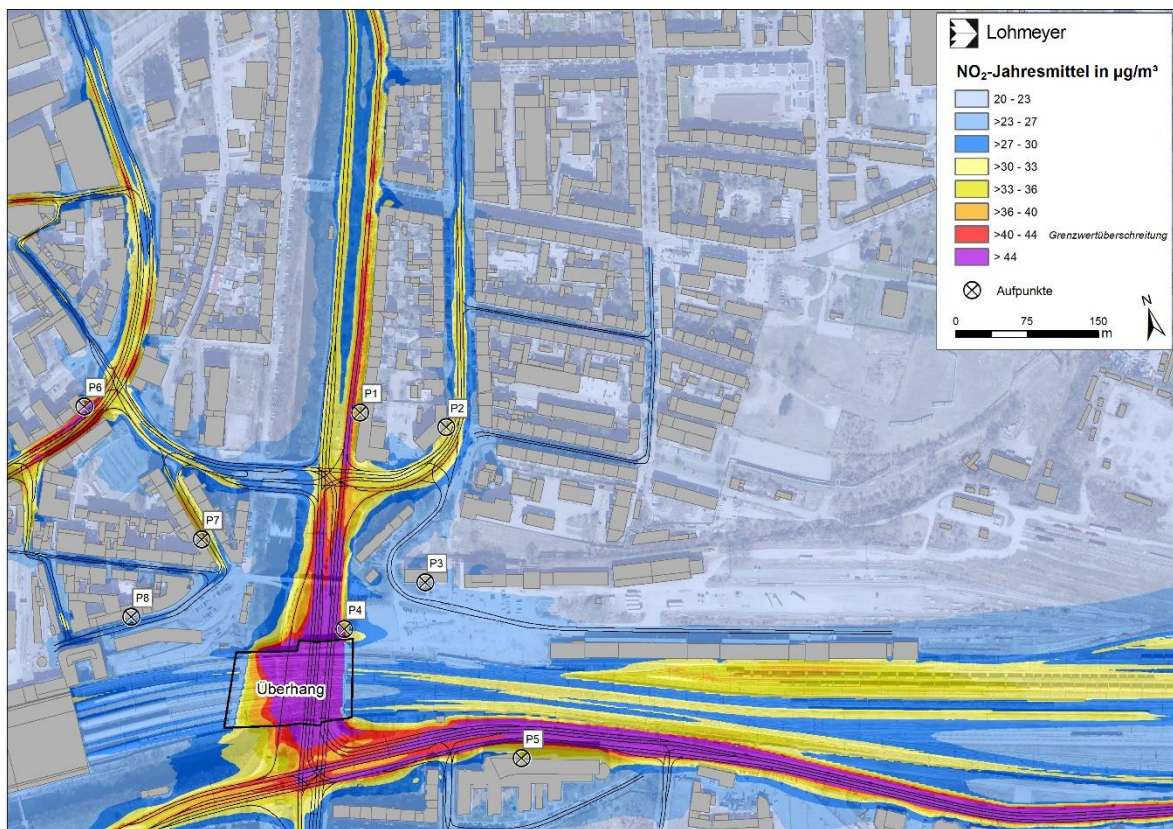


Abb. 6.2: Jahresmittel der NO₂-Immissionen für den Analysefall

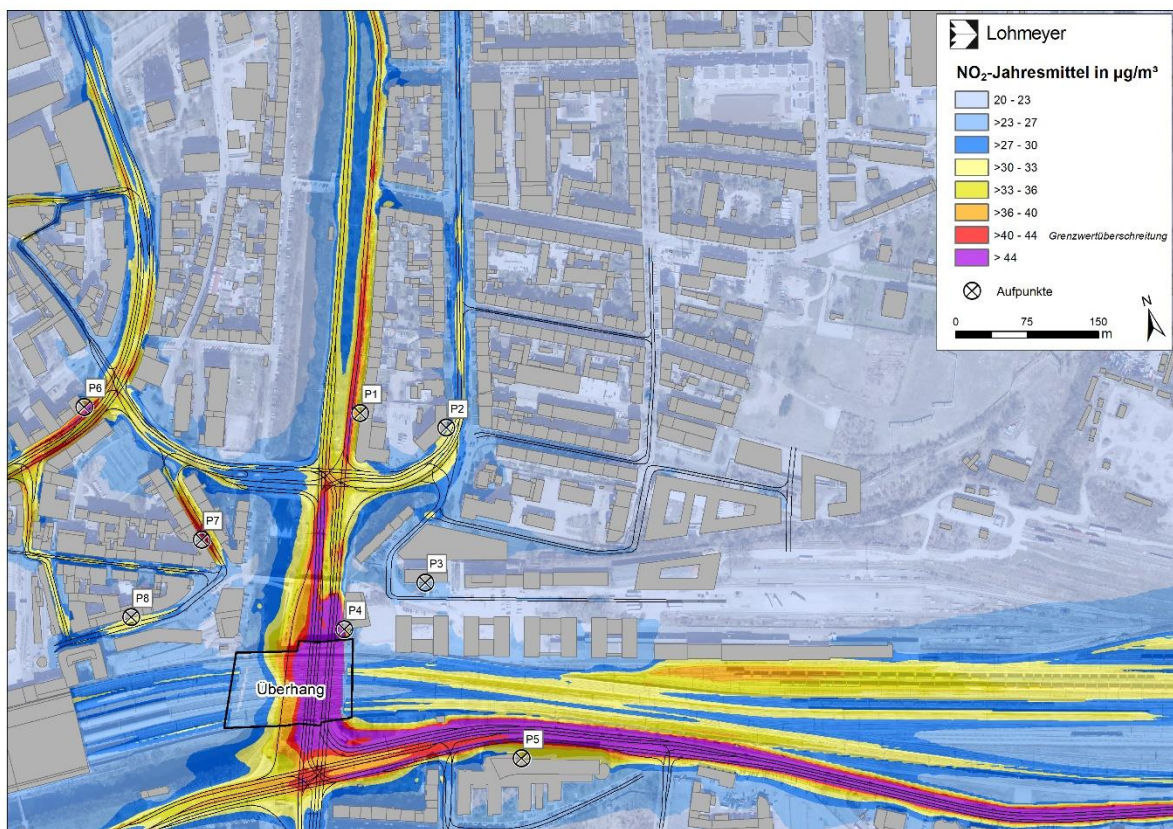


Abb. 6.3: Jahresmittel der NO₂-Immissionen für den Planfall

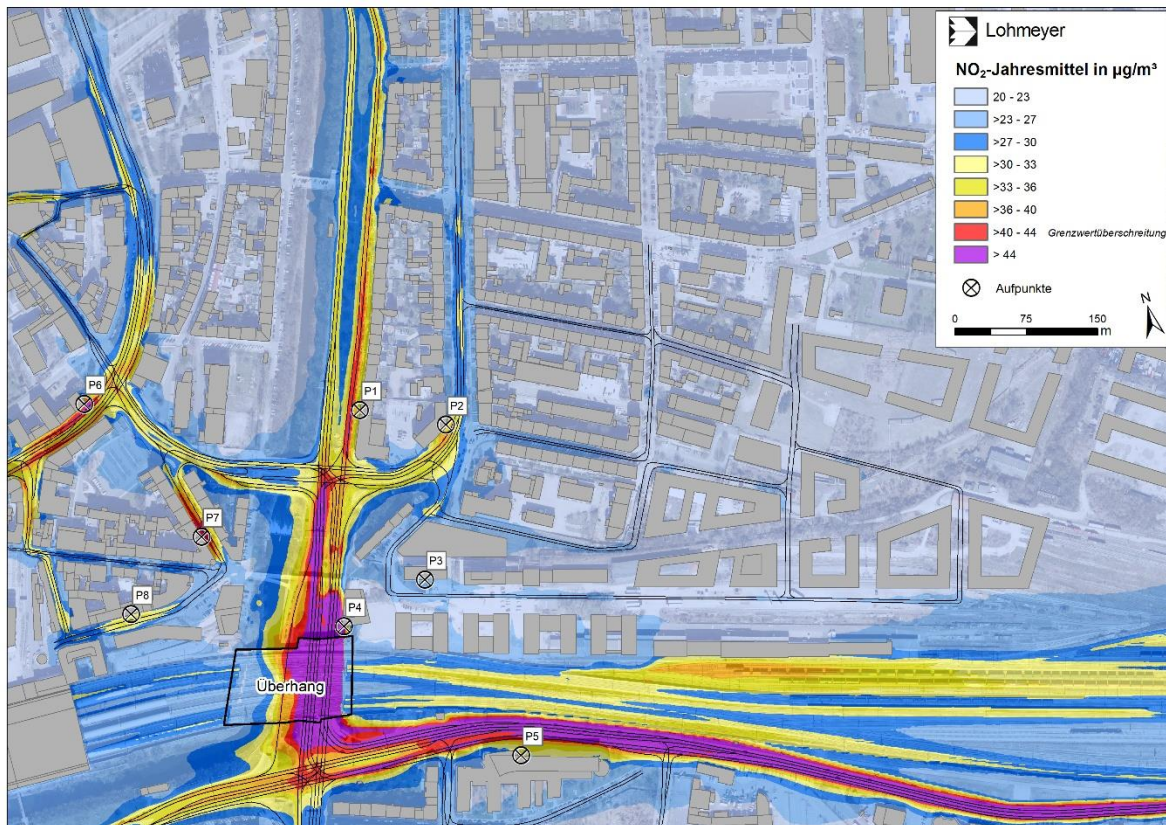


Abb. 6.4: Jahresmittel der NO₂-Immissionen für den Planfall-Rahmenplan

Die **Tab 6.1** und die **Abb. 6.2** belegen, dass beim **Analysefall 2018** die berechneten NO₂-Immissionen im Jahresmittel am Immissionsort P6 aufgrund ungünstiger Austauschbedingungen und der hohen Verkehrsbelastungen auf dem Juri-Gagarin-Ring den Grenzwert von 40 µg/m³ überschreiten. An den anderen Immissionsorten der Bestandsbebauung wird der Grenzwert eingehalten. In engen Straßenschluchten (Stauffenbergallee, Weimarische Straße, Trommsdorffstraße, Thälmannstraße östlich des Knotens mit der Stauffenbergallee) treten an der Randbebauung NO₂-Immissionswerte auf, die gemäß **Tab. 3.2** als erhöhte Konzentrationen einzustufen sind.

Für den **Planfall 2020** und den **Planfall-Rahmenplan 2020** werden an den Immissionsorten P4, P6 und P7 aufgrund der Verkehrszunahme und des höheren Schwerlastanteils Grenzwertüberschreitungen prognostiziert (siehe **Tab. 6.1**). In den restlichen Straßenzügen wird der Grenzwert eingehalten, da sich für das Bezugsjahr 2020 emissionsseitige Verbesserungen in der Fahrzeugflotte gegenüber dem Bezugsjahr 2018 des Analysefalls ergeben.

Im Bereich des Bebauungsplangebietes und dem Bereich des erweiterten städtebaulichen Rahmenplans liegen relativ günstige lufthygienische Verhältnisse vor. Die NO₂-Immissionen sind hier gemäß Tabelle lediglich als leicht erhöht einzustufen.

Eine Überschreitung des NO₂-Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d.h. einem Stundenwert von 200 µg/m³ mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten von maximal 45 µg/m³ nicht zu erwarten.

6.2 Feinstaub (PM10)

Die Gesamtbelastungen der PM10-Jahresmittelwerte für den Analysefall, den Planfall und den Planfall-Rahmenplan sind flächendeckend auf den **Abb. 6.5** bis **6.7** dargestellt. Zusätzlich werden die prognostizierten Jahresmittelwerte der PM10-Immissionen für repräsentative Immissionsorte in der **Tab. 6.2** ausgewiesen. Die Tabelle enthält weiterhin die Anzahl der Tage im Jahr, an denen der Grenzwert für das PM10-Tagesmittel von 50 µg/m³ überschritten wird.

Immissions- ort	PM10-Jahresmittel in µg/m ³			PM10-Tagesmittel > 50 µg/m ³		
	Analysefall 2018	Planfall 2020	Rahmenplan 2020	Analysefall 2018	Planfall 2020	Rahmenplan 2020
1	20	20	20	12	12	12
2	20	19	20	12	10	12
3	18	18	18	9	9	9
4	—	23	23	—	18	18
5	21	21	21	14	14	14
6	22	23	22	15	18	15
7	21	24	24	14	20	20
8	18	20	20	9	12	12

Tab. 6.2: Prognostizierte PM10-Kenngrößen an repräsentativen Punkten

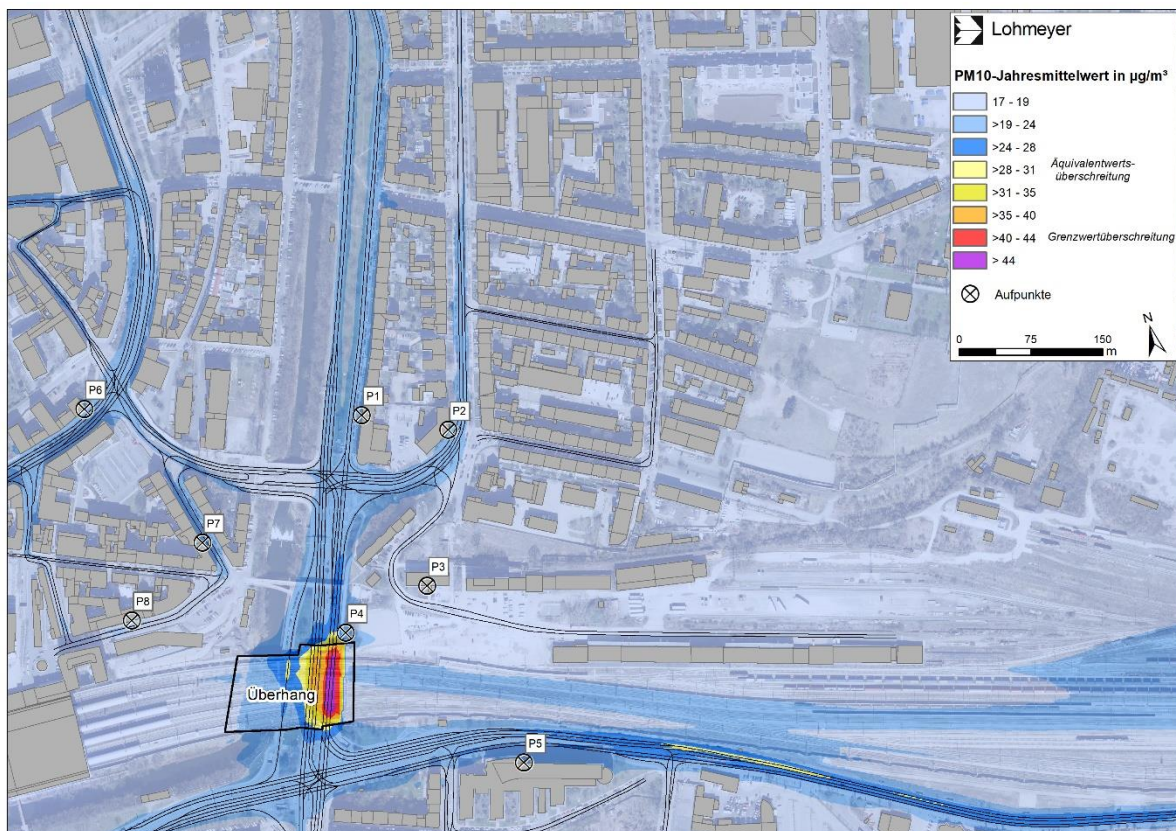


Abb. 6.5: Jahresmittel der PM10-Immissionen für den Analysefall

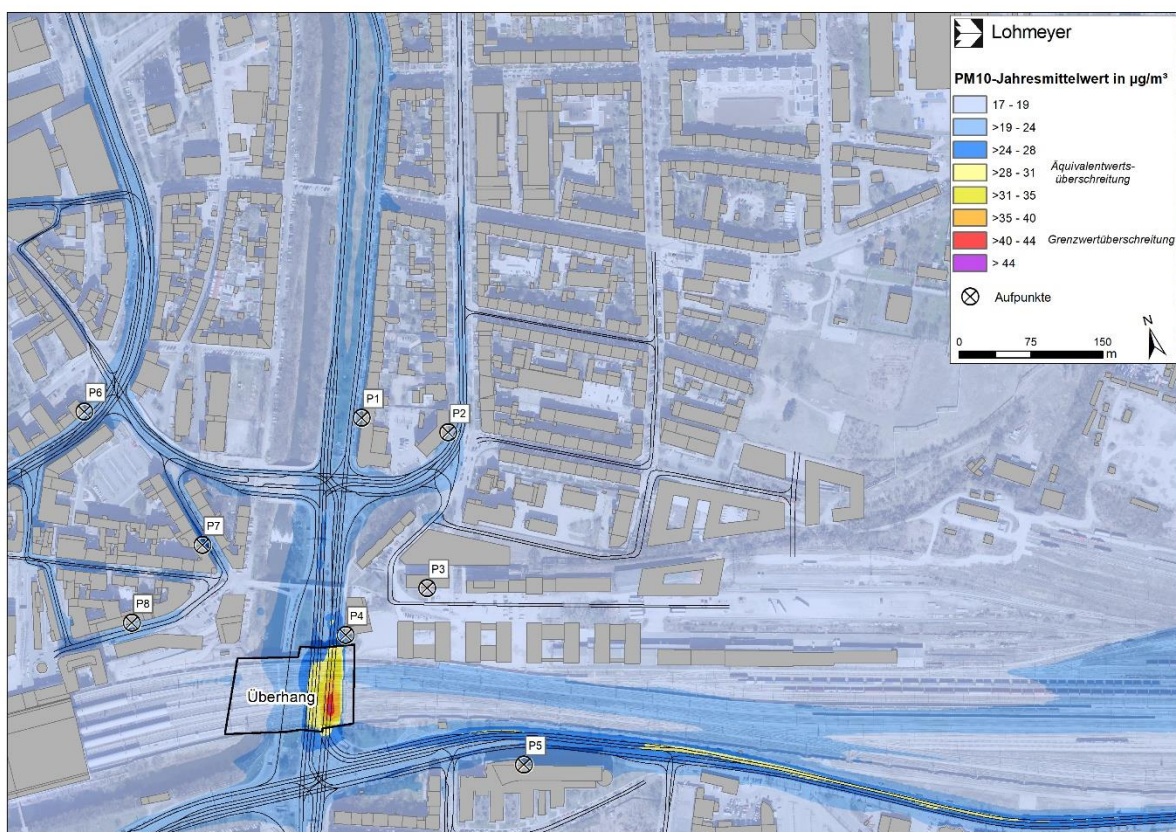


Abb. 6.6: Jahresmittel der PM10-Immissionen für den Planfall

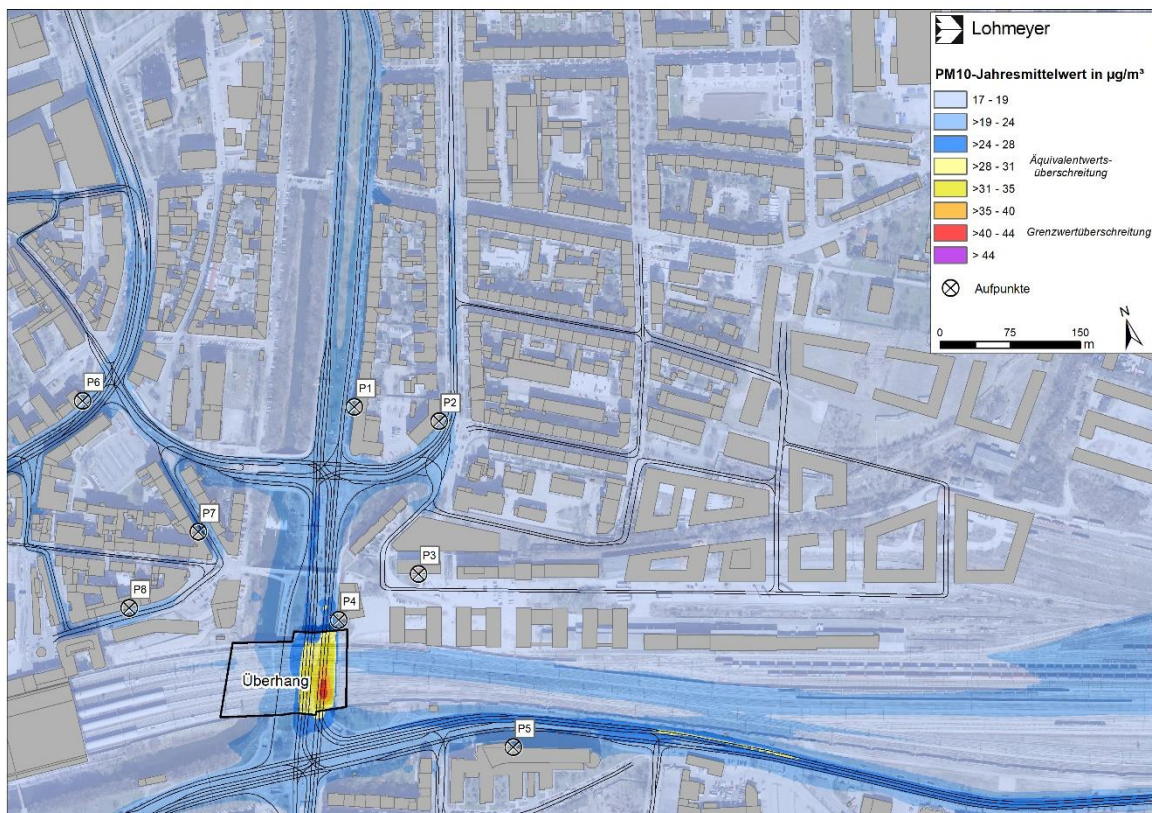


Abb. 6.7: Jahresmittel der PM10-Immissionen für den Planfall-Rahmenplan

Die Ergebnisauswertungen belegen, dass der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für den PM10-Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV für den Analysefall 2018, den Planfall 2020 und den Planfall-Rahmenplan 2020 im gesamten Untersuchungsgebiet an der der Bestandsbebauung deutlich unterschritten wird. Der Anteil der PM10-Zusatzbelastung durch den Straßen- und Schienenverkehr beträgt weniger als 30 % der Gesamtbelastung.

Beim **Analysefall 2018** wird für die Immissionsorten ein Maximalwert von $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. In weiten Bereichen des Untersuchungsgebietes liegen die PM10-Immissionen nur unwesentlich über der Hintergrundbelastung und können somit im Hinblick auf den Grenzwert als mittlere Konzentrationen eingestuft werden.

Beim **Planfall 2020** und für den **Planfall-Rahmenplan 2020** ergeben sich gegenüber dem Analysefall tendenziell geringfügige Erhöhungen der PM10-Jahresmittelwerte. Die höchste PM10-Belastung wird für beide Planszenarien mit $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Immissionsort P7 in der Trommsdorffstraße ausgewiesen. Hier herrschen aufgrund der dichten und engen Randbebauung ungünstige Austauschbedingungen. Zusätzlich wird hier für die Planfälle eine deutliche Zunahme der Schwerverkehr erwartet.

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein 24-Stundengrenzwert für PM10 von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert, der gemäß 39. BImSchV 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 PM_{10} -24 h-Grenzwert sicher eingehalten wird. Der PM_{10} -24 h-Grenzwert ist somit eine strengere Kenngröße als der Jahresmittelgrenzwert (vgl. Kapitel 3). Die Anzahl der Überschreitungen der PM_{10} -24 h-Werte (Überschreitungstage) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind für die Immissionsorte in **Tab. 6.2** dargestellt.

Die Ergebnisauswertungen belegen, dass der PM_{10} -Kurzzeitgrenzwert im gesamten Untersuchungsgebiet für den Analysefall 2018, den Planfall 2020 und den Planfall-Rahmenplan 2020 deutlich unterschritten wird. Beim Analysefall werden maximal 14 Überschreitungstage ermittelt. Beim Planfall und beim Planfall-Rahmenplan werden für den am stärksten belasteten Immissionsort P7 20 Überschreitungstage ausgewiesen.

6.3 Feinstaub ($\text{PM}_{2.5}$)

Die Gesamtbelastungen der $\text{PM}_{2.5}$ -Jahresmittelwerte für den Analysefall, den Planfall und den Planfall-Rahmenplan sind flächendeckend auf den **Abb. 6.8** bis **6.10** dargestellt und zusätzlich in der **Tab. 6.3** für repräsentative Immissionsorte ausgewiesen. Die Tabelle enthält zusätzlich die Anzahl der Tage im Jahr, an dem der Grenzwert für das PM_{10} -Tagesmittel von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wird.

Immissions-ort	PM _{2.5} -Jahresmittel in $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Analysefall 2018	Planfall 2020	Planfall-Rahmenplan 2020
1	13	13	13
2	13	12	13
3	11	11	12
4	—	13	14
5	13	13	13
6	14	14	14
7	13	13	14
8	12	12	12

Tab. 6.3: Prognostizierte $\text{PM}_{2.5}$ -Jahresmittelwerte an repräsentativen Punkten

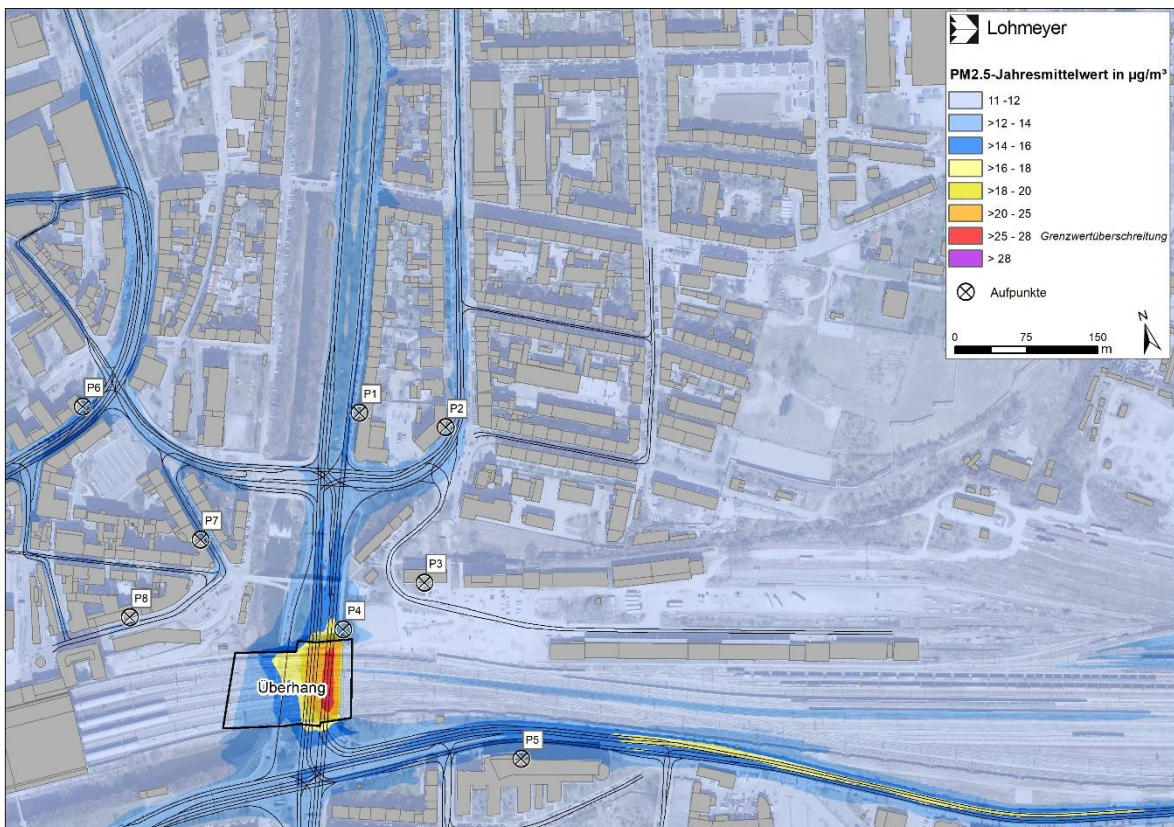


Abb. 6.8: Jahresmittel der PM2.5-Immissionen für den Analysefall

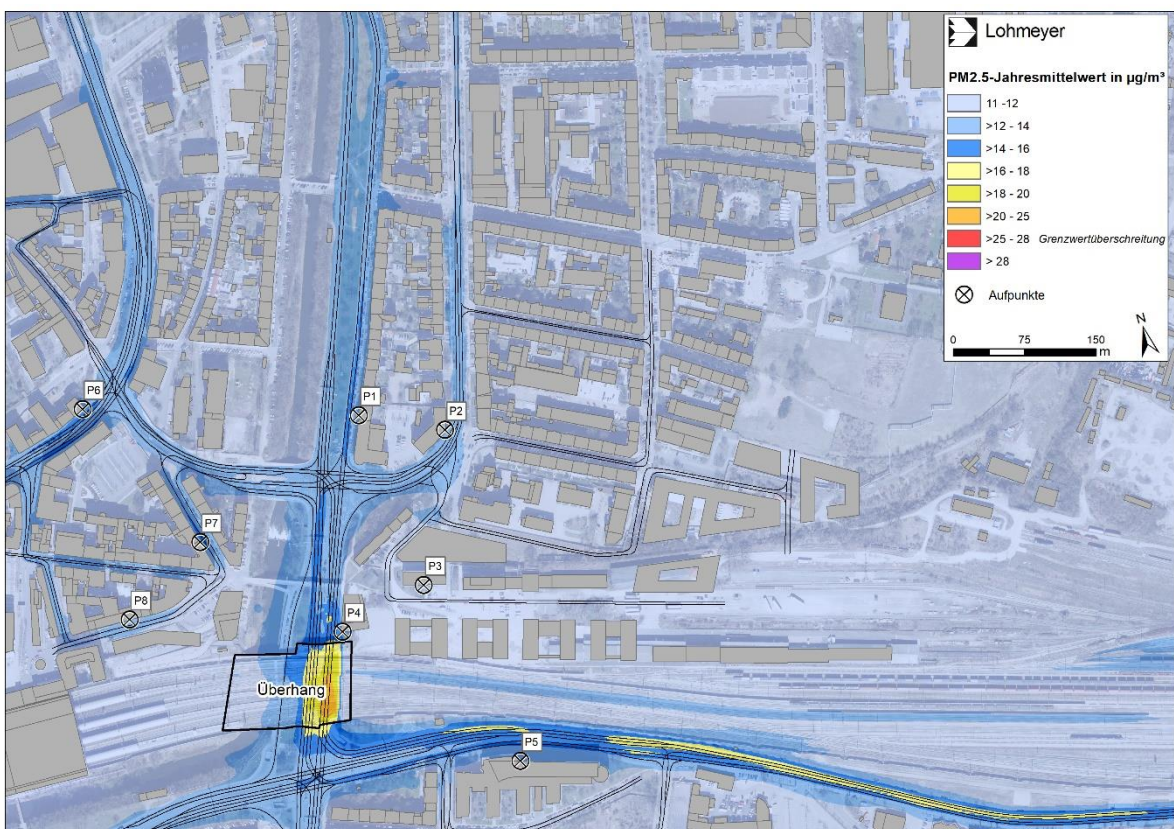


Abb. 6.9: Jahresmittel der PM2.5-Immissionen für den Planfall

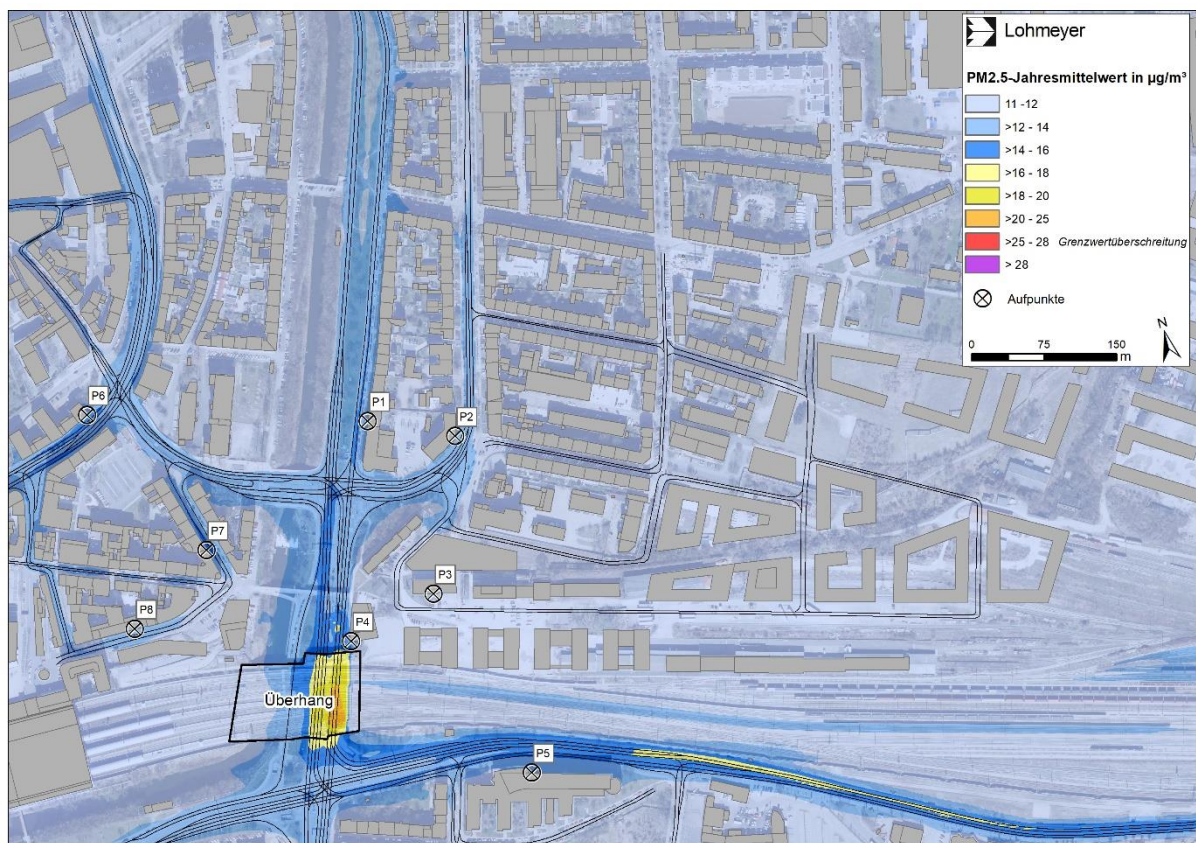


Abb. 6.10: Jahresmittel der PM2.5-Immissionen für den Planfall-Rahmenplan

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte (siehe Abbildungen 6.7 bis 6.9) zeigen, dass der Grenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV für den Analysefall 2018, den Planfall 2020 und den Planfall-Rahmenplan 2020 im gesamten Untersuchungsgebiet an der Bestandsbebauung deutlich unterschritten wird.

Beim **Analysefall 2018** liegt der für den Immissionsort P6 ermittelte Maximalwert von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur geringfügig über dem Niveau der Hintergrundbelastung, das $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel beträgt.

Beim **Planfall 2020** und für den **Planfall-Rahmenplan 2020** ergeben sich gegenüber dem Analysefall, ähnlich wie bei PM10, tendenziell geringfügige Erhöhungen der Konzentrationen.

6.4 Fazit

Die für den Analysefall 2018, den Planfall 2020 und den Prognose-Planfall 2020 berechneten jahresmittleren Immissionswerte liegen für Feinstäube (PM10 und PM2.5) deutlich unterhalb der Grenzwerte der 39. BImSchV. Auch der PM10-Tagesmittelgrenzwert wird für die untersuchten Szenarien im gesamten Untersuchungsgebiet an der Bestandsbebauung deutlich unterschritten.

Beim Analysefall wird in einem räumlich engbegrenzten Bereich am Juri-Gagarin-Ring der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel überschritten. Die Ergebnisse der Planfälle belegen, dass gegenüber dem Analysefall zusätzlich zur Grenzwertüberschreitung am Juri-Gagarin-Ring eine Grenzwertüberschreitung an der südseitigen Bestandsbebauung der Trommsdorffstraße prognostiziert wird. Eine weitere lokal begrenzte NO₂-Grenzwertüberschreitung wird an der westlichen und südlichen Fassade des geplanten Hochhauses östlich der Stauffenbergallee ausgewiesen. Ansonsten herrschen an der geplanten Bebauung im Geltungsbereich des Bebauungsplans und des Rahmenplans unter Beachtung der innerstädtischen Lage günstige lufthygienische Verhältnisse.

Bei der Interpretation der zuvor beschriebenen Ergebnisse der Immissionsprognosen ist grundsätzlich zu beachten, dass bei der Bestimmung der Emissionen und der Immissionen konservative Randannahmen getroffen wurden. Dies betrifft insbesondere die Annahme einer zukünftig gleichbleibenden Hintergrundbelastung und die Wahl des Bezugsjahres 2020 für die Planfälle.

Es ist daher davon auszugehen, dass insbesondere für die Schadstoffkomponente NO₂ die prognostizierten Immissionswerte die tatsächliche lufthygienische Belastungssituation nach vollständiger baulicher Realisierung der Planfälle signifikant überschätzen.

7 LITERATUR

- Bachhiesl, M., Narodoslawsky, M., Sturm, P.-J. (2002): Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen. UVP-report 1+2/2002.
- 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.
- Balla, S; Uhl, R.; Schlutow, A.; Lorentz, H.; Förster, M.; Becker, C.; Müller-Pfannstiel, K.; Lüttmann, J.; Scheuschner, Th.; Kiebel, A.; Düring, I. und Herzog, W. (2013): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope. Bericht zum FE-Vorhaben 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Band 1099; BMVBS Abteilung Straßenbau, Bonn; Carl Schünemann Verlag, Bremen; 2013.
- 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): PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Bäumer, D. (2003): Transport und chemische Umwandlung von Luftschadstoffen im Nahbereich von Autobahnen - Numerische Simulationen. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe Nr. 32. Juni 2003.
- BWPLUS (2003): Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schlussbericht BWE 20005 von Thomas Pregger und Rainer Friedrich vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, April 2003.
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., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-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.

- 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.
- FGSV (2019): Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (HPSE) Stickstoffleitfaden Straße. Ausgabe 2019. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln. ISBN 978-3-86446-231-3.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, 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).
- Hausberger, S. (2016): E-Mail vom 27.04.2016 von Stefan Hausberger zu den Korrekturfaktoren EURO 6, TU Graz.
- Herpertz, St., Tegethof, U. (2005): Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenraum. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik Heft V 122, Mai 2005. ISBN 3-86509-280-2.
- Heusch, Boesefeldt (1995): Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerorts-bereich (FE-Nr. 77 224/93), im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. Aachen, 1995.
- Horsch, F., Bittlingmaier, W., Filby, W.G., Fund, S., Gross, S. (1997): 13. Statuskolloquium des PEF am 11. und 12. März 1997 im Forschungszentrum Karlsruhe (FZKA-PEF 153).
- Israel, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren - Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- Janicke (2019): Dispersion Model LASAT Version 3.4, Referenz Book. Janicke Consulting, Überlingen, Januar 2019.
- Keller, M. (2019): Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1, 2019.
- 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 Reichenbächer, 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.
- 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.
- Lohmeyer (2016): Kfz-Kennzeichenerfassung 2015 an 7 Standorten in Berlin. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Planungsbüro Dr. Hunger, Dresden und CAT Traffic, Cichon Automatisierungstechnik GmbH. Projekt 71183-15-10, April 2016. Gutachten im Auftrag von: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin.
- 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.
- Lükewille, A., Bertok, I., Amann, M., Cofala, J., Gyarmas, F., Heyes, C., Karvosenoja, N., Klimont, Z., Schöpp, W. (2002): A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe. IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR-01-023.
- 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_fagrapporter/rapporter/FR460.PDF.
- Romberg, E., Niemann, H.-J. und Brilon, W. (1986): Windkanaluntersuchungen über die Ausbreitung von Abgasen an Hochleistungsstraßen. 3. Teilstudie. Forschungsbericht im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen vom Institut für Konstruktiven Ingenieurbau und Lehrstuhl für Verkehrswesen I, Ruhruniversität Bochum.

- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-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).
- Stern, R., Yamartino, R. J. (2001): Development and first evaluation of micro-calgrid: a 3-D, urban-canopy-scale photochemical model. Atmospheric Environment 35, S149-S165, ISSN: 13522310
- TREMOT (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.
- TA Luft (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI., 37. J., Nr. 7, S. 95-143).
- TA Luft (2002): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft). GMBI. 2002, Heft 25 - 29, S. 511 - 605.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1. (HBEFA 4.1) (aktualisierte Version vom 03.11.2019). 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.
- Verkehrsdaten (2019): Verkehrsbelastungen. Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung, Erfurt. September 2019.
- VDI 3782 Blatt 1 (2016): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gaußsches Fadenmodell zur Bestimmung von Immissionskenngrößen. Richtlinie

- VDI 3782 Blatt 1. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2016.
- VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, Mai 2020.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): 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, Mai 2017
- VDI 3787 Blatt 4 (2019): Umweltmeteorologie - Methoden zur Beschreibung von Stark- und Schwachwinden in bebauten Gebieten und deren Bewertung (Entwurf), Düsseldorf, September 2019
- VDI 3945 Blatt 3 (2000): Umweltmeteorologie; Atmosphärische Ausbreitungsmodelle; Partikelmodell. Richtlinie VDI 3945 Blatt 3. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf, September 2000.
- Wiedmann, T., Kersten, J., Ballschmiter, K. (2000): Art und Menge von stofflichen Emissionen aus dem Verkehrsbereich, Literaturstudie. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart, Arbeitsbericht Nr. 146/Mai 2000. ISBN 3-932013-84-0, ISSN 0945-9553.
- Wunderlin, D., Klaus, T., Schneider, A., Schläpfer, K. (1999): Emissionsfaktoren ausgewählter Nichtlimitierter Schadstoffe im Straßenverkehr. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Arbeitsunterlage 12, März 1999.

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 (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (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 NO_2 , 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 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 PM_{10} -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 ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	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/m³ 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/m³ 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 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $\text{PM}_{2.5}$ -Richtgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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_x) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 AUSBREITUNGSRECHNUNG MIT MISKAM / LATRANS-KOPPELUNG

A2.1 MISKAM und LATRANS

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungsteil des prognostischen Rechenmodells MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014) und dem nachgeschalteten Lagrange-Ausbreitungsmodell LATRANS, das die in der Richtlinie VDI 3945, Blatt 3 (2000) genannten Anforderungen erfüllt. Der Strömungsteil von MISKAM ermöglicht die realitätsnahe Modellierung der Umströmung von Gebäuden und liefert die für die Lagrange-Ausbreitungsrechnung benötigten dreidimensionalen Windfelder und Turbulenzgrößen (turbulente kinetische Energie, turbulenter Austauschkoefizient).

Bei den Berechnungen der Windfelder und Turbulenzgrößen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI 3783 Blatt 9, (2005)) beachtet.

Das Lagrange-Ausbreitungsmodell LATRANS wurde in den Jahren 1995 bis 1997 im Institut für Umweltschutz des RWTÜV in Essen entwickelt, mit dem Ziel die Ausbreitung von KFZ-Emissionen auf der Grundlage von MISKAM-Strömungsfeldern realitätsnah zu berechnen. Nach der programmtechnischen Umsetzung wurde eine sorgfältige Modellvalidierung vorgenommen. Hierzu wurden umfangreiche Rechnungen durchgeführt, um die rechnerisch ermittelten Konzentrationswerte mit Ergebnissen aus Windkanalexperimenten zu vergleichen. Hierzu wurden unterschiedliche Quell- und Gebäudeanordnungen untersucht, die in den PEF-Projekten (Röckle und Richter (1995), Schädler et al. (1996): und Horsch, et al. (1997)) dokumentiert sind. Hierbei ergaben sich gegenüber dem in MISKAM integrierten Euler-Ausbreitungsmodell zum Teil signifikante Verbesserungen der Prognosegenauigkeit.

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, Emissions-faktoren, 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_x-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 ± 20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle und 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.