

SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK  
AKUSTIK + MEDIEN-TECHNIK  
ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZ  
UMWELTECHNOLOGIE

**PEUTZ**  
CONSULT

**Luftschadstoffuntersuchung zur Änderung der  
Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kas-  
sel – Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912)  
und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung  
Wolfhager Straße**

Bericht C 5219-1 vom 11.06.2019

Auftraggeber: DB Netz AG  
Regionalbereich Mitte  
Projektrealisierung KIB 5  
I.NP-MI-M-K(5)  
Hahnstraße 49  
60528 Frankfurt am Main

Bericht-Nr.: C 5219-1

Datum: 11.06.2019

Ansprechpartner: Herr Streuber

VMPA anerkannte  
Schallschutzprüfstelle  
nach DIN 4109

**Leitung:**

Dipl.-Phys. Axel Hübel

Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram  
Staatlich anerkannter  
Sachverständiger für  
Schall- und Wärmeschutz

Dipl.-Ing. Mark Bless

**Anschriften:**

Peutz Consult GmbH

Kolberger Straße 19  
40599 Düsseldorf  
Tel. +49 211 999 582 60  
Fax +49 211 999 582 70  
dus@peutz.de

Borussiastraße 112  
44149 Dortmund  
Tel. +49 231 725 499 10  
Fax +49 231 725 499 19  
dortmund@peutz.de

Carmerstraße 5  
10623 Berlin  
Tel. +49 30 310 172 16  
Fax +49 30 310 172 40  
berlin@peutz.de

Gostenhofer Hauptstraße 21  
90443 Nürnberg  
Tel. +49 911 477 576 60  
Fax +49 911 477 576 70  
nuernberg@peutz.de

**Geschäftsführer:**

Dr. ir. Martijn Vercammen  
Dipl.-Ing. Ferry Koopmans  
AG Düsseldorf  
HRB Nr. 22586  
Ust-IdNr.: DE 119424700  
Steuer-Nr.: 106/5721/1489

**Bankverbindungen:**

Stadt-Sparkasse Düsseldorf  
Konto-Nr.: 220 241 94  
BLZ 300 501 10  
DE79300501100022024194  
BIC: DUSSEDDXXX

**Niederlassungen:**

Mook / Nimwegen, NL  
Zoetermeer / Den Haag, NL  
Groningen, NL  
Paris, F  
Lyon, F  
Leuven, B

[www.peutz.de](http://www.peutz.de)

## Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	5
3	Beurteilungsgrundlagen.....	9
4	Örtliche Gegebenheiten.....	11
5	Ermittlung der Schadstoffemissionen.....	12
5.1	Straßenverkehr.....	12
5.1.1	Eingangsdaten.....	13
5.1.1.1	Verkehrsdaten.....	13
5.1.1.2	Verkehrssituation und Störungsgrad.....	13
5.1.1.3	Flottenzusammensetzung.....	15
5.1.1.4	Längsneigung.....	16
5.1.1.5	Kaltstartzuschläge.....	16
5.1.1.6	Zusätzliche PM <sub>10</sub> -Emissionsfaktoren Straßenverkehr.....	17
5.1.1.7	Zusätzliche PM <sub>2,5</sub> -Emissionsfaktoren Straßenverkehr.....	18
5.1.2	Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten.....	18
5.1.3	Ergebnisse der Emissionsberechnung.....	18
5.2	Emissionen der DB-Strecken.....	18
6	Weitere Eingangsdaten und Modellbildung.....	20
6.1	Meteorologiedaten.....	20
6.2	Hintergrundbelastung.....	21
6.3	Berechnungsmodell.....	23
7	Durchführung der Immissionsprognose.....	24
7.1	Allgemeine Hinweise.....	24
7.2	Vorgehensweise Bildung NO <sub>2</sub> -Gesamtbelastung.....	24
7.3	Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen.....	25
7.4	Ergebnisdarstellungen.....	26
8	Ergebnisse der Luftschadstoffausbreitungsberechnungen.....	27
8.1	Feinstaub (PM <sub>10</sub> ).....	27
8.2	Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ).....	29
8.3	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	29
8.4	Entwicklung der Luftschadstoffimmissionen bis 2030.....	31
9	Zusammenfassung.....	32

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Die Wolfhager Straße (B 251) in Kassel zwischen der Angersbachstraße und der Zentgrafstraße wird auf einer Strecke von rund 400 Metern von vier Eisenbahnüberführungen gequert (siehe Bild 1.1).

Bild 1.1. Luftbild der Wolfhager Straße und der Eisenbahnüberführungen [31]



Die beiden sich östlich und westlich befindlichen Eisenbahnüberführungen über der Wolfhager Straße der Strecken 3913 / 1733 und 1732 weisen heute eine lichte Weite von 23,0 Metern auf. Bei den Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 handelt es sich um historische Gewölbebrücken mit einer lichten Weite von ca. 7,3 Metern. Diese beiden Überführungen bilden zwei Engstellen, welche nicht gleichzeitig in beiden Fahrrichtungen von größeren Kraftfahrzeugen durchfahren werden können. Hierdurch kommt es in diesem Bereich regelmäßig zu Staus.

Im Rahmen der Erneuerung der Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 soll die Wolfhager Straße auch in diesem Bereich auf eine lichte Weite von 23,0 Metern aufgeweitet werden. Die Wolfhager Straße wird in diesem Zuge vierspurig ausgeführt, wobei der jeweils äußere Fahrstreifen als Busspur dem öffentlichen Nahverkehr vorbehalten sein soll. Der übrige Kraftfahrzeugverkehr fährt auf den beiden mittleren Spuren. Hierdurch soll der Verkehrsfluss und die Leistungsfähigkeit (Kapazität) der Wolfhager Straße deutlich verbessert werden. Ferner wird die Höchstgeschwindigkeit auf diesem Abschnitt von heute 30 km/h aufgrund des Begegnungsverkehrs an den Engstellen auf zukünftig 50 km/h erhöht.

Hierzu ist eine mikroskalige lufthygienische Untersuchung mit Ausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) durchzuführen. Die Berechnungen zu den verkehrlichen Luftschadstoffen werden mit der aktuellen Version 6.3 des prognostischen Windfeld- und Ausbreitungsmodells MISKAM (Mikroskaliges Ausbreitungsmodell) durchgeführt.

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden auf Grundlage des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (3.3) bestimmt. Die städtische Hintergrundbelastung im Plangebiet wird anhand von Messwerten umliegender Hintergrundmessstationen ermittelt. Die berechneten Immissionen werden mit den Grenzwerten der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [2] verglichen und beurteilt.

Die Fertigstellung des Projektes ist für das Jahr 2024 vorgesehen. Daher wird im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung als Prognosejahr das Jahr 2024 verwendet.

Es werden nachfolgend die Fälle:

- Nullfall: Heutige bauliche Situation, Verkehrsmengen im Umfeld, Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzung für das Jahr 2024
- Planfall: Zukünftige bauliche Situation mit Realisierung des Bauvorhabens, Verkehrsmengen im Umfeld unter Berücksichtigung des Planvorhabens, Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzungen für das Jahr 2024

unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung untersucht.

## 2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	<b>BImSchG</b> Bundes-Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G Aktuelle Fassung
[2]	<b>39. BImSchV</b> 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen	Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 40 vom 05.08.2010, Seite 1065 ff	V 02.08.2010
[3]	<b>35. BImSchV</b> Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung	Bundesgesetzblatt I vom 07.02.2007	V Februar 2007
[4]	<b>EG-Richtlinie 96/62/EG</b> EG-Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 296 vom 21.11.1996, Seite 55	V 27.09.1996
[5]	<b>EG-Richtlinie 1999/30/EG</b> EG-Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie),	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 163 vom 29.06.1999, Seite 41, geändert durch Entscheidung 2001/744/EG vom 17.10.2001	V 22.04.1999
[6]	<b>EG-Richtlinie 2000/69/EG</b> EG-Richtlinie über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (2. Tochterrichtlinie)	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 313 vom 13.12.2000, Seite 12	V 16.11.2000
[7]	<b>EG-Richtlinie 2002/3/EG</b> EG-Richtlinie über den Ozongehalt in der Luft (3. Tochterrichtlinie)	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 67 vom 09.03.2002, Seite 14	V 09.03.2002
[8]	<b>EG-Richtlinie 2004/107/EG</b> EG-Richtlinie über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft (4. TR)	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 23 vom 26.01.2005, Seite 2	V 26.01.2005
[9]	<b>EG-Richtlinie 2008/50/EG</b> EG-Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa	Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 152 vom 11.06.2008	V 11.06.2008

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[10] <b>VDI 3782, Blatt 7</b> Kfz-Emissionsbestimmung	Kommission Reinhaltung der Luft, Kfz-Emissionsbestimmung	RIL	November 2003
[11] <b>VDI 3945, Blatt 3</b>	Kommission Reinhaltung der Luft, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle	RIL	September 2000
[12] Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Kassel – 1.Fortschreibung	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	Lit.	Stand: August 2011
[13] <b>RLuS 2012</b> Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	RIL	Ausgabe 2012
[14] <b>HBEFA</b> , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2	Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz	Lit.	Juli 2014
[15] <b>HBEFA</b> , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3	Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz	Lit.	April 2017
[16] Handbuch IMMISem/luft/lärm zur Version 7	IVU Umwelt GmbH	Lit.	Juni 2017
[17] PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen	Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Heft V125, BASt, Berg.-Gladbach	Lit.	Juni 2005
[18] Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs	Düring, I., Lohmeyer, A. Für das sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	Lit.	Juni 2011
[19] EMEP/EEA Air pollutant emissions inventory guide book 2009, EEA Technical Report 2009	European Environment Agency	Lit.	2009
[20] Windstatistik der Jahre 2014 bis 2018 der HLUG-Station Kassel-Mitte	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Lit.	2014 - 2018
[21] MERKBLATT Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebenden Anemometerhöhe	Deutscher Wetterdienst (DWD) Dipl. Met. Joachim Namyslo	Lit.	Oktober 2014
[22] Automatische Klassifizierung der Luftschadstoff-Immissionsmessungen aus dem LIMBA-Meßnetz, Anwendung, 3. Teilbericht	IVU Umwelt GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes	Lit.	Juli 2002

Titel / Beschreibung / Bemerkung			Kat.	Datum
[23]	Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid, UFOPLAN 20442 222	Diegmann, V. et al.	Lit.	2006
[24]	Ausbreitungsberechnungen zur flächendeckenden Ermittlung der Luftqualität in Hessen als Grundlage der Luftreinhalteplanung	IVU Umwelt GmbH, im Auftrag des HMUKLV	Lit.	25.01.2017
[25]	Jahreskenngrößen der HLUG-Messstation Kassel-Mitte für die Jahre 2010- 2018	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie	Lit.	2010- 2018
[26]	LOD1-Modell im CityGML-Format des Untersuchungsgebietes	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	Eingang: 25.03.2019
[27]	Digitales Geländemodell des Untersuchungsgebietes	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	P	Eingang: 25.03.2019
[28]	MISKAM Handbuch zur Version 6	giese-eichhorn – umweltmeteorologische Software	Lit.	2011
[29]	Luftschadstoffemissionsdaten der DB-Strecken 1732, 1733, 3912 und 3913 auf Basis des Fahrplanes 2017	DB Umweltzentrum Berlin	P	11.04.2019
[30]	Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragener Schadstoffe des Schienenverkehrs	Immissionsschutz 4, pp 169-175	Lit.	Dezember 2007
[31]	Erläuterungsbericht (Vorentwurf) zur Aufweitung Wolfhager Straße und Verrohrung Angersbach	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	Lit,	Version 0.2 Stand: 24.08.2018
[32]	Lageplan Straßenbau (Vorentwurf) zur Aufweitung Wolfhager Straße und Verrohrung Angersbach	DB Engineering & Consulting GmbH	P	Planstand: 24.08.2018
[33]	Bauwerkspläne der EÜ	DB Engineering & Consulting GmbH	P	Planstand: August 2018
[34]	Verkehrsprognose zur Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße - Schlußbericht	Gertz Gutsche Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität Planung Beratung Forschung GbR	Lit.	10.12.2018 mit Ergänzungen vom 23.03.2019
[35]	Ergänzende Angaben zu Busanteilen auf der Wolfhager Straße und Zentgrafestraße	Gertz Gutsche Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität Planung Beratung Forschung GbR	P	E-Mail vom 24.04.2019

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[36]	Ergänzende Angaben zur Kapazität der Wolfhager Straße im Bestand und Planfall	Gertz Gutsche Rümenapp Stadtentwicklung und Mobilität Planung Beratung Forschung GbR	P E-Mail vom 08.05.2019
[37]	LVL-Plan Rangierbahnhof Kassel	DB Netze	P 10.11.2015

Kategorien:

G	Gesetz	N	Norm
V	Verordnung	RIL	Richtlinie
VV	Verwaltungsvorschrift	Lit	Buch, Aufsatz, Bericht
RdErl.	Runderlass	P	Planunterlagen / Betriebsangaben

### 3 Beurteilungsgrundlagen

Grundlage der Bewertung bildet ein Vergleich der prognostizierten Schadstoffimmissionen für verschiedene Luftschadstoffe mit den vom Gesetzgeber festgelegten Immissionsgrenzwerten.

Im Rahmen der Harmonisierung der europäischen Normen und Richtlinien sind europaweit Rahmenrichtlinien zur Ermittlung und Beurteilung der Luftqualität festgesetzt worden. Grundlage hierfür ist die Luftqualitätsrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft Nr. 96/62/EG vom 27.09.1996 [4]. Die darin beschriebenen Ziele und Prinzipien werden in z.Z. vier "Tochterrichtlinien" präzisiert.

Seit dem 11.06.2008 sind die Luftqualitätsrahmenrichtlinie [4] und die ersten drei Tochterrichtlinien [5][6][7] zur „Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ zusammengefasst worden [9]. Hierin wurden die bisherigen Immissionsgrenzwerte bestätigt und ein neuer Zielwert für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) eingeführt.

Mit Inkrafttreten der 22. BImSchV (2002) wurden die in den ersten drei Tochterrichtlinien festgelegten Immissionsgrenzwerte für die hier zu betrachtenden Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) und Feinstaub (PM<sub>10</sub>) im September 2002 in deutsches Recht übernommen und waren seitdem als Beurteilungsgrundlage heranzuziehen. Sie ersetzte die bis dahin geltenden Immissionswerte der alten 22. BImSchV vom Oktober 1993.

Im Jahr 2007 wurden die Immissionsgrenzwerte der vierten Tochterrichtlinie [8] (z.B. für Ozon) in die 22. BImSchV mit aufgenommen. Diese wurden bisher in der 23. BImSchV festgelegt. Durch die Integration dieser Grenzwerte in die 22. BImSchV wurde die 23. BImSchV 2006 aufgehoben.

Mit Einführung der 39. BImSchV [2] "39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen)" am 02.08.2010 erfolgte dann die Umsetzung der Richtlinie 2008/50/EG in deutsches Recht. Die 39. BImSchV hebt weiterhin die 22. sowie 33. BImSchV auf. Mit Ausnahme der neuen Ziel- und Grenzwerte für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) ergeben sich für die übrigen Grenzwerte gegenüber der 22. und 33. BImSchV keine Veränderungen.

Die verkehrsrelevanten Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV sind als Auszug in der nachfolgenden Tabelle 3.1 aufgeführt.

Tabelle 3.1: Auszug Immissionsgrenzwerte (**fett gedruckt**) der verkehrsrelevanten Luftschadstoffe gemäß 39. BImSchV [2]

	Luftschadstoff										
	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>
	<b>350</b>	<b>125</b>	<b>500</b>	<b>200</b>	<b>40</b>	<b>400</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
Typ	IGW, SMW	IGW, TMW	ALM, SMW	IGW, SMW	IGW, JMW	ALM, SMW	IGW, TMW	IGW, JMW	IGW, JMW	IGW, JMW	IGW, AMW
Zulässige Überschrei- tungen pro Jahr	24	3	-	18	keine	-	35	keine	keine	keine	keine

**IGW:** Immissionsgrenzwert bei 293 °K, 101,3 kPa; **ALM:** Alarmschwelle; **SCW:** Schwellenwert

**JMW:** Jahresmittelwert; **TMW:** Tagesmittelwert; **AMW:** Achtstundenmittelwert; **SMW:** Stundenmittelwert

Die zulässigen 35 Überschreitungstage des Tagesmittelwertes für PM<sub>10</sub> von 50 µg/m<sup>3</sup> entsprechen in etwa einem 90-Perzentil-Wert von 50 µg/m<sup>3</sup>. Die zulässigen 18 Überschreitungen pro Kalenderjahr des maximalen Stundenwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub> entsprechen in etwa dem 99,8-Perzentil-Wert von 200 µg/m<sup>3</sup>.

Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV [2] zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden weiter gemäß Anlage 3 Punkt A.2.c der 39. BImSchV an folgenden Orten nicht beurteilt:

- an Orten innerhalb von Bereichen, zu denen die Öffentlichkeit keinen Zugang hat und in denen es keine festen Wohnunterkünfte gibt;
- [...] auf dem Gelände von Arbeitsstätten, für die alle relevanten Bestimmungen über Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz gelten;
- auf den Fahrbahnen der Straßen und, sofern Fußgänger und Fußgängerinnen für gewöhnlich dorthin keinen Zugang haben, auf dem Mittelstreifen der Straßen.

#### **4 Örtliche Gegebenheiten**

Die Wolfhager Straße (B 251) zwischen der Angersbachstraße und der Zentgrafenstraße wird auf einer Strecke von rund 400 Metern von vier Eisenbahnüberführungen gequert.

Die sich östlich und westlich befindlichen Eisenbahnüberführungen der Strecken 3913 / 1733 und 1732 weisen heute eine lichte Weite von 23,0 Metern auf. Bei den Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 handelt es sich um historische Gewölbebrücken mit einer lichten Weite von ca. 7,3 Metern. Diese beiden Überführungen bilden zwei Engstellen, welche nicht gleichzeitig in beiden Fahrtrichtungen von größeren Kraftfahrzeugen durchfahren werden können. Hierdurch kommt es in diesem Bereich regelmäßig zu Staus.

Im Verlauf der Wolfhager Straße westlich der Zentgrafenstraße existieren im Bestand je Fahrtrichtung eine Busspur. Diese enden vor der Eisenbahnüberführung an der Zentgrafenstraße.

Im Rahmen der Erneuerung der Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 soll die Wolfhager Straße auch in diesem Bereich auf eine lichte Weite von 23,0 Metern aufgeweitet werden. Die Wolfhager Straße wird in diesem Zuge vierspurig ausgeführt, wobei der jeweils äußere Fahrstreifen als Busspur dem öffentlichen Nahverkehr vorbehalten sein soll und die bestehenden Busspuren bis zur Angersbachstraße weiterführt. Der übrige Kraftfahrzeugverkehr fährt auf den beiden mittleren Spuren. Hierdurch soll der Verkehrsfluss und die Leistungsfähigkeit (Kapazität) der Wolfhager Straße deutlich verbessert werden. Ferner wird die Höchstgeschwindigkeit auf diesem Abschnitt von heute 30 km/h aufgrund des Begegnungsverkehrs an den Engstellen auf zukünftig 50 km/h erhöht.

Die heutige bauliche Situation (Nullfall) ist in den Anlagen 1.2 (2D) und 1.3 (3D) dargestellt. In den Anlagen 1.4 (2D) und 1.5 (3D) ist die zukünftige bauliche Situation (Planfall) dargestellt. Anlage 1.1 zeigt einen Lageplan der Baumaßnahme.

## 5 Ermittlung der Schadstoffemissionen

### 5.1 Straßenverkehr

Die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt mit Hilfe des Emissionsprogramms IMMIS<sup>em</sup> in der aktuellen Version 7.005 [16]. Das Emissionsprogramm verwendet hierbei die im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) Version 3.3 [15] hinterlegten Emissionsfaktoren.

Das im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelte HBEFA stellt Emissionsfaktoren für die gängigsten Fahrzeugtypen zur Verfügung (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Linien- und Reisebusse sowie Motorräder), differenziert nach Emissionskonzepten (Euro 0 bis Euro VI) sowie nach verschiedenen Verkehrssituationen. HBEFA liefert Emissionsfaktoren für alle reglementierten sowie eine Reihe von nicht-reglementierten Schadstoffen, einschließlich CO<sub>2</sub> und Kraftstoffverbrauch.

Das Handbuch stellt den Benutzern Emissionsfaktoren pro km oder Verkehrsvorgang in Abhängigkeit verschiedener Parameter zur Verfügung. Nachfolgend sind die wichtigsten Parameter aufgeführt:

- nach Emissionsarten („warme Emissionsfaktoren, Kaltstartzuschläge und Verdampfungsemissionen)
- nach Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge < 3,5t, schwere Nutzfahrzeuge > 3,5t, Linien- und Reisebusse, Motorräder)
- nach Bezugsjahr der Flottenzusammensetzung (1990 – 2030)
- nach Schadstoff (z.B. NO<sub>x</sub>, Partikel, Benzol, CO<sub>2</sub>, Kraftstoffverbrauch u.a.)
- nach Verkehrssituation und Längsneigung

Die Ergebnisse können in unterschiedlichem Detaillierungsgrad abgefragt werden:

- als „gewichteter Emissionsfaktor“: darin sind die verschiedenen Fahrzeugschichten länderspezifisch entsprechend ihren Fahrleistungsanteilen gewichtet
- „je Emissionskonzept“: Diese Option gibt zusätzlich die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkonzepte an (z. B. nach EURO-Klassen)
- „je Kraftstoffkonzept“: Diese Option liefert zusätzlich die Emissionsfaktoren der Kraftstoffkonzepte Otto- und Diesel-Fahrzeuge
- „je Fahrzeugschicht“: Diese Option gibt zusätzlich die Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugschichten an (z. B. Gkat-Pkw mit Hubraum < 1,4l, mit Hubraum 1,4-2,0l, mit Hubraum > 2,0 l etc.

## **5.1.1 Eingangsdaten**

### **5.1.1.1 Verkehrsdaten**

Für die Berechnung der verkehrlichen Schadstoffemissionen werden Angaben zu den Verkehrsmengen auf den Straßen im Untersuchungsraum benötigt. Mindestens werden Angaben zur durchschnittlichen täglichen Verkehrsmenge (DTV-Wert) sowie zu den Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5t benötigt.

Für die Maßnahme zur Aufweitung der Wolfhager Straße liegt ein Verkehrsgutachten mit DTV-Werte und Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5t für den Nullfall und Planfall vor [34]. Da die auf der Wolfhager Straße und Zentgrafenstraße verkehrenden Linienbusse im Anteil schwerer Nutzfahrzeuge enthalten sind, wurden durch den Verkehrsgutachter ergänzende Informationen zum Busfahrtenaufkommen gemäß dem aktuellen Fahrplan geliefert [35], so dass diese explizit für die Emissionsberechnungen berücksichtigt werden können. Hiernach verkehren auf der Wolfhager Straße 255 Busse / Tag (127 in Richtung Ost und 128 in Richtung West) sowie auf der Zentgrafenstraße 63 Busse / Tag (31 in Richtung Nord und 32 in Richtung Süd). Für den Planfall werden dieselben Werte wie für den Nullfall angenommen, da die Buslinien in diesem Bereich jüngst im Angebot ausgeweitet wurden und zu erwarten ist, dass diese Struktur längere Zeit unverändert bleiben wird [35].

Angaben zum Anteil von leichten Nutzfahrzeugen (INfz) am durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) liegen im Verkehrsgutachten nicht direkt vor. Jedoch kann der Anteil von leichten Nutzfahrzeugen (INfz) gemäß der in Kapitel 2.2 des Verkehrsgutachtens [34] beschriebenen Vorgehensweise aus den Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge berechnet werden. Diese Vorgehensweise wurde nachfolgende angewendet. Die sich hieraus ergebenden Anteile leichter Nutzfahrzeuge sind in den Anlagen 2.2 und 2.3 dokumentiert. Da leichte Nutzfahrzeuge in der Regel höhere Luftschadstoffemissionen als PKWs aufweisen, sollten diese berücksichtigt werden.

Leichte Nutzfahrzeuge sind Kraftfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 Tonnen. Hierzu zählen z. B. auch Kleinbusse oder Wohnmobile. Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 Tonnen werden als schwere Nutzfahrzeuge (sNFz) bezeichnet.

### **5.1.1.2 Verkehrssituation und Störungsgrad**

Mit Einführung des HBEFA ab der Version 3.x wurden als eine wesentliche Änderung gegenüber der Version 2.1 von 2004 die Verkehrssituationen neu definiert. Es liegen nun 276 mögliche Verkehrssituationen vor, welche sich in ländlich bzw. städtische Prägung, dem Straßentyp, dem geltenden Tempolimit sowie vier Verkehrsqualitäten gliedern. Die Verkehrsqualität

(Level of Service – kurz LOS) auf einem Straßenabschnitt wird in vier Stufen im HBEFA 3.3 berücksichtigt. Diese sind „freier Verkehr“ (LOS1), „dichter Verkehr“ (LOS2), „gesättigter Verkehr“ (LOS3) und „Stop&Go“ (LOS4). Für jede dieser Qualitätsstufen liegen ebenfalls Emissionsfaktoren vor.

Die sich hieraus ergebenden möglichen Verkehrssituationen des HBEFA 3.3 sind in der folgenden Tabelle 5.1 dargestellt:

Tabelle 5.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.3 [15]

Gebiet	Straßentyp	Verkehrszustand; (LOS) Level of Service	Tempolimit												
			30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130	
Ländlich geprägt (rural)	Autobahn	flüssig, gesättigt, dicht, Stop+Go						x	x	x	x	x	x	x	
	Semi-Autobahn								x		x				
	Fern-, Bundesstraße					x	x	x	x	x	x				
	Hauptverkehrsstraße, gerade				x	x	x	x	x	x					
	Hauptverkehrsstraße, kurvig				x	x	x	x	x	x					
	Sammelstraße, gerade				x	x	x	x							
	Sammelstraße, kurvig				x	x	x	x							
	Erschließungsstraße		x	x	x										
	Städtisch geprägt (Agglo)		Autobahn						x	x	x	x	x	x	x
Stadt-Autobahn						x	x	x	x	x	x				
Fern-, Bundesstraße						x	x	x	x	x					
Städt. Magistrale / Ringstraße					x	x	x	x	x						
Hauptverkehrsstraße					x	x	x	x							
Sammelstraße					x	x									
Erschließungsstraße			x	x	x										

Für die mit einem Kreuz markierten Verkehrssituationen liegen Emissionsfaktoren vor.

Die Einordnung der Straßen im Untersuchungsgebiet zu einem Straßentyp erfolgte anhand der Straßenkategorie sowie den im Straßennetz geltenden Tempolimits.

Im Verlauf eines Tages liegen auf einem innerstädtischen Straßenabschnitt in der Regel verschiedene Verkehrsqualitäten (Level of Service, kurz LOS) vor. Die tageszeitlich wechselnde Verkehrsqualität wird mit den vier Stufen „freier Verkehr“ (LOS1), „dichter Verkehr“ (LOS2), „gesättigter Verkehr“ (LOS3) und „Stop&Go“ (LOS4) durch entsprechend variierende Emissionsfaktoren im HBEFA 3.3 berücksichtigt. Mit höherem Level of Service, also abnehmender Verkehrsqualität nehmen die Luftschadstoffemissionen, also der Luftschadstoffausstoß der Kraftfahrzeuge, zu.

Die Verkehrsqualität in einem Straßenabschnitt hängt dabei von der Gebietseinstufung (ländlich oder städtisch), dem Straßentyp, der Anzahl vorhandener Fahrstreifen, dem Tagesgang, der Verkehrsmenge mit Schwerverkehrsanteil und einem Wichtungsfaktor für schwere Nutzfahrzeuge ab. Diese Faktoren bestimmen, welche die Kapazität ein Straßenabschnitt in Fahrzeugen pro Stunde und Fahrstreifen hat. In Abhängigkeit von Schwellenwerten, welche weiter nach innerorts (IO), außerorts (AO) und Autobahn (AB) klassifiziert sind, ergeben sich die Kapazitäten bei deren Überschreitung die Verkehrsqualität in den nächsten LOS wechselt.

Im Emissionsmodell IMMIS<sup>em</sup> liegen hierzu entsprechende Angaben zu Kapazitäten, Schwellenwerten und Tagesgängen vor. Falls diese Angaben projektbezogen z. B. aus Verkehrszählungen bekannt sind, können auch benutzerdefinierte Einstellungen gewählt werden. In der Version 7.005 des Emissionsmodells IMMIS<sup>em</sup> liegen zusätzliche Emissionsfaktoren für eine innerstädtische Hauptverkehrsstraße mit Tempo 30 vor, welche auf Basis der Emissionsfaktoren für eine Hauptverkehrsstraße mit Tempo 50 abgeleitet wurden [16].

Für Tagesgänge stehen die vier standardisierten Tagesgänge „small peak“, „doublepeak“, „wide peak“ und „no peak“ zur Verfügung. Diese beschreiben im wesentlichen das Auftreten keiner, einer oder zweier ausgeprägter Verkehrsspitzen im Tagesverlauf. Im Falle von Einfall- und Ausfallstraßen einer Stadt sind diese Tagesgänge, falls keine ausgeprägte Doppelspitze vorliegt, den Fahrtrichtungen aus bzw. in die Stadt entsprechend zuzuordnen, falls z. B.: morgens deutlich mehr Pendler eine Stadt verlassen als in die Stadt einfahren und abends umgekehrt. Grundsätzlich können auch reale Tagesgänge aus entsprechenden Verkehrserfassungen im Untersuchungsgebiet berücksichtigt werden.

Im vorliegenden Fall wurde für alle Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet der standardisierte Tagesgang „doublepeak“ verwendet. Anhand typischer Straßenkapazitäten sowie den zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen wurde die LOS-Verteilung pro Straßenabschnitt von IMMIS<sup>em</sup> automatisiert berechnet.

Durch die Aufweitung der Wolfhager Straße wird eine Erhöhung der Kapazität pro Fahrstreifen erreicht. Diese steigt von 800 Kfz/h und Fahrstreifen im Nullfall auf 1.200 Kfz/h und Fahrstreifen im Planfall. Die vorgesehene Kapazitätserhöhung wurde bei den Emissionsberechnungen explizit berücksichtigt. Diese Maßnahme führt zu einer Verstetigung des Verkehrs [36].

### **5.1.1.3 Flottenzusammensetzung**

Zur Berechnung der Schadstoffemissionen eines Straßenabschnittes sind Angaben zum Bezugsjahr der zu erstellenden Luftschadstoffberechnung, das Prognosejahr, erforderlich, da die Zusammensetzung der Kraftfahrzeugflotte sich in Abhängigkeit des Prognosejahres auf-

grund von Gesetzgebungen zu Emissionshöchstgrenzen ständig verändert. Neuere Fahrzeuge mit höheren Abgasnormen ersetzen dabei zunehmend alte Fahrzeuge, was insgesamt zu einer Abnahme des Luftschadstoffausstoßes der Gesamtflotte führt. Bei gleicher Anzahl von Kraftfahrzeugen in gleicher Zusammensetzung von PKW, INfz und sNfz sinken die Emissionen der Gesamtflotte somit von Jahr zu Jahr.

Bei der Emissionsberechnung wurde auf den im HBEFA 3.3 hinterlegten mittleren bundesdeutschen Flottenmix „BAU“ zurückgegriffen.

Die Stadt Kassel verfügt über keine Umweltzone [12]. Daher sind keine weiteren Anpassungen der Fahrzeugflotte erforderlich.

#### **5.1.1.4 Längsneigung**

Die Längsneigung einer Straße hat einen großen Einfluss auf die Menge der ausgestoßenen Emissionen, da bergauf fahrende Kfz deutlich mehr Schadstoffe emittieren als bergab fahrende Kfz. Zur Berücksichtigung dieses Effekts liegen im HBEFA neigungsabhängige Emissionsfaktoren in Schritten von 2 % von -6 % bis +6 % vor. In IMMIS<sup>em</sup> kann die Neigung mit einer Nachkommastelle angegeben werden. Der entsprechende Emissionsfaktor wird, falls die Neigung innerhalb des Wertebereichs des HBEFA liegt, mit Hilfe der im HBEFA hinterlegten Stützstellen interpoliert, falls die Neigung außerhalb des Wertebereichs liegt, extrapoliert.

Die Längsneigung der Straßen im Untersuchungsgebiet wurde mit Hilfe eines hochauflösenden digitalen Geländemodells (DGM) überprüft und bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

#### **5.1.1.5 Kaltstartzuschläge**

Ein Kraftfahrzeug stößt, nachdem es ab- bzw. ausgekühlt ist, mehr Luftschadstoffe aus als nach Erreichen der Betriebstemperatur. Im Durchschnitt ist davon auszugehen, dass ein Fahrzeug erst nach einer Standzeit von 8 Stunden vollständig ausgekühlt, bzw. der Außentemperatur angeglichen ist.

Je nach Standzeit, Außentemperatur und Fahrstrecke (z. B. nur innerstädtisch, oder nach kurzer Zeit auf der Autobahn) ist die Betriebstemperatur nach kürzerer oder längerer Zeit bzw. Fahrstrecke erreicht. Die Differenz zwischen den erhöhten Emissionen während des Erreichens der Betriebstemperatur und den Emissionen im betriebswarmen Zustand wird als Kaltstartzuschlag bezeichnet. Maßgeblich für den erhöhten Luftschadstoffausstoß ist die Aufheizphase des Katalysators, welcher erst nach der Aufheizphase seine vollständige Reinigungsleistung erreicht.

Otto-Fahrzeuge ohne Katalysator können zu Beginn der Fahrt weniger Stickoxide (NO<sub>x</sub>) ausstoßen als bei betriebswarmem Zustand, da die hier niedrigere Verbrennungstemperatur dann zu geringeren NO<sub>x</sub>-Emissionen führt (negativer Kaltstartzuschlag). Solche Fahrzeuge sind in der Kraftfahrzeugflotte in Deutschland aber praktisch nicht mehr vorhanden.

Das HBEFA stellt Kaltstartzuschläge in [g/Start] differenziert nach Luftschadstoffen und Emissionskonzepte und weiter aufgeteilt nach Fahrtweite, Standzeit und Temperatur zur Verfügung. Für das Emissionsmodell IMMIS<sup>em</sup> wurden diese gemäß VDI 3782 Blatt 7 [10] basierend auf typisierten Fahrtweitenverteilungen, Standzeitenverteilungen, Verkehrsverteilungen und Temperaturganglinien in [g/km] umgerechnet. Hieraus ergeben sich jeweils Kaltstartfaktoren für die drei funktionalen Straßentypen "Wohn-; residential", "Geschäfts-; commercial" und "Einfallstraßen; radial Streets".

### 5.1.1.6 Zusätzliche PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren Straßenverkehr

Da im HBEFA selbst keine Angaben zu Emissionsfaktoren für Partikelemissionen (PM<sub>10</sub>) durch Reifen- und Straßenabrieb, sowie Bremsbelags- und Kupplungsverschleiß enthalten sind, wird bei der Emissionsberechnung mit IMMIS<sup>em</sup> für diese Emissionsbeiträge auf Literaturansätze [18] zurückgegriffen. Darin wurden die in der nachfolgenden Tabelle 5.2 zusammengestellten Emissionsfaktoren für Aufwirbeln und Abrieb entwickelt.

Tabelle 5.2: Spezifische PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb (AWAR) in Abhängigkeit der Verkehrssituation, unabhängig von einem Bezugsjahr

Verkehrssituation gemäß HBEFA 3.3	Pkw und LNF [mg/km]	Lkw [mg/km]
Alle ländlichen VS unabhängig vom Tempolimit und LOS	30	130
Agglo/AB/; Agglo/Semi-AB/ unabhängig vom Tempolimit und LOS	30	130
Agglo/HVS/xx/flüssig unabhängig von Tempolimit	26	100
Agglo/HVS/xx/dicht unabhängig von Tempolimit	33	350
Agglo/HVS/xx/gesättigt unabhängig von Tempolimit	35	500
Agglo/HVS/xx/StGo unabhängig von Tempolimit	45	1200
Agglo/Sammel/xx/flüssig unabhängig von Tempolimit	26	100
Agglo/Sammel/xx/dicht unabhängig von Tempolimit	33	350
Agglo/Sammel/xx/gesättigt unabhängig von Tempolimit	40	700
Agglo/Sammel/xx/StGo unabhängig von Tempolimit	45	1200
Agglo/Erschließung/30/flüssig	26	280
Agglo/Erschließung/40/flüssig	30	320
Agglo/Erschließung/xx/flüssig für Tempolimit größer/gleich 50km/h	33	350
Agglo/Erschließung/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	35	500
Agglo/Erschließung/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	45	1200

Verkehrssituation gemäß HBEFA 3.3	Pkw und LNF [mg/km]	Lkw [mg/km]
Agglo/Erschließung/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1200
Agglo/Fernstraße-City/xx/flüssig unabhängig vom Tempolimit	26	100
Agglo/Fernstraße-City/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	33	350
Agglo/Fernstraße-City/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	40	700
Agglo/Fernstraße-City/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1200

Unter Verwendung der o.g. PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Abrieb und Aufwirbelung, die zu den Emissionen aus dem Auspuff hinzugerechnet werden, lassen sich PM<sub>10</sub>-Zusatzemissionen ermitteln.

#### 5.1.1.7 Zusätzliche PM<sub>2,5</sub>-Emissionsfaktoren Straßenverkehr

Durch Reifenabrieb, Brems- und Straßenabrieb entstehen auch zusätzliche PM<sub>2,5</sub>-Emissionen. Die Berechnung der zusätzlichen PM<sub>2,5</sub>-Emissionen erfolgt in IMMIS<sup>em</sup> gemäß dem Emission Inventory Guidebook der EMEP [19]. Demnach lassen sich die Emissionsfaktoren für Feinstaub PM<sub>2,5</sub> in Abhängigkeit von der Art des Abriebs, der Geschwindigkeit, der Fahrzeugklasse und dem Beladungsgrad ermitteln.

#### 5.1.2 Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten

In Anlage 2.2 sind die wichtigsten Eingangsparameter für die Emissionsberechnung der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet für den Nullfall und Planfall tabellarisch aufgeführt. Die räumliche Einordnung der aufgelisteten Straßenabschnitte kann mit dem Übersichtsplan in Anlage 2.1 vorgenommen werden.

#### 5.1.3 Ergebnisse der Emissionsberechnung

Mit der beschriebenen Methodik und den aufgeführten Eingangsdaten wurden die Emissionen der im Untersuchungsgebiet verlaufenden Straßenabschnitte für die zu untersuchenden Schadstoffe PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> und NO<sub>x</sub> mit dem Emissionsprogramm IMMIS<sup>em</sup> für den Nullfall und den Planfall mit Prognosehorizont 2024 berechnet. Die Ergebnisse der Emissionsberechnung sind in Anlage 2.2 aufgeführt.

### 5.2 Emissionen der DB-Strecken

Das Umweltzentrum der Deutschen Bahn AG hat ein Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragener Schadstoffe des Schienenverkehrs entwickelt [30]. Hiermit können die Luftschadstoffemissionen des Schienenverkehrs für verschiedene Luftschadstoffe und Quellen ermittelt werden. Darin wird nach verbrennungsbedingten und abriebbeding-

ten Emissionen unterschieden. Die verbrennungsbedingten Emissionen stellen die „klassischen“ durch die Verbrennung eines Treibstoffes entstehenden Luftschadstoffemissionen dar und sind z. B. Feinstaub (PM<sub>10</sub>), Stickoxide, Kohlenmonoxid und weitere. Die abriebbedingten Emissionen entstehen durch den Bremsabrieb, den Rad- / Schienenabrieb und den Fahrdrabtrieb.

Mit Hilfe dieses Modellsystems können die Emissionen des Personennah- und fernverkehrs sowie des Güterverkehrs für Triebwagen und Wagenmaterial sowohl der Deutschen Bundesbahn als auch von Drittanbietern ermittelt werden.

Die Emissionsdaten der im Untersuchungsgebiet verlaufenden Strecken der DB AG in Düsseldorf wurden vom Umweltzentrum der Deutschen Bahn AG ermittelt [29] und uns zur Verfügung gestellt. Die Emissionsdaten beziehen sich hierbei auf den Fahrplan des Jahres 2017.

Da durch das Umweltzentrum der Deutschen Bahn AG zurzeit noch keine Emissionsdaten für zukünftige Fahrpläne zur Verfügung gestellt werden können, werden die unten aufgeführten Emissionen für das Jahr 2017 unverändert auch für das Prognosejahr 2024 verwendet.

Die Feinstaubemissionen des Schienenverkehrs (Abgasemissionen und Emissionen durch Fahrdrabt-, Brems- und Rad- / Schienenkontaktabrieb) fallen zu 100 % in die Fraktion PM<sub>10</sub>, ohne Anteile in der Fraktion PM<sub>2,5</sub>.

Tabelle 5.3: Luftschadstoffemissionen der DB-Strecken im Untersuchungsgebiet [29]

Strecke	Emission [g/m*Tag]		
	NO <sub>x</sub> Abgas	PM <sub>10</sub>	
		Abgas	Abrieb
1732_FK H_FKR N	0,0110	0,0004	0,0527
1733_FKWNB_FKWK	0,2396	0,0096	1,9251
3912_FKR_FKR S	0,6587	0,0466	0,8095
3913_FKR_FKR S	2,1768	0,1261	2,1681

Die Emissionen wurden im digitalen Simulationsmodell als Linienquellen mit einer Höhe von 0,6 m über Bahndamm für die Emissionen durch den Abrieb und 4,0 m über Grund für die Abgasemissionen modelliert und ggfs. auf mehrere Gleise (Linienquellen) aufgeteilt.

Die Lage der berücksichtigten Streckenabschnitte kann der Anlage 2.4 entnommen werden.

In den Anlagen der Gesamtbelastungen für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) sind diese Zusatzimmissionen entsprechend mit berücksichtigt worden.

## 6 Weitere Eingangsdaten und Modellbildung

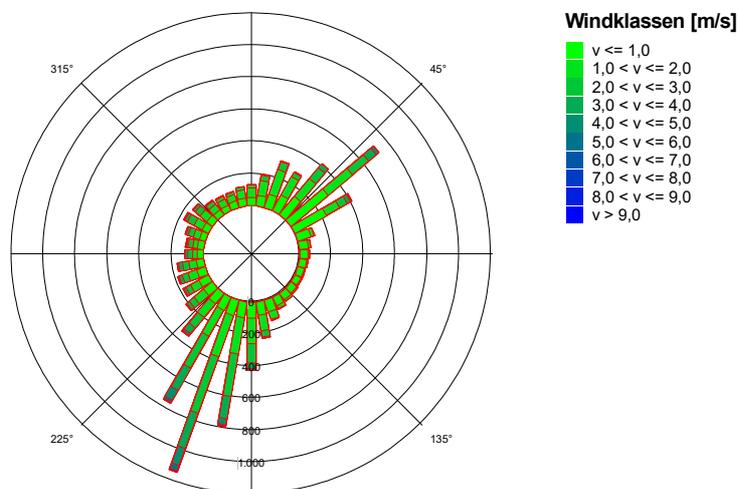
### 6.1 Meteorologiedaten

In Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Kassel wird eine langjährige Windstatistik der HLUg-Station Kassel-Mitte der Jahre 2014 bis 2018 zur Berechnung des Windfeldes verwendet. Die Windmessung erfolgt auf dem Dach des Gebäudes Ludwig-Mond-Straße 33 in einer Messhöhe von 28 Metern über Grund.

Die Kenngrößen der Windgeschwindigkeiten wurden auf Grundlage kontinuierlicher Windgeschwindigkeitsmessungen an der Station Kassel-Mitte des HLUg ermittelt. Für die Immissionsprognose wurde eine Statistik in Windrichtungssektoren à 10° ausgewertet und deren Häufigkeiten ermittelt. Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten sind in der folgenden Abbildung 6.1 dargestellt. Es dominieren südliche und nordöstliche Windrichtungen bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 1,8 m/s (Jahresmittelwert).

Für Windfeld- und Ausbreitungsberechnungen mit MISKAM muss für die Messdaten eine Mess-Referenzhöhe  $h_{ref}$  gefunden werden, die einer Umgebungsrauigkeit  $z_0$  von 0,1 m (Rauigkeit einer Wiesenfläche) entspricht. Die innerstädtische, zumeist gebäudebedingte Rauigkeit wird dann in den Windfeldberechnungen durch die explizite Berücksichtigung von Gebäuden und sonstigen Strömungshindernissen von MISKAM errechnet. Die Ermittlung der Referenzhöhe  $h_{ref}$  für eine Umgebungsrauigkeit von 0,1 m erfolgte gemäß dem Merkblatt des Deutschen Wetterdienstes zur Bestimmung der in AUSTAL2000 anzugebenden Anemometerhöhe [21]. Sie beträgt im vorliegenden Fall 14,0 m ü. Grund.

Abb. 6.1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der HLUg-Station Kassel-Mitte der Jahre 2014 bis 2018 [20]



## 6.2 Hintergrundbelastung

Die Schadstoffkonzentration an einem Immissionsort setzt sich aus der großräumig vorhandenen sogenannten Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung aus lokalem Verkehr zusammen.

Die Hintergrundbelastung wiederum setzt sich zusammen aus den Immissionen von Industrie/Gewerbe, Hausbrand und häuslichen Schadstoffimmissionen sowie außerhalb des Untersuchungsraumes liegendem Verkehr und weitläufigem Schadstofftransport. Die Hintergrundbelastung ist also diejenige Belastung, die ohne die bei der Modellbildung berücksichtigten Straßen im Untersuchungsraum vorliegen würde.

Die angesetzte Hintergrundbelastung hat eine bedeutende Auswirkung auf die Ergebnisse der Immissionsuntersuchung, da insbesondere bei Stickstoffdioxid und Feinstaub im innerstädtischen Bereich bereits mehr als die Hälfte der zulässigen Immissionen gemäß 39. BImSchV durch die Hintergrundbelastung vorliegt.

Messdaten zur (Hintergrund)-Belastung an einer Vielzahl von Messstationen in Hessen liegen durch das Luftqualitätsmessnetz des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLUG) vor [25]. Die statistischen Kenngrößen der verkehrsrelevanten Schadstoffe werden regelmäßig veröffentlicht.

Für Hessen wurden „Ausbreitungsberechnungen zur flächendeckenden Ermittlung der Luftqualität in Hessen als Grundlage der Luftreinhalteplanung“ [24] durchgeführt. Hierin wurden unter anderem Hintergrundbelastungswerte für Feinstaub  $PM_{10}$  und Stickstoffdioxid für die Wolfhager Straße zwischen der Brandaustraße und der Mombachstraße für das Jahr 2013 ermittelt. Diese betragen im Jahresmittel für Feinstaub  $PM_{10}$   $19,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für Stickstoffdioxid  $22,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser Abschnitt der Wolfhager Straße befindet sich rund 1,8 km östlich des Untersuchungsgebietes.

Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene städtische Hintergrundmessstationen ist die Station Kassel-Mitte (ca. 1,8 km südöstlich des Untersuchungsgebietes). Aufgrund ihrer Nähe und der Lage innerhalb des Kasseler Stadtgebietes können die hier gemessenen Hintergrundbelastungswerte als repräsentativ für den Untersuchungsraum angesehen werden.

Die Messwerte an der Messstation Kassel-Mitte lagen für 2013 mit Jahresmittelwerten für Feinstaub  $PM_{10}$  von  $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für Stickstoffdioxid mit  $23,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  etwas über den mittels Ausbreitungsberechnung ermittelten Hintergrundbelastungswerten für die Wolfhager Straße. Für einen Ansatz auf der sicheren Seite und um aktuelle Messwerte berücksichtigen zu können wird nachfolgend auf die Messwerte der Station Kassel-Mitte und nicht auf die modellierten Hintergrundbelastungswerte zur Ermittlung der Hintergrundbelastung zurückgegriffen.

Zur Festlegung der Hintergrundbelastung wurden die Messwerte der letzten drei vollständig vorliegenden Messjahre 2016 – 2018 der Station Kassel-Mitte arithmetisch gemittelt. Die an der Station Kassel-Mitte gemessenen Immissionskonzentrationen der letzten drei Jahre sowie die sich hieraus ergebenden Hintergrundbelastungswerte für das Untersuchungsgebiet können der Tabelle 6.1 entnommen werden.

Allgemein wird für die Zukunft davon ausgegangen, dass sich aufgrund von technischen Minderungsmaßnahmen die Schadstoff-Gesamtemissionen und somit auch die Hintergrundbelastung verringern werden. Die Quantifizierung dieser zu erwartenden Verringerung der Hintergrundbelastung ist jedoch mit Ungenauigkeiten verbunden.

Tabelle 6.1: EU-Jahreskenngrößen gemessener Schadstoffkonzentrationen an der HLUG-Messstation Kassel-Mitte [25]

Messstation /Quelle	Jahr	Immissionen [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		
		JMW $\text{NO}_2$	JMW $\text{PM}_{10}$	JMW $\text{PM}_{2,5}$
Kassel-Mitte	2016	22,4	17,1	11,2
	2017	21,2	17,3	11,4
	2018	22,1	18,2	11,8
<b>Mittelwert</b>	<b>2016 - 2018</b>	<b>21,9</b>	<b>17,5</b>	<b>11,5</b>

**Fettdruck** = in den Berechnungen verwendeter Hintergrundbelastungswert

Für die Zukunft ist aufgrund der technischen Entwicklung im Bereich der Emissionsminderung sowohl beim Kraftfahrzeugverkehr als auch an technischen Anlagen sowie von gesetzgeberischen Vorgaben von einer Reduktion der Gesamthintergrundbelastung auszugehen. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wurde im Rahmen dieser Berechnung auf eine Reduktion der Hintergrundbelastung für das Prognosejahr 2024 verzichtet.

### 6.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung der Schadstoffimmissionen wurde mit dem Rechenmodell MISKAM (Mikroskaliges Ausbreitungsmodell, Version 6.3 von November 2013) [28] in der 64-Bit-Version durchgeführt. Dieses Ausbreitungsmodell wird an der Universität Mainz entwickelt bzw. weiterentwickelt und entspricht dem aktuellen Wissensstand der mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungssimulation.

Bei der Modellbildung wird das zu untersuchende Rechengebiet in quaderförmige Rechenzellen unterteilt. Die Ergebnisdarstellung erfolgt für das interessierende zentrale Rechengebiet (Untersuchungsraum), während die Windfeldsimulation darüber hinaus auch für ein so genanntes äußeres Rechengebiet durchgeführt wird, um die Rand- und Übergangsbedingungen abbilden zu können.

Durch Gebäude blockierte Zellen werden als Strömungshindernisse undurchlässig abgebildet, sodass auch der Einfluss von Gebäuden etc. berücksichtigt werden kann. Durch die Wahl des äußeren Rechengebietes mit einer deutlich größeren Abmessung als das innere Rechengebiet wird die Unabhängigkeit der Modellergebnisse von der Gebietsgröße erreicht.

Die Lage und Höhe der Gebäude der Bestandsbebauung wurden aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten LOD1-Klötzchenmodellen [26] abgeleitet. Neuere, nicht in diesem Datensatz enthaltene Gebäude wurden ergänzt.

Die sich durch die Planungen zur Aufweitung der Wolfhager Straße ergebenden Veränderungen an den Brückenbauwerken und der Umgebung wurden auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Lage- und Bauwerkspläne abgeleitet [32][33]. Ein Lageplan mit Darstellung des Bauvorhabens ist in Anlage 1.1 wiedergegeben.

Lagepläne der Berechnungsmodelle mit dem berücksichtigten Gebäudebestand und der Topografie sind für den Nullfall in den Anlagen 1.2 (2D) und 1.3 (3D) dargestellt. In den Anlagen 1.4 (2D) und 1.5 (3D) ist die zukünftige bauliche Situation (Planfall) dargestellt.

Das innere Rechengebiet hat eine Ausdehnung von 550,0 x 300,0 Metern mit einem äquidistanten Raster von 1,0 x 1,0 Metern, das äußere Rechengebiet hat eine Ausdehnung von ca. 1.350 x 1.100 Metern.

In vertikaler Richtung besteht der Modellraum aus 44 mit zunehmender Höhe mächtiger werdenden Schichten bis zur Modelloberkante in 480 Meter Höhe gemäß der Anforderungen an die Modellentwicklung. Die Schichten in Bodennähe werden hierbei fein aufgelöst.

## **7 Durchführung der Immissionsprognose**

### **7.1 Allgemeine Hinweise**

Die Ermittlung der Schadstoffimmissionen für die untersuchten Schadstoffe erfolgt auf der Basis von Einzelsimulationen, bei denen die jeweils mittlere stündliche Verkehrs- und Emissionsstärke zugrunde gelegt wird. Dabei werden für jeden der untersuchten Windrichtungssektoren zu 10° alle vorliegenden Windgeschwindigkeitsklassen berücksichtigt.

In einem ersten Berechnungsschritt wird für die Einzelsimulationen das Wind- und Turbulenzfeld für die Rechengebiete errechnet. Daran schließt sich für jede Einzelsimulation die Berechnung der Immissionen der jeweiligen Schadstoffe in einer Ausbreitungsrechnung an.

Die Jahresmittelwerte der verkehrsbedingten Zusatzbelastungen werden durch Auswertung der Häufigkeiten der auftretenden Ereignisse (Kombination aus Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Emissionsbedingung) mit den berechneten Schadstoffimmissionen statistisch ermittelt. Zu dieser Zusatzbelastung wird die Hintergrundbelastung hinzugezogen, so dass sich die Gesamtbelastung ergibt, die mit den Immissionsgrenzwerten der 39. BImSchV verglichen wird.

### **7.2 Vorgehensweise Bildung NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung**

NO<sub>x</sub> (Summe aus NO und NO<sub>2</sub>) kann als chemisch inerte Stoff behandelt werden. Damit kann die Gesamtbelastung von NO<sub>x</sub> als Summe aus Vor- und Zusatzbelastung gebildet werden.

Nicht inerte Stoffe wie NO und NO<sub>2</sub> unterliegen in der Atmosphäre hingegen komplexen photochemischen Umwandlungsprozessen. Die chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten sind dabei von unterschiedlichen Komponenten, Konzentrationsniveaus und Umgebungsbedingung abhängig.

Die Einbindung dieser komplexen chemischen Vorgänge bei der Bestimmung der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung erfolgt im vorliegenden Fall mit Hilfe einer von der IVU Umwelt GmbH [16] abgeleiteten Regressionsbeziehung zwischen NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>-Messwerten. Grundlage dieser Funktion sind ca. 45.000 jährlichen Immissionszeitreihen, welche nach den Stationstypen Land, Stadt und Verkehr differenziert wurden. Im Rahmen dieser Berechnungen erfolgte die Umwandlung der NO<sub>x</sub>- in eine NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung mit Hilfe der Regressionsfunktion des Typs „Stadt“.

### 7.3 Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen

Neben dem Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert ist in der 39. BImSchV ein Kurzzeitgrenzwert für PM<sub>10</sub> definiert. Demnach darf ein PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> an nicht mehr als 35 Tagen im Jahr überschritten werden.

Eine Möglichkeit zur Berechnung der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte wäre, die PM<sub>10</sub>-Zusatzimmissionen zu modellieren und daraus Tagesmittelwerte zu bestimmen. Hierzu ist es notwendig, Stundenmittelwerte der Emissionen, der Meteorologie und der Vorbelastung innerhalb einer Ausbreitungsberechnung zusammen zu betrachten. Die Zeitreihen der Emissionen und der Vorbelastung müssten hierbei zum repräsentativen meteorologischen Jahr, bzw. zum Prognosehorizont der Immissionsberechnung passen. Eine Zeitreihe der Vorbelastung für das Prognosejahr 2020 liegt allerdings nicht vor und kann auch nicht sinnvoll abgeschätzt oder modelliert werden.

In der Praxis werden die PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage daher in der Regel mit Hilfe einer parametrisierten Funktion des prognostizierten PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwertes abgeschätzt. Im vorliegenden Gutachten wurde zur Bestimmung der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage ein Ansatz der IVU GmbH [23] verwendet. Hierfür wurden die Anzahl der Überschreitungen im Jahr über den Jahresmittelwert aktueller jahresmittlerer PM<sub>10</sub>-Daten (900 fehlerwertfreie Zeitreihen) aufgetragen. Aus diesen Daten wurde die folgende Beziehung zwischen dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert und der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage abgeleitet:

$$\text{Anzahl Tage } PM_{10} > 50 \mu g/m^3 = 10,51413 - 1,98711 * JM W + 0,09389 * JM W^2$$

Gemäß dieser Formel wird bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m<sup>3</sup> der Grenzwert von 35 Überschreitungstagen im Jahr erreicht.

Bezüglich der NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastung sieht die 39. BImSchV die Prüfung auf Überschreitung eines Stundenmittelwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> an maximal 18 Stunden im Jahr vor. Dies entspricht in etwa einem 99,8-Perzentil-Wert.

Die Berechnung von Perzentilwerten der Gesamtbelastung ist bei rechnerischen Simulationen aber mit großen Unsicherheiten behaftet, da die Hintergrundbelastung, die einen großen Beitrag zur Gesamtmission liefert, nur als Jahresmittelwert berücksichtigt werden kann.

Statistische Auswertungen von Messwerten an Dauermessstationen [22] haben aber zu einer Formel geführt, mit deren Hilfe die Wahrscheinlichkeit, dass der Stundenmittelwert NO<sub>2</sub> von 200 µg/m<sup>3</sup> an mehr als 18 h im Jahr auftritt, abgeschätzt werden kann. Grundlage bildet der Jahresmittelwert der Stickoxidimmissionen (NO<sub>x</sub>). Dieses Verfahren wird im vorliegenden Fall angewendet.

#### **7.4 Ergebnisdarstellungen**

Die Luftschadstoffkonzentrationen werden in einer bodennahen Schicht ( $h = 1,5 \text{ m}$ ) flächendeckend und geländefolgend ermittelt und in den Anlagen 3 bis 5 dargestellt.

Die Farbgebung wurde jeweils so gewählt, dass Grenzwertüberschreitungen mit roten Farbtönen gekennzeichnet werden. Blaue Bereiche zeigen Konzentrationen an, die sich nur unwesentlich von der angesetzten Hintergrundbelastung unterscheiden.

Darüber hinaus werden die Gesamtimmissionen der berechneten Schadstoffe für einzelne repräsentative Immissionsorte (vgl. Kennzeichnung in Anlagen) tabellarisch dargestellt. Die ausgewählten Immissionsorte zeigen die höchsten Immissionswerte oder die größten Veränderungen der Immissionen im Untersuchungsgebiet auf.

## 8 Ergebnisse der Luftschadstoffausbreitungsberechnungen

### 8.1 Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM<sub>10</sub>) sind in der Anlage 3.1 für den Nullfall und in Anlage 3.2 für den Planfall geländefolgend in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.1 die berechneten PM<sub>10</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.1: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [µg/m <sup>3</sup> ] Feinstaub (PM <sub>10</sub> )		
		IGW JMW	Nullfall 2024	Planfall 2024
1	Wolfhager Straße 214	40	19,6	19,6
2	Wolfhager Straße 210	40	22,5	22,5
3	Zentgrafenstrasse 1	40	23,6	23,5
4	Zentgrafenstrasse 1c	40	21,0	21,0
5	Verwaltungsgebäude / Lager	40	21,3	21,2
6	Elektrotechnische Neubaugruppe	40	19,3	20,3
7	Stellwerk	40	18,2	18,1
8	Kleingartenanlage	40	19,0	19,1

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert von 40 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2024 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 23,6 µg/m<sup>3</sup> im Nullfall und maximal 23,5 µg/m<sup>3</sup> im Planfall sowie im überwiegenden Teil des Untersuchungsgebietes deutlich eingehalten wird. PM<sub>10</sub>-Konzentrationen oberhalb des Grenzwertes liegen im Nullfall unmittelbar an den Eisenbahnüberführungen im Bereich der Wolfhager Straße zwischen den Eisenbahnüberführungen und unmittelbar neben den Güterzugstrecken 1733 und 3913 vor. Die Bereiche mit Grenzwertüberschreitungen sind kleinräumig und auf den unmittelbaren Nahbereich neben den Straßen- bzw. Schienenabschnitten beschränkt und sind auf ein hohes Emissionsniveau, den Lärmschutzwänden entlang der Gleise, einer schlechten Durchlüftung im Bereich der Eisenbahnüberführungen und einer insgesamt geringen mittleren Windgeschwindigkeit in Kassel zurückzuführen.

An allen Gebäudefassaden im Untersuchungsgebiet wird der Jahresmittelwert jedoch deutlich eingehalten.

Neben dem Grenzwert zum PM<sub>10</sub>-Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein Kurzzeitgrenzwert für Feinstaub aufgeführt. Demnach darf an maximal 35 Tagen im Jahr der PM<sub>10</sub>-

Tagesmittelwert größer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein. Die gemäß Kapitel 7.3 ermittelten Überschreitungshäufigkeiten zeigen die Anlage 3.3 für den Nullfall und Anlage 3.4 für den Planfall. Zusätzlich weist Tabelle 8.2 die Überschreitungshäufigkeiten an den maximal beaufschlagten Immissionsorten aus.

Tabelle 8.2: Anzahl der Tage im Jahr mit einem  $\text{PM}_{10}$ -Tagesmittelwert  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Nr.	Immissionsort Beschreibung	Anzahl Tage mit $\text{PM}_{10}$ -Tagesmittelwerten $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
		IGW	Nullfall 2024	Planfall 2024
1	Wolfhager Straße 214	35	8	8
2	Wolfhager Straße 210	35	13	13
3	Zentgrafestraße 1	35	16	16
4	Zentgrafestraße 1c	35	10	10
5	Verwaltungsgebäude / Lager	35	11	11
6	Elektrotechnische Neubaugruppe	35	7	9
7	Stellwerk	35	5	5
8	Kleingartenanlage	35	7	7

Aufgrund der an den Immissionsorten geringen jahresmittleren  $\text{PM}_{10}$ -Belastung im Nullfall wird auch die maximal zulässige Anzahl an Überschreitungstagen mit maximal 16 Überschreitungstagen am Immissionsort 3 und im Umfeld von Bestandsgebäuden im Jahr 2024 deutlich unterschritten.

Im Vergleich zum Nullfall bleibt die Anzahl der Überschreitungstage im Planfall an den Bestandsgebäuden nahezu unverändert. Mit maximal 16 Überschreitungstagen am Immissionsort 3 wird demnach auch im Planfall die maximal zulässige Anzahl von 35 Überschreitungstagen an allen Bestandsgebäuden deutlich unterschritten.

Unmittelbar neben den Fahrstreifen der Wolfhager Straße zwischen den Eisenbahnüberführungen und neben den Güterzugstrecken 1733 und 3913 liegen sowohl im Nullfall wie auch im Planfall mehr als 35 Überschreitungstage vor.

Ursächlich für die Überschreitungen des Jahresmittelwertes sowie des Kurzzeitgrenzwertes für Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  sind sowohl im Nullfall wie auch im Planfall die durch die Eisenbahnüberführungen und Böschungen sowie die Lärmschutzwand entlang der Güterzugstrecken eingeschränkte Belüftung. Hinzu kommt eine geringe Windgeschwindigkeit mit  $1,8 \text{ m/s}$  im Jahresmittel (siehe auch Kapitel 6.1). Hierdurch wird die Verdünnung und der Austrag der Luftschadstoffemissionen aus dem Kraftfahrzeug- und Schienenverkehr stark eingeschränkt. Im

weiteren Verlauf der Wolfhager Straße im Bereich mit lockerer Bebauung werden der Jahresmittelwert und Kurzzeitgrenzwert deutlich eingehalten.

Der zu erwartende positive Effekt der Aufweitung der Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 auf die Luftschadstoffsituation wird durch die Verkehrszunahme auf der Wolfhager Straße durch die nach Umbau gesteigerte Attraktivität teilweise kompensiert.

## 8.2 Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) sind in der Anlage 4.1 für den Nullfall und in Anlage 4.2 für den Planfall geländefolgend in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.3 die berechneten PM<sub>2,5</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.3: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>)

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> )		
		IGW JMW	Nullfall 2024	Planfall 2024
1	Wolfhager Straße 214	25	12,7	12,8
2	Wolfhager Straße 210	25	14,1	14,2
3	Zentgrafenstrasse 1	25	14,6	14,8
4	Zentgrafenstrasse 1c	25	12,9	13,0
5	Verwaltungsgebäude / Lager	25	14,0	13,8
6	Elektrotechnische Neubaugruppe	25	12,3	13,5
7	Stellwerk	25	11,9	11,9
8	Kleingartenanlage	25	12,4	12,5

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwert von 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2024 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 14,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Nullfall und maximal 14,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Planfall sowie im gesamten Untersuchungsgebiet außerhalb von Fahrstreifen eingehalten wird.

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

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) sind in der Anlage 5.1 für den Nullfall und in Anlage 5.2 für den Planfall geländefolgend in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.4 die berechneten NO<sub>2</sub>-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.4: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )		
		IGW JMW	Nullfall 2024	Planfall 2024
1	Wolfhager Straße 214	40	30,1	30,4
2	Wolfhager Straße 210	40	36,7	37,1
3	Zentgrafenstrasse 1	40	38,0	38,7
4	Zentgrafenstrasse 1c	40	30,5	30,8
5	Verwaltungsgebäude / Lager	40	34,9	34,1
6	Elektrotechnische Neubaugruppe	40	27,2	32,8
7	Stellwerk	40	24,7	24,6
8	Kleingartenanlage	40	26,9	27,4

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2024 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 38,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Nullfall und maximal 38,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Planfall eingehalten wird.

Stickstoffdioxid Konzentrationen oberhalb des Jahresmittelwertes liegen im Nullfall und im Planfall unmittelbar neben den Fahrbahnen auf den Radwegen im Bereich der Wolfhager Straße zwischen den Eisenbahnüberführungen vor. An allen Gebäudefassaden im Untersuchungsgebiet wird der Jahresmittelwert eingehalten.

Neben der jahresmittleren NO<sub>2</sub>-Belastung ist in der 39. BImSchV zusätzlich ein Grenzwert für kurzzeitige NO<sub>2</sub>-Belastungsspitzen definiert. Demnach darf ein Stundenmittelwert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an nicht mehr als 18 Stunden im Jahr überschritten werden. Ausgehend von den berechneten NO<sub>x</sub>-Gesamtbelastungen beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Grenzwert nicht eingehalten wird im Nullfall 2024 maximal 3,1 % und im Planfall 2024 maximal 3,3 % (vgl. Kapitel 7.3 und nachfolgende Tabelle 8.5).

Auswertungen von Messergebnissen an Verkehrsmessstationen zeigen, dass in den letzten Jahren auch bei NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten mit deutlich höheren Konzentrationen wie im vorliegenden Fall für das Untersuchungsgebiet ermittelt, das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV an allen Messstationen Deutschlands eingehalten wurde. Daher kann sicher davon ausgegangen werden, dass in der Realität das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV im gesamten Untersuchungsgebiet eingehalten wird.

Tabelle 8.5: Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auftretens von mehr als 18 Stunden mit 1-h Mittelwerten Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) von über 200 µg/m<sup>3</sup>

Immissionsort		Wahrscheinlichkeit von mehr als 18 zulässigen Überschreitungen des 1-h Mittelwertes von 200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub> pro Jahr in %	
Nr.	Beschreibung	Nullfall 2024	Planfall 2024
1	Wolfhager Straße 214	1,8	1,9
2	Wolfhager Straße 210	2,8	2,9
3	Zentgrafenstrasse 1	3,1	3,3
4	Zentgrafenstrasse 1c	1,9	1,9
5	Verwaltungsgebäude / Lager	2,5	2,4
6	Elektrotechnische Neubaugruppe	1,5	2,2
7	Stellwerk	1,3	1,3
8	Kleingartenanlage	1,5	1,6

#### 8.4 Entwicklung der Luftschadstoffimmissionen bis 2030

Durch die Veränderungen der Flottenzusammensetzung von 2024 bis 2030 kommt es zu einer Reduktion der Luftschadstoffemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr. Da die Feinstaubemissionen im Wesentlichen durch Aufwirbelungs- und Abriebemissionen geprägt sind, verringern sich die PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> Emissionen von 2024 bis 2030 nur geringfügig. Die Immissionen im Untersuchungsgebiet sinken bis 2030 um ca. 0,1 bis 0,2 µg/m<sup>3</sup> ab.

Deutlicher sind die Verringerungen der Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>) Emissionen. Diese sinken von 2024 bis 2030 um rund 45 bis 50 % ab, was zu einer Reduktion der Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) Immissionen im Untersuchungsgebiet um ca. 3 bis 6 µg/m<sup>3</sup> führen wird.

## 9 Zusammenfassung

Die Wolfhager Straße (B 251) zwischen der Angersbachstraße und der Zentgrafestraße wird auf einer Strecke von rund 400 Metern von vier Eisenbahnüberführungen gequert. Die sich östlich und westlich befindlichen Eisenbahnüberführungen der Strecken 3913 / 1733 und 1732 weisen heute eine lichte Weite von 23,0 Metern auf. Bei den Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 handelt es sich um historische Gewölbebrücken mit einer lichten Weite von ca. 7,3 Metern. Diese beiden Überführungen bilden zwei Engstellen, welche nicht gleichzeitig in beiden Fahrtrichtungen von größeren Kraftfahrzeugen durchfahren werden können. Hierdurch kommt es in diesem Bereich regelmäßig zu Staus.

Im Rahmen der Erneuerung der Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 soll die Wolfhager Straße auch in diesem Bereich auf eine lichte Weite von 23,0 Metern aufgeweitet werden. Die Wolfhager Straße wird in diesem Zuge vierspurig ausgeführt, wobei der jeweils äußere Fahrstreifen als Busspur dem öffentlichen Nahverkehr vorbehalten sein soll. Der übrige Kraftfahrzeugverkehr fährt auf den beiden mittleren Spuren. Hierdurch soll der Verkehrsfluss und die Leistungsfähigkeit (Kapazität) der Wolfhager Straße deutlich verbessert werden. Ferner wird die Höchstgeschwindigkeit auf diesem Abschnitt von heute 30 km/h aufgrund des Begegnungsverkehrs an den Engstellen auf zukünftig 50 km/h erhöht.

Hierzu wurde eine mikroskalige lufthygienische Untersuchung mit Ausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) durchgeführt. Die Berechnungen zu den verkehrlichen Luftschadstoffen wurden mit der aktuellen Version 6.3 des prognostischen Windfeld- und Ausbreitungsmodells MISKAM (Mikroskaliges Ausbreitungsmodell) durchgeführt.

Die Emissionen des Straßenverkehrs wurden auf Grundlage des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (3.3) bestimmt. Die städtische Hintergrundbelastung im Plangebiet wurde anhand von Messwerten der nahe gelegenen Hintergrundmessstation Kassel-Mitte ermittelt. Die berechneten Immissionen wurden mit den Grenzwerten der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) verglichen und beurteilt.

An den untersuchten Immissionsorten und allen Gebäudefassaden im Untersuchungsgebiet werden die Grenzwerte (Jahresmittelwerte und Kurzzeitgrenzwerte) der 39. BImSchV für die untersuchten Luftschadstoffe Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) eingehalten. Durch die Planungen zur Aufweitung der Wolfhager Straße ergeben sich keine wesentlichen planbedingte Veränderungen im Umfeld.

Unmittelbar neben den Fahrstreifen der Wolfhager Straße zwischen den Eisenbahnüberführungen und neben den Güterzugstrecken 1733 und 3913 liegen sowohl im Nullfall wie auch

im Planfall Luftschadstoffkonzentrationen oberhalb des Jahresmittelwertes und Kurzzeitgrenzwertes für Feinstaub PM<sub>10</sub> vor. Weiterhin liegt eine Überschreitung des Jahresmittelwertes für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) entlang der Wolfhager Straße zwischen den Eisenbahnüberführungen vor. Die Bereiche oberhalb des Grenzwertes sind jeweils kleinräumig und auf den unmittelbaren Nahbereich neben den Straßen- bzw. Schienenabschnitten beschränkt.

Ursächlich für Konzentrationen oberhalb des Grenzwertes sind sowohl im Nullfall wie auch im Planfall die durch die Eisenbahnüberführungen und Böschungen sowie die Lärmschutzwand entlang der Güterzugstrecken eingeschränkte Belüftung. Hinzu kommt eine geringe Windgeschwindigkeit mit 1,8 m/s im Jahresmittel. Hierdurch wird die Verdünnung und der Austrag der Luftschadstoffemissionen aus dem Kraftfahrzeug- und Schienenverkehr stark eingeschränkt. Im weiteren Verlauf der Wolfhager Straße im Bereich mit lockerer Bebauung werden der Jahresmittelwert und Kurzzeitgrenzwert deutlich eingehalten.

Der zu erwartende positive Effekt der Aufweitung der Eisenbahnüberführungen der Strecken 3912 und 3910 auf die Luftschadstoffsituation wird durch die Verkehrszunahme auf der Wolfhager Straße durch die nach Umbau gesteigerte Attraktivität teilweise kompensiert.

Der Jahresmittelwert für Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) wird im Nullfall sowie in Planfall außerhalb der Fahrbahnen im gesamten Untersuchungsgebiet eingehalten.

Dieser Bericht besteht aus 34 Seiten und 5 Anlagen.

Peutz Consult GmbH



i.V. Dipl.-Ing. Oliver Streuber  
(fachliche Verantwortung / Projektbearbeitung)

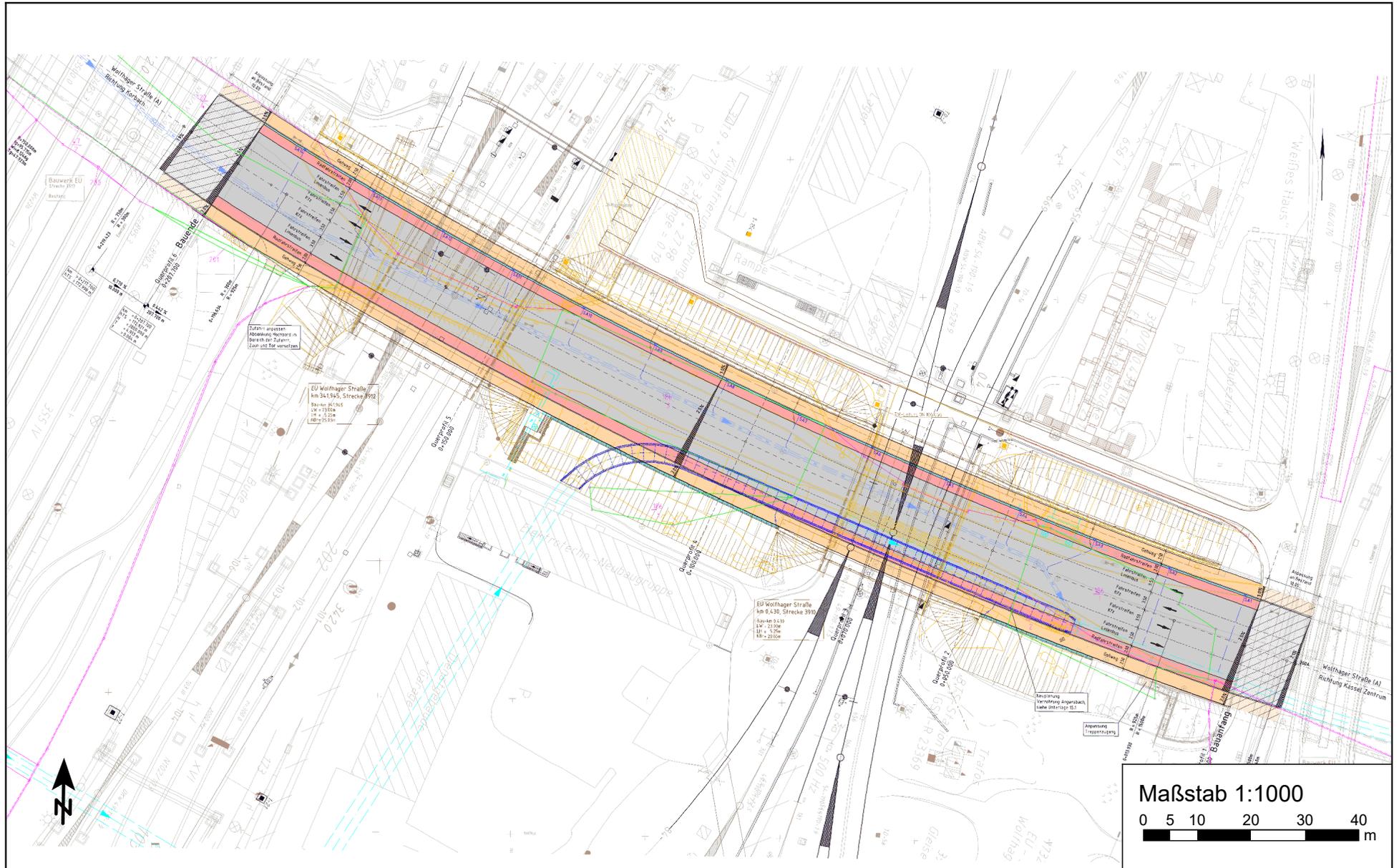


i.V. Dipl. Geogr. Björn Siebers  
(Qualitätssicherung)

Anlagenverzeichnis

Anlage 1.1	Lageplan zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße"
Anlage 1.2 bis Anlage 1.5	Übersichtslagepläne mit Darstellung der Situationen "Nullfall 2024" und "Planfall 2024" in 2D und 3D-Darstellung
Anlage 2.1	Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenabschnitte für die Emissionsberechnungen
Anlage 2.2	Emissionsansätze und Eingangsdaten für die Situationen "Nullfall 2024" und "Planfall 2024"
Anlage 2.3	Übersichtslageplan mit Darstellung der DB-Strecken im Untersuchungsgebiet
Anlage 3.1 und Anlage 3.2	Feinstaub (PM <sub>10</sub> ) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den "Nullfall 2024" und "Planfall 2024"
Anlage 3.3 und Anlage 3.4	Anzahl der Feinstaub (PM <sub>10</sub> ) Überschreitungstage in 1,5 m über Grund für den "Nullfall 2024" und "Planfall 2024"
Anlage 4.1 und Anlage 4.2	Feinstaub (PM <sub>2,5</sub> ) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den "Nullfall 2024" und "Planfall 2024"
Anlage 5.1 und Anlage 5.2	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den "Nullfall 2024" und "Planfall 2024"

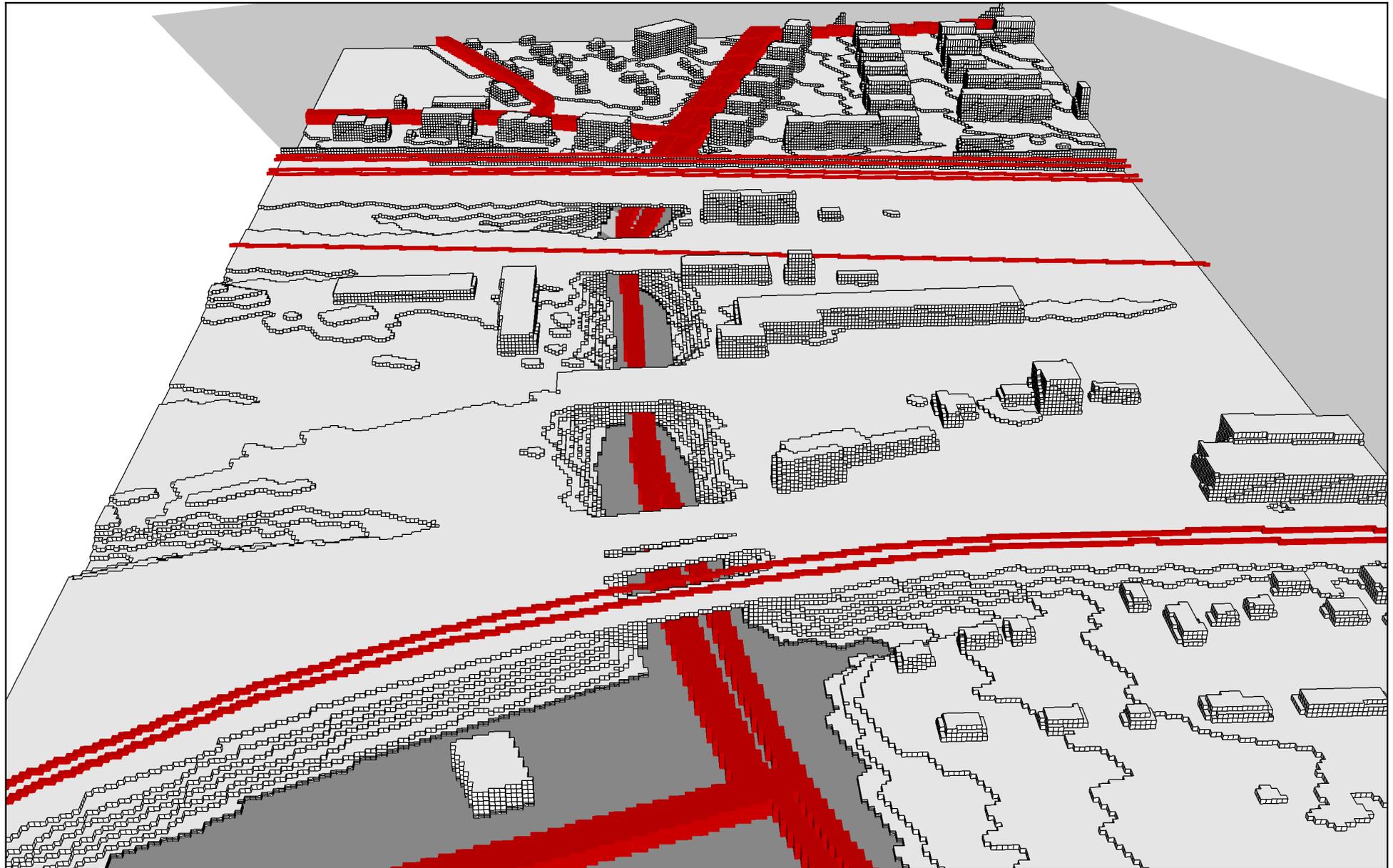
Lageplan zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße"





Übersichtslageplan zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße" mit 3D-Darstellung der Situation "Nullfall 2024"

**PEUTZ**



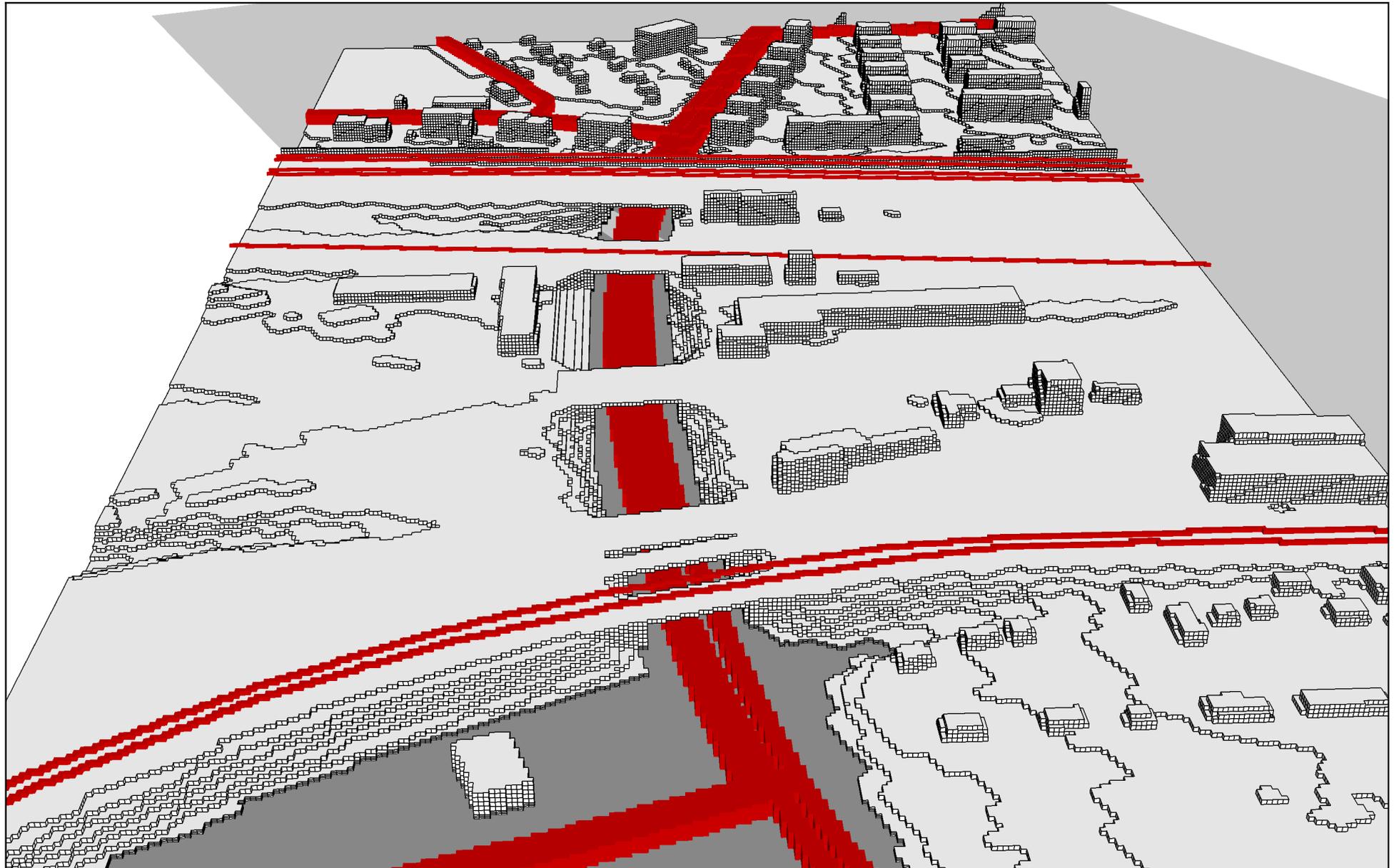
Übersichtslageplan zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße" mit Darstellung der Situation "Planfall 2024"

**PEUTZ**

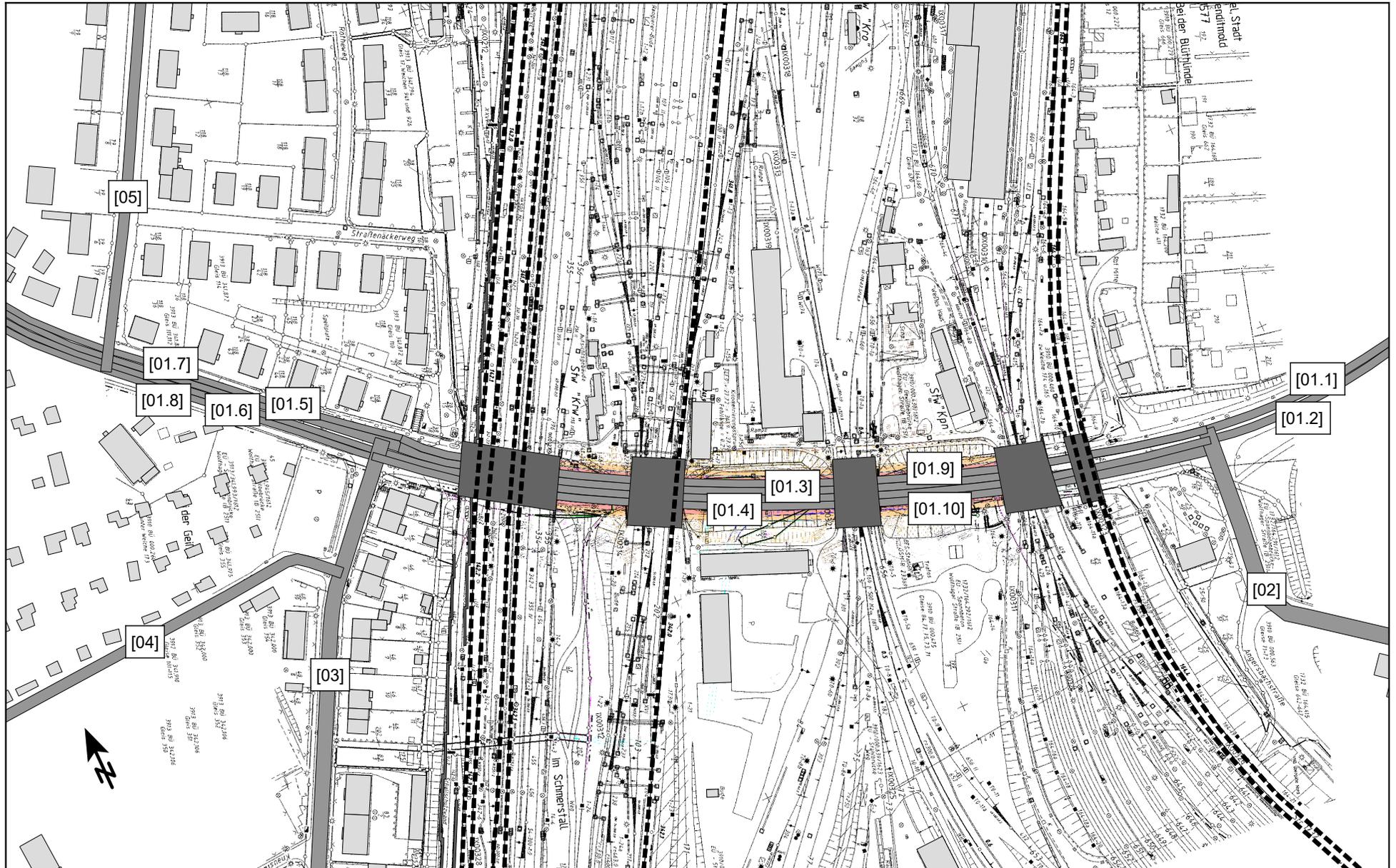


Übersichtslageplan zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel - Erneuerung EÜ km 341,945 (Strecke 3912) und EÜ km 0,430 (Strecke 3910) sowie Aufweitung Wolfhager Straße" mit 3D-Darstellung der Situation "Planfall 2024"

**PEUTZ**



# Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenabschnitte für die Emissionsberechnungen zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel"



**Nullfall 2024**

Lfd. Nr.	Straßenname	DTV	Anteil SNFz	Anteil LNFz	Anteil Bus	UWZ*	Verkehrssituation			Steigung	Anzahl Fahrspuren	Tempo-limit	Typ Kaltstart	Typ Tagesgang	LOS1	LOS2	LOS3	LOS4	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>
[-]		[Kfz/24h]	[%]	[%]	[%]					[%]	[-]	[km/h]			[%]	[%]	[%]	[%]	[g/m <sup>3</sup> d]	[g/m <sup>3</sup> d]	[g/m <sup>3</sup> d]
1	[01.1] Wolfhager Straße (B251)	9150	1,7	3,4	1,4	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,0	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,414	0,183	1,977
2	[01.2] Wolfhager Straße (B251)	9150	1,7	3,4	1,4	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,0	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,419	0,187	2,472
3	[01.3] Wolfhager Straße (B251)	10290	1,8	3,3	1,2	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,5	1	30	radial	doublepeak	2,4	52,6	28,1	16,9	0,442	0,211	2,636
4	[01.4] Wolfhager Straße (B251)	10290	1,8	3,3	1,2	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-0,5	1	30	radial	doublepeak	2,4	52,6	28,1	16,9	0,439	0,209	2,409
5	[01.5] Wolfhager Straße (B251)	6227	1,1	1,2	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	3,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,248	0,122	2,100
6	[01.6] Wolfhager Straße (B251)	6227	1,1	1,2	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-3,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,238	0,113	0,859
7	[01.7] Wolfhager Straße (Busspur)	128	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	3,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,015	0,010	0,247
8	[01.8] Wolfhager Straße (Busspur)	127	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-3,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,014	0,009	0,192
9	[02] Angersbachstraße	3010	2,8	3,1	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,8	2	50	commercial	doublepeak	55,0	45,0	0,0	0,0	0,145	0,059	0,736
10	[03] Zentgrafensteinstraße	8910	2,2	3,2	0,7	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,9	2	50	radial	doublepeak	7,3	92,7	0,0	0,0	0,397	0,179	2,090
11	[04] Steinäcker	1660	0,0	0,0	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	1,0	2	50	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,060	0,029	0,365
12	[05] Frasenweg	3010	0,0	0,0	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	4,0	2	50	residential	doublepeak	55,0	45,0	0,0	0,0	0,112	0,055	0,832

\* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)

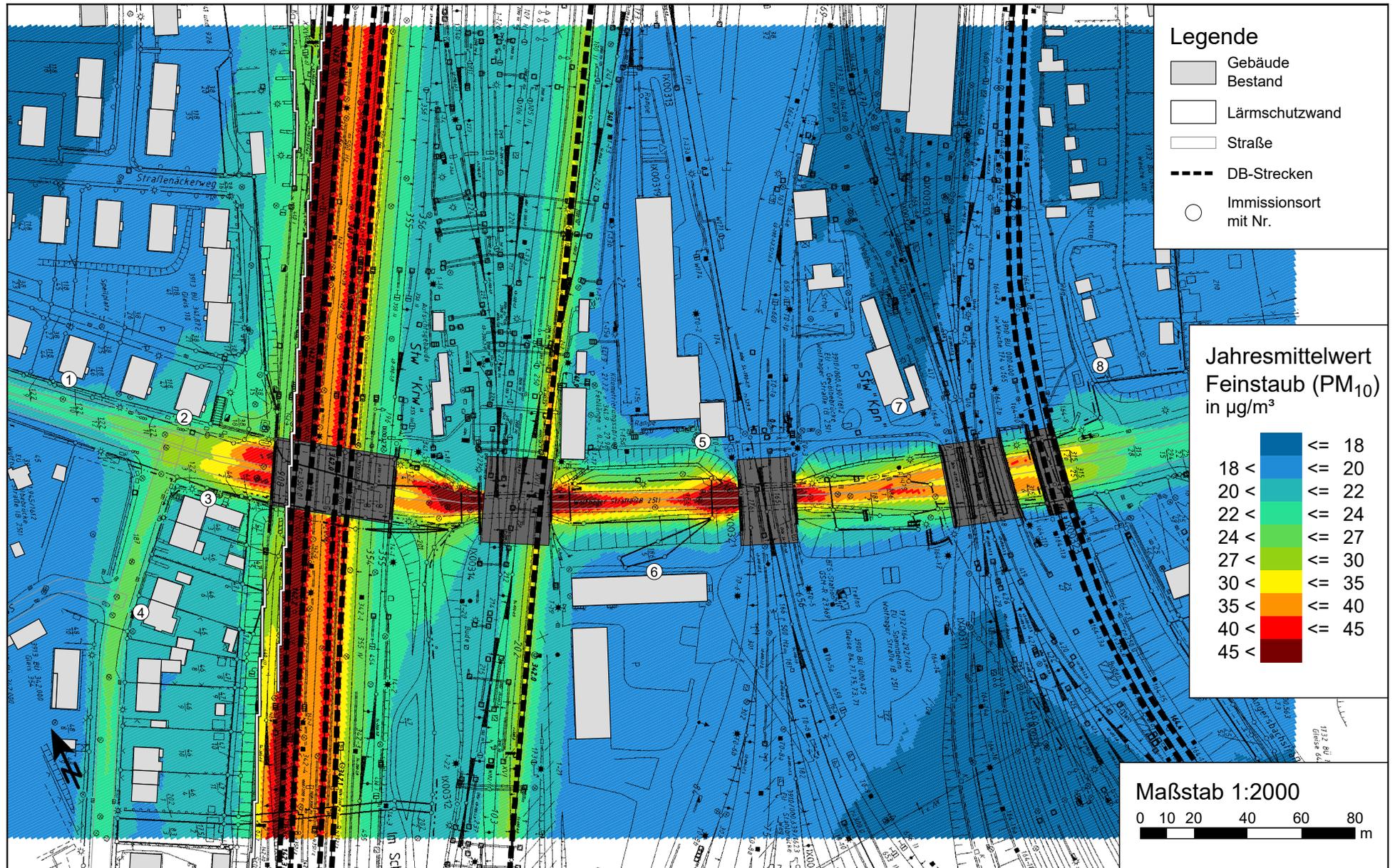
**Planfall 2024**

Lfd. Nr.	Straßenname	DTV	Anteil SNFz	Anteil LNFz	Anteil Bus	UWZ*	Verkehrssituation			Steigung	Anzahl Fahrspuren	Tempo-limit	Typ Kaltstart	Typ Tagesgang	LOS1	LOS2	LOS3	LOS4	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>
[-]		[Kfz/24h]	[%]	[%]	[%]					[%]	[-]	[km/h]			[%]	[%]	[%]	[%]	[g/m <sup>3</sup> d]	[g/m <sup>3</sup> d]	[g/m <sup>3</sup> d]
1	[01.1] Wolfhager Straße (B251)	9675	1,8	3,4	1,3	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,0	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,438	0,193	2,084
2	[01.2] Wolfhager Straße (B251)	9675	1,8	3,4	1,3	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,0	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,443	0,198	2,605
3	[01.3] Wolfhager Straße (B251)	10967	1,9	2,1	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,457	0,213	2,540
4	[01.4] Wolfhager Straße (B251)	10968	1,9	2,1	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-0,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,455	0,211	2,248
5	[01.5] Wolfhager Straße (B251)	6437	1,2	1,3	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	3,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,259	0,127	2,175
6	[01.6] Wolfhager Straße (B251)	6438	1,2	1,3	0,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-3,5	1	50	radial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,249	0,117	0,896
7	[01.7] Wolfhager Straße (Busspur)	128	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	3,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,015	0,010	0,247
8	[01.8] Wolfhager Straße (Busspur)	127	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-3,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,014	0,009	0,192
9	[01.9] Wolfhager Straße (Busspur neu)	128	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,014	0,009	0,205
10	[01.10] Wolfhager Straße (Busspur neu)	127	0,0	0,0	100,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-0,5	1	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,014	0,009	0,200
11	[02] Angersbachstraße	3480	1,9	2,1	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,8	2	50	commercial	doublepeak	33,7	66,3	0,0	0,0	0,159	0,068	0,870
12	[03] Zentgrafensteinstraße	9300	2,3	3,2	0,7	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,9	2	50	radial	doublepeak	7,3	92,7	0,0	0,0	0,417	0,187	2,189
13	[04] Steinäcker	1790	0,0	0,0	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	1,0	2	50	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,064	0,031	0,394
14	[05] Frasenweg	2910	0,0	0,0	0,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	4,0	2	50	residential	doublepeak	55,0	45,0	0,0	0,0	0,108	0,053	0,805

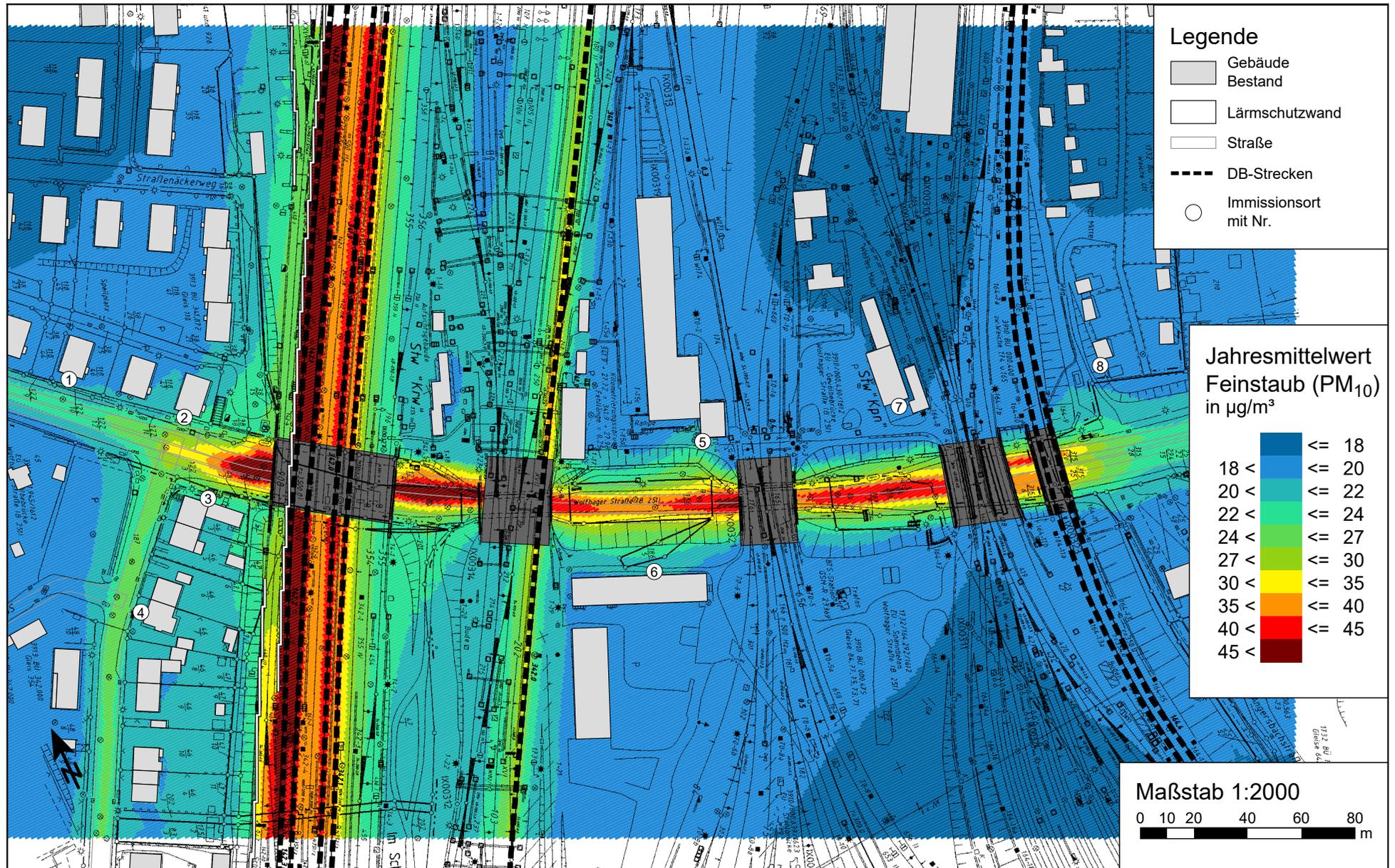
\* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)



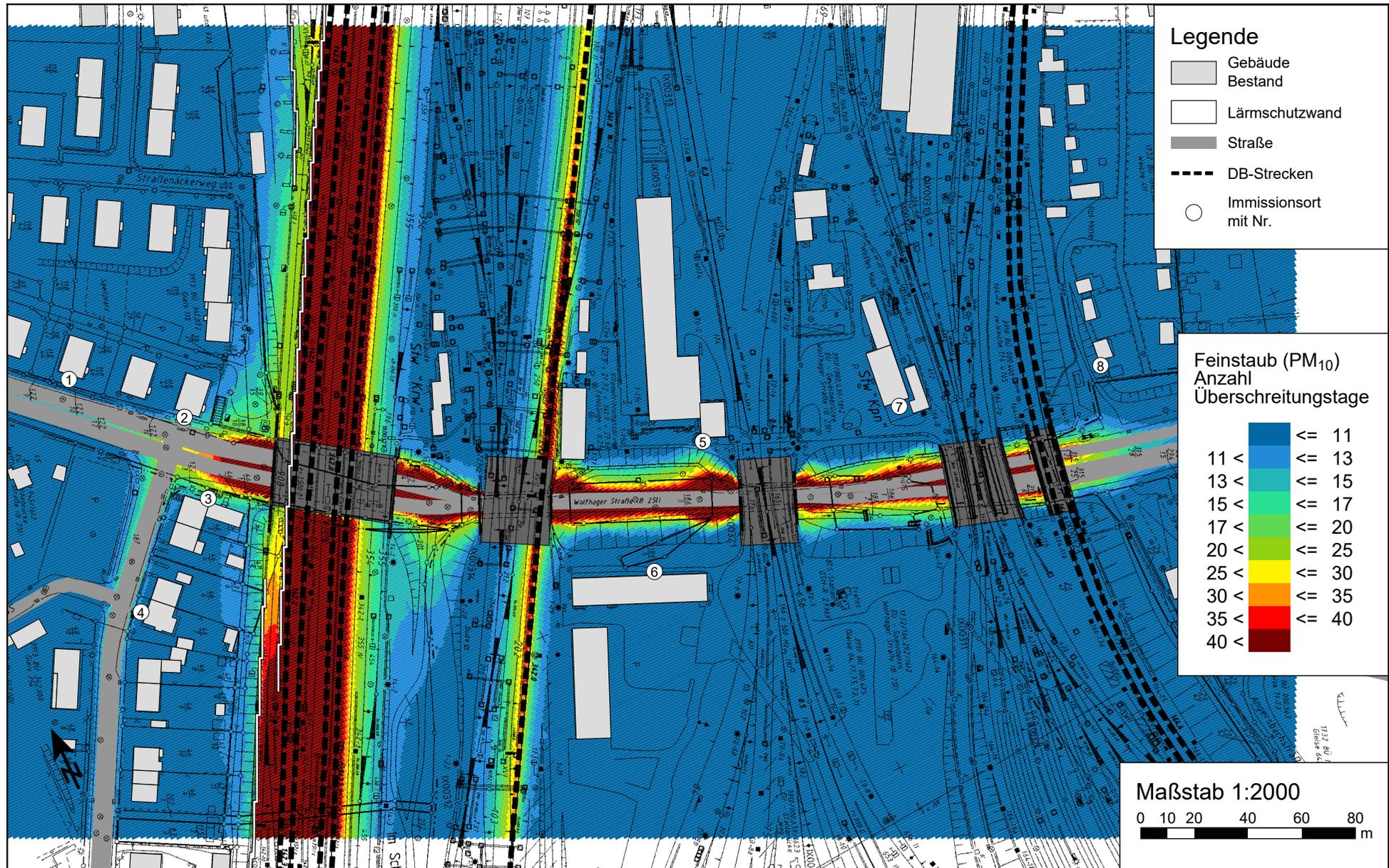
Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Nullfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 17,5 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert 39. BlmSchV: 40,0 µg/m<sup>3</sup>



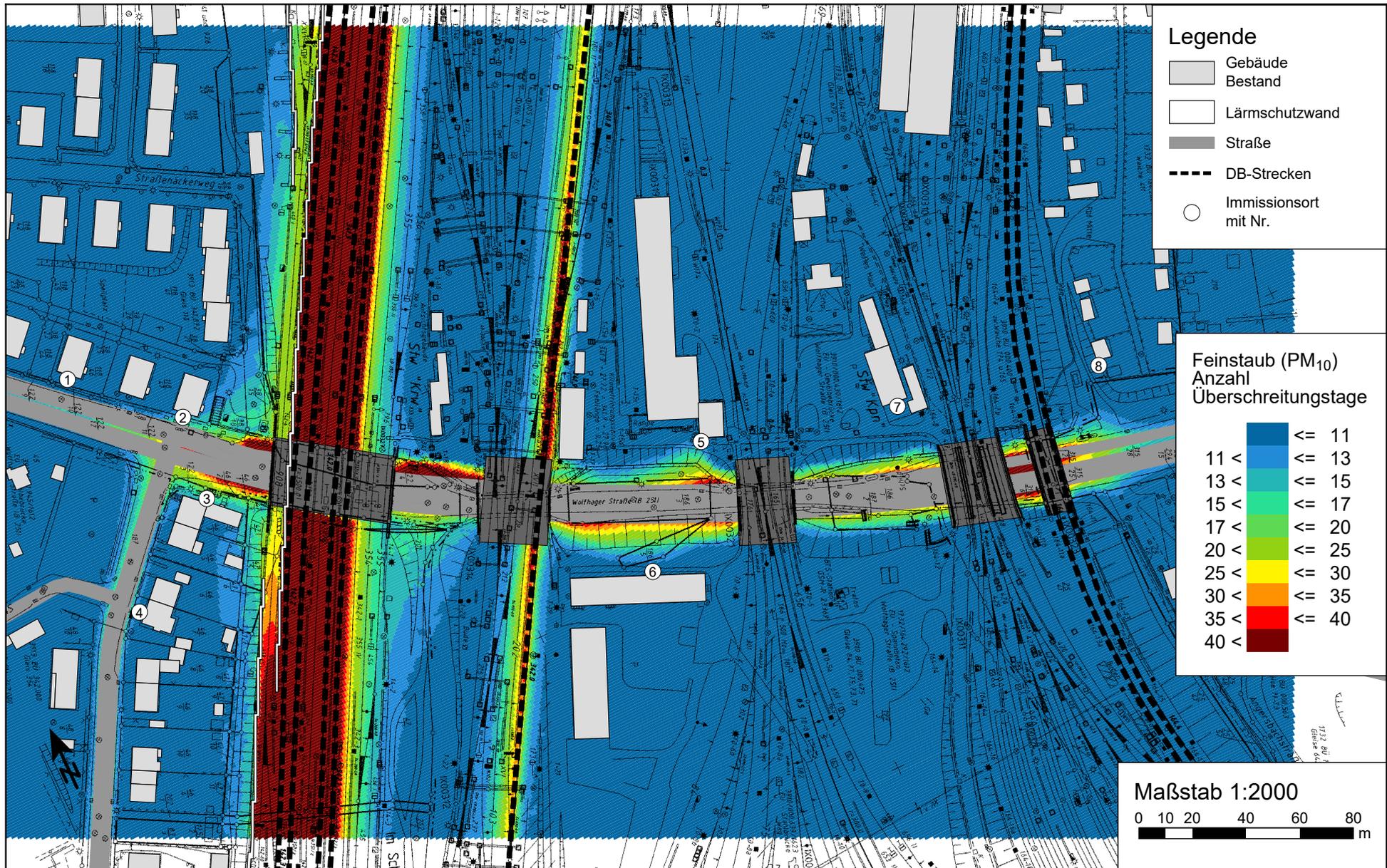
Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Planfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 17,5 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert BImSchV: 40,0 µg/m<sup>3</sup>



Anzahl der Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Überschreitungstage in 1,5 m über Grund für den Nullfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel"  
 Grenzwert 39. BImSchV: 35 Tage pro Jahr

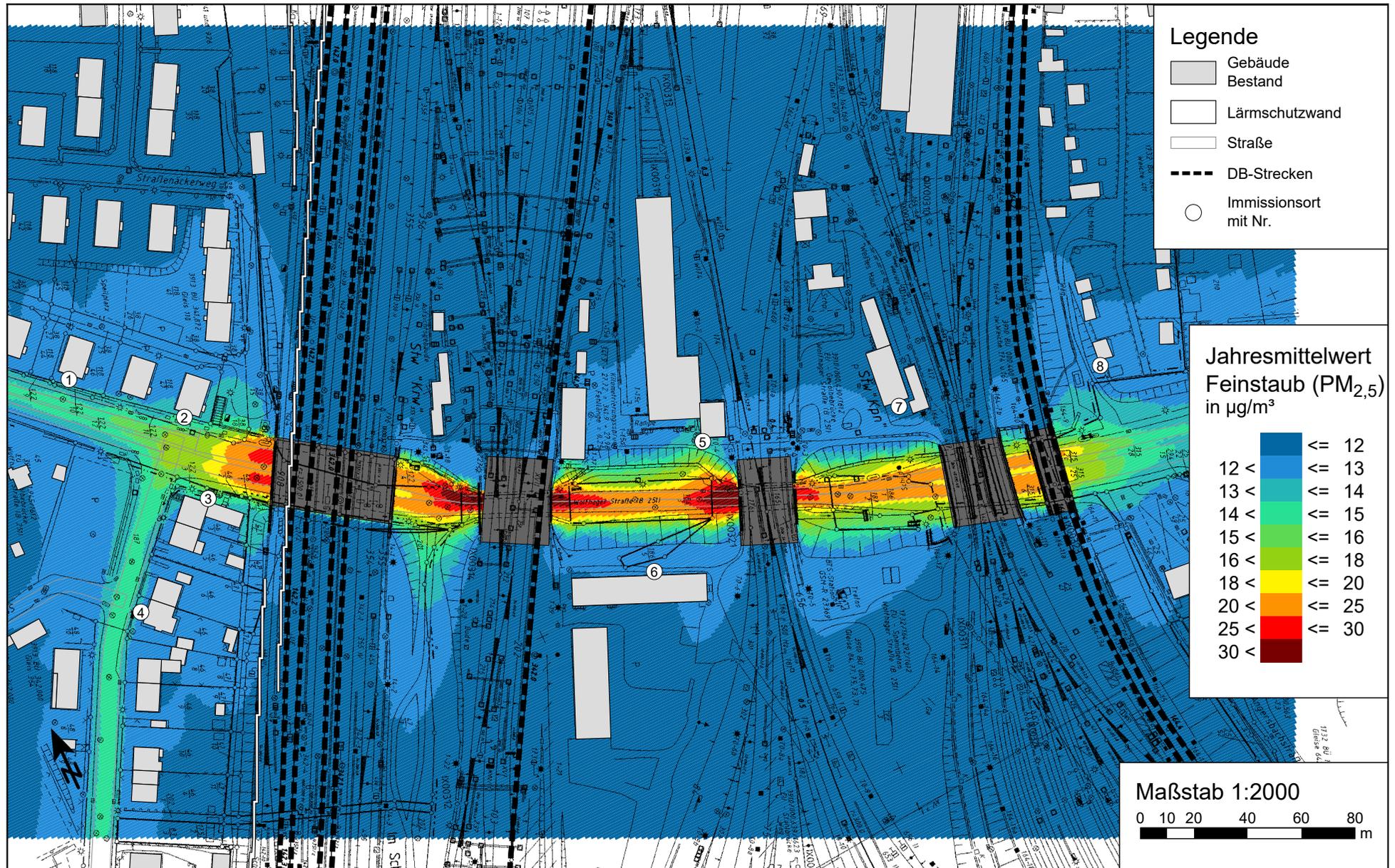


Anzahl der Feinstaub (PM<sub>10</sub>) Überschreitungstage in 1,5 m über Grund für den Planfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel"  
 Grenzwert 39. BImSchV: 35 Tage pro Jahr



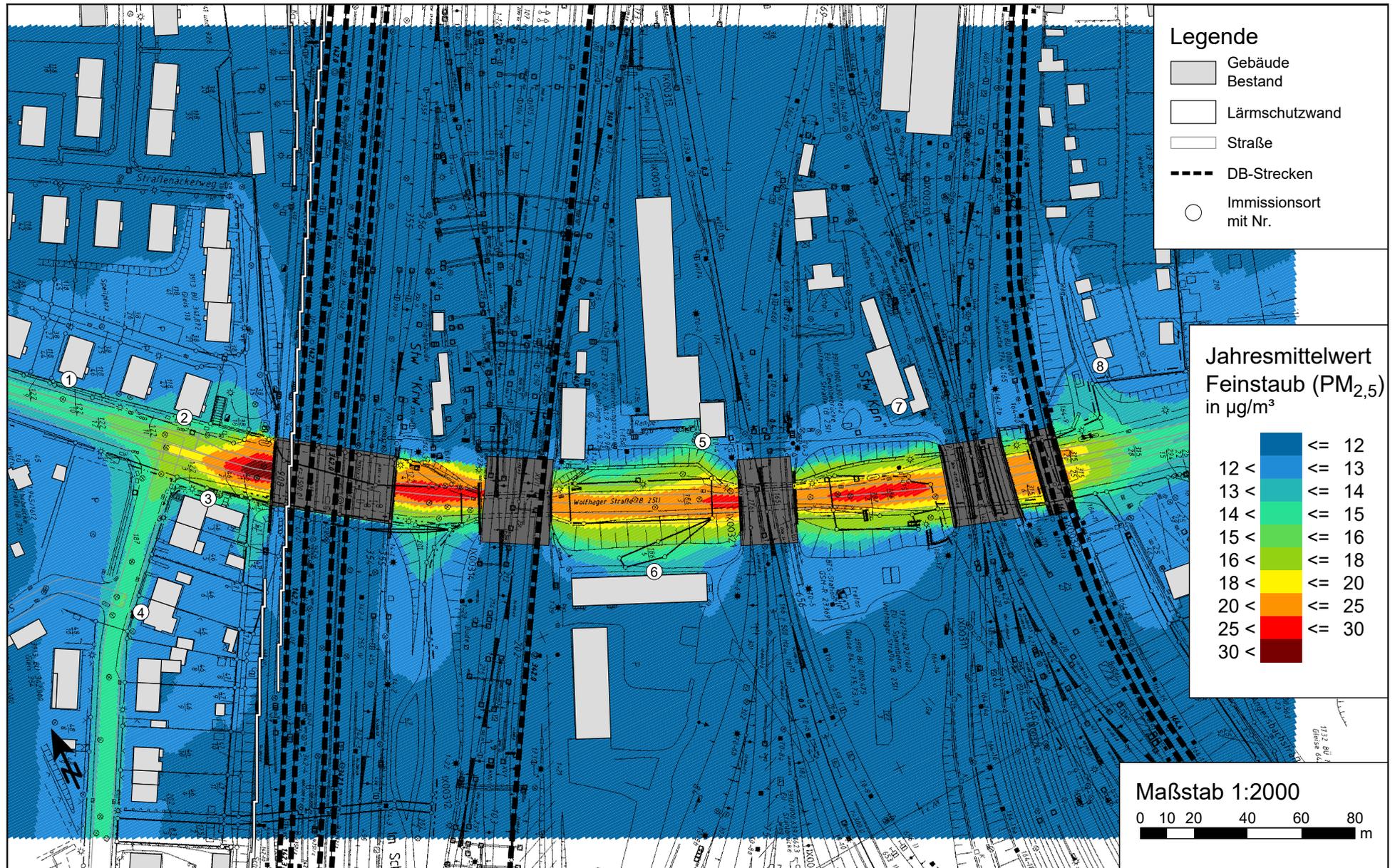
Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Nullfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 11,5 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert 39. BImSchV: 25,0 µg/m<sup>3</sup>

**PEUTZ**



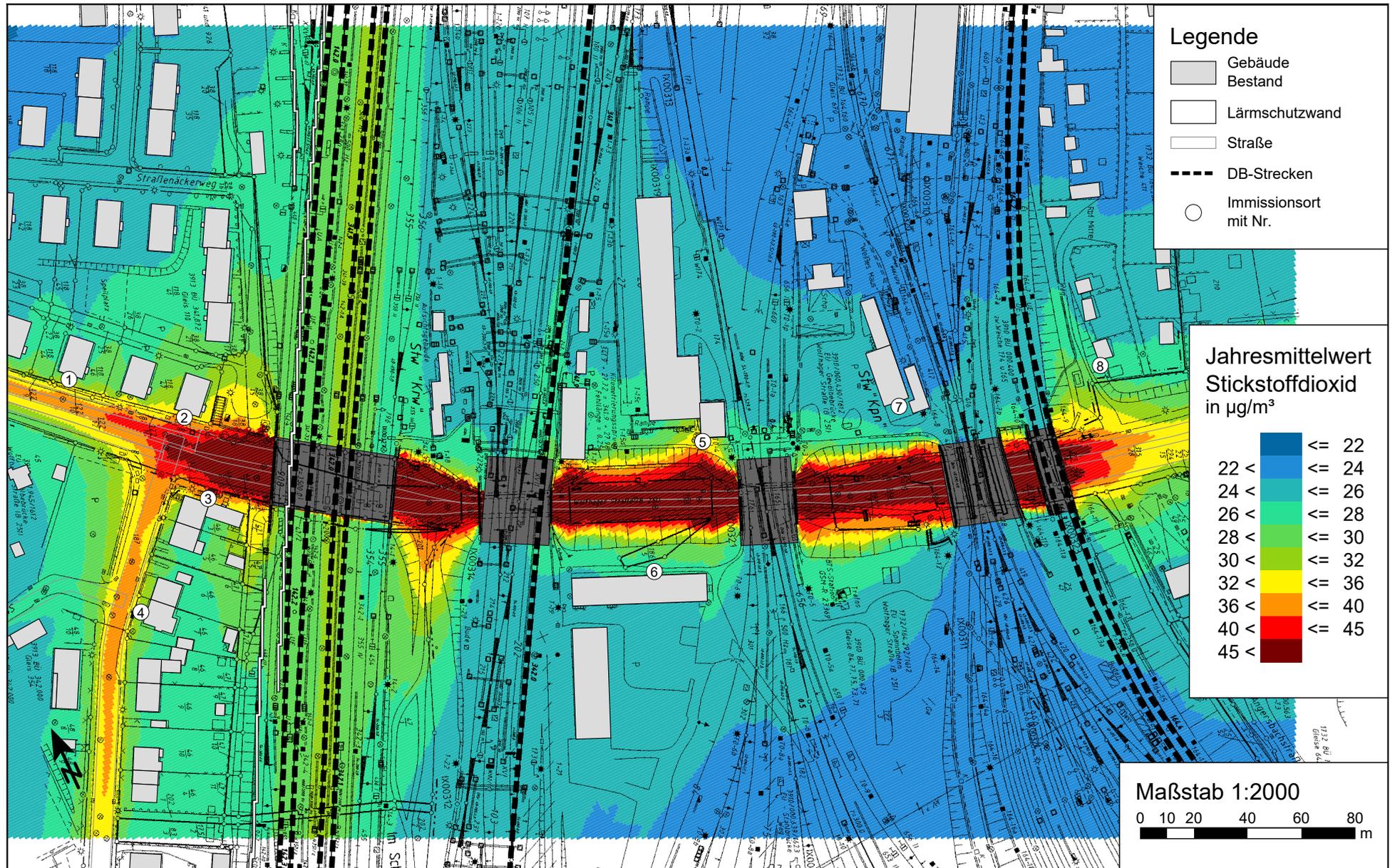
Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Planfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 11,5 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert 39. BImSchV: 25,0 µg/m<sup>3</sup>

**PEUTZ**



Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Nullfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 21,9 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert 39. BImSchV: 40,0 µg/m<sup>3</sup>

**PEUTZ**



Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) Gesamtbelastung (Jahresmittelwert, h = 1,5 m) für den Planfall 2024 zur "Änderung der Verkehrsanlagen Wolfhager Straße (B251) in Kassel" mit einer Hintergrundbelastung von 21,9 µg/m<sup>3</sup>: Grenzwert BImSchV: 40,0 µg/m<sup>3</sup>

**PEUTZ**

