

Luftschadstoffuntersuchung zum Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Ho- henbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uer- dingen

Bericht VB 7004-1 vom 06.01.2020

Auftraggeber: Stadt Krefeld
Fachbereich Stadt- und Verkehrsplanung
Parkstraße 10
47829 Krefeld

Bericht-Nr.: VB 7004-1
Datum: 06.01.2020
Ansprechpartner/in: Herr Streuber

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 51 Seiten,
davon 35 Seiten Text und 16 Seiten Anlagen.

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 92 100 87 00
Fax +49 30 92 100 87 29
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

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung.....	3
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien.....	4
3	Beurteilungsgrundlagen.....	8
4	Örtliche Gegebenheiten.....	10
5	Ermittlung der Schadstoffemissionen.....	11
5.1	Straßenverkehr.....	11
5.1.1	Eingangsdaten.....	12
5.1.1.1	Verkehrsdaten.....	12
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 _{2,5} - und PM ₁₀ -Emissionsfaktoren Straßenverkehr.....	17
5.1.2	Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten.....	17
5.1.3	Ergebnisse der Emissionsberechnung.....	17
5.2	Emissionen der DB-Strecken.....	17
5.3	Emissionen der Rheinschifffahrt.....	19
5.4	Emissionen aus der Industrie und dem Hausbrand.....	20
6	Weitere Eingangsdaten und Modellbildung.....	21
6.1	Meteorologiedaten.....	21
6.2	Hintergrundbelastung.....	22
6.3	Berechnungsmodell.....	24
7	Durchführung der Immissionsprognose.....	25
7.1	Allgemeine Hinweise.....	25
7.2	Vorgehensweise Bildung NO ₂ -Gesamtbelastung.....	25
7.3	Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen.....	26
7.4	Ergebnisdarstellungen.....	26
8	Ergebnisse der Luftschadstoffausbreitungsberechnungen.....	27
8.1	Feinstaub (PM ₁₀).....	27
8.2	Feinstaub (PM _{2,5}).....	28
8.3	Stickstoffdioxid (NO ₂).....	29
9	Zusammenfassung.....	32

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadt Krefeld stellt zurzeit den Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen auf. Hiermit soll Baurecht für Mischgebiete und Gewerbegebiete geschaffen werden [10]. Der Bebauungsplan ist in Anlage 1.1 dargestellt.

Hierzu ist eine mikroskalige lufthygienische Untersuchung mit Ausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Stickstoffdioxid (NO₂) 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 Handbuchs für Emissionsfaktoren in der aktuellen Version 4.1 [15] bestimmt.

Die 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.

Gemäß Auftraggeber wird frühestens im Jahr 2025 mit der Realisierung des Planvorhabens zu rechnen sein. Als Prognosejahr wird daher das Jahr 2025 verwendet.

Es werden nachfolgend die Fälle

Prognosenullfall: derzeitige Bebauungssituation, Verkehrsmengen und Emissionsfaktoren für das Jahr 2025

Planfall: Zukünftige bauliche Situation bei Realisierung des Bauvorhabens, Verkehrsmengen für das Jahr 2025 unter Berücksichtigung der Zusatzverkehre durch das Planvorhaben, Emissionsfaktoren für das Jahr 2025

unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung untersucht.

Ein Übersichtslageplan über die Situation im Prognosenullfall ist in Anlage 1.2 dargestellt. Die Situation im Prognoseplanfall unter Berücksichtigung der Realisierung des Bauvorhabens zeigt Anlage 1.3.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel / Beschreibung / Bemerkung		Kat.	Datum
[1]	BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz	G	Aktuelle Fassung
[2]	39. BImSchV 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen	V	02.08.2010
[3]	35. BImSchV Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung	V	Februar 2007
[4]	EG-Richtlinie 96/62/EG EG-Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität	V	27.09.1996
[5]	EG-Richtlinie 1999/30/EG EG-Richtlinie über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1. Tochterrichtlinie),	V	22.04.1999
[6]	EG-Richtlinie 2000/69/EG EG-Richtlinie über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (2. Tochterrichtlinie)	V	16.11.2000
[7]	EG-Richtlinie 2002/3/EG EG-Richtlinie über den Ozongehalt in der Luft (3. Tochterrichtlinie)	V	09.03.2002
[8]	EG-Richtlinie 2004/107/EG EG-Richtlinie über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft (4. TR)	V	26.01.2005
[9]	EG-Richtlinie 2008/50/EG EG-Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa	V	11.06.2008

Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[10] Bebauungsplan Nr. 772 „Rhein-Blick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ (Fassung 3)	Stadt Krefeld	P Planstand: 24.04.2018
[11] VDI 3782, Blatt 7 Kfz-Emissionsbestimmung	Kommission Reinhaltung der Luft, Kfz-Emissionsbestimmung	RIL November 2003
[12] VDI 3945, Blatt 3	Kommission Reinhaltung der Luft, Atmosphärische Ausbreitungsmodelle	RIL September 2000
[13] HBEFA , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2	Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz	Lit. Juli 2014
[14] HBEFA , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3	Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz	Lit. April 2017
[15] HBEFA , Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1	Infras, Forschung und Beratung, Bern, Schweiz	Lit. September 2019
[16] Handbuch IMMISem/luft/lärm zur Version 8	IVU Umwelt GmbH	Lit. Dezember 2019
[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] Zeitreihe der Windrichtung und -geschwindigkeit der Jahre 2007 – 2018 der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen	Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes: ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/observations_germany/climate/hourly/wind/historical/stundenwerte_FF_01078_19520101_20171231_hist.zip	P. 2007-2018
[21] 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
[22] Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid, UFOPLAN 20442 222	Diegmann, V. et al.	Lit.	2006
[23] A new simplified NO/NO ₂ conversion model under consideration of direct NO ₂ -emissions.	Düring, I. Bächlin, W. Ketzler, M. et al. In: Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20, No. 1, 067-073	Lit.	Februar 2011
[24] Jahreskenngößen der LUQS-Messstationen des LANUV NRW für die Jahre 2016 – 2018	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz; www.lanuv.nrw.de	Lit.	2016 - 2018
[25] LOD1-Modell im CityGML-Format des Untersuchungsgebietes	Landesregierung NRW: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/3d-gm/3d-gm_lod1/3d-gm_lod1_05114000_Krefeld_EPSG25832_CityGML.zip	P	22.02.2019
[26] Digitales Geländemodell (DGM1) des Untersuchungsgebietes	Landesregierung NRW: https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/geobasis/dgm/dgm1/dgm1_05114000_Krefeld_EPSG4647_XYZ.zip	P	13.06.2019
[27] Analyse- und Prognosedaten des Verkehrsnetzes der Stadt Krefeld	Stadt Krefeld, Fachbereich Stadtplanung	Lit.	2004
[28] Abschätzung des Verkehrsaufkommens durch die geplanten Nutzungen im Geltungsbereich des Bebauungsplanes Nr. 677/1 „Rheinblick“	Stadt Krefeld, Fachbereich Stadtplanung, Team Verkehrskonzepte	Lit.	März 2008
[29] Bestätigung der weiteren Gültigkeit der Verkehrsdaten aus [27] und [28] auch für den Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ (Fassung 3)	Stadt Krefeld, Fachbereich Stadt- und Verkehrsplanung	Lit.	E-Mail vom 14.03.2019
[30] KBA-Zulassungsstatistik des Zulassungsbezirkes Krefeld, Stand 01.01.2018	zur Verfügung gestellt durch das LANUV NRW	P	29.10.2018
[31] Luftreinhalteplan Krefeld	Bezirksregierung Düsseldorf	Lit.	i.d.F. vom 30.09.2010
[32] Umweltzone Krefeld – Zuordnung der Straßen zur Umweltzone	Stadt Krefeld	P	Stand: 13.10.2010
[33] Lkw-Verkehrsverbot und Umweltzone Krefeld - Stadtkarte 1:20.000	Stadt Krefeld	P	Stand: 01.09.2015
[34] Bericht zum Luftqualitätsmodell Krefeld - Grobscreening	iMA Cologne GmbH	Lit.	Februar 2007

Titel / Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[35] Emissionsdaten der Industrie und des Hausbrandes in Krefeld der Jahre 1999, 2000 und 2004	Lit.	Stand: 1999 / 2000 / 2004
[36] Datenexport der Immissionskarten des Grobscreenings für das Stadtgebiet Krefeld	P	Eingang: 30.01.2013
[37] Bericht zum Luftqualitätsmodell Krefeld – Feinscreening für 12 ausgewählte Gebiete innerhalb des Stadtgebietes von Krefeld	Lit.	Januar 2009
[38] Emissionsdaten der Rheinschiffahrt auf Basis des Emissionskatalogers 2012	P	E-Mail vom 22.07.2019
[39] LuWas, PC-Programm zur Ermittlung Schifffahrtsbedingter Luftschadstoffbelastungen an Wasserstraßen - Hintergrundinformationen -	Lit.	August 1998, überarbeitet Oktober 2000
[40] Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragener Schadstoffe des Schienenverkehrs	Lit.	Dezember 2007
[41] Luftschadstoffemissionsdaten der DB-Strecken 2504 und 2505 im Bereich des Planvorhabens auf Basis des Fahrplanes 2017	P	05.06.2019
[42] Jahresbericht 2005	Lit.	2006

Kategorien:

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

3 Beurteilungsgrundlagen

In der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung sind die Luftschadstoffimmissionen zum Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen zu untersuchen. Grundlage der Bewertung bildet dabei 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_{2,5}) eingeführt.

Mit Inkrafttreten der 22. BImSchV (2002) wurden die in den ersten drei Tochterrichtlinien festgelegten Immissionsgrenzwerte für die hier zu betrachtenden Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Benzol (C₆H₆) und Feinstaub (PM₁₀) 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_{2,5}) 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 ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2,5} µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³	CO mg/m ³
	350	125	500	200	40	400	50	40	25	5	10
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 PM₁₀ von 50 µg/m³ entsprechen in etwa einem 90-Perzentil-Wert von 50 µg/m³. Die zulässigen 18 Überschreitungen pro Kalenderjahr des maximalen Stundenwertes von 200 µg/m³ für NO₂ entsprechen in etwa dem 99,8-Perzentil-Wert von 200 µg/m³.

Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV [2] zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden dabei 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

Das Bebauungsplangebiet Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ befindet sich östlich der Hohenbudberger Straße und Dujardinstraße und westlich des Rheins in Krefeld-Uerdingen [10].

Das Plangebiet wird im Norden von der Hohenbudberger Straße und im Süden von der Dujardinstraße bzw. dem Rhein begrenzt. Außerhalb des Plangebietes befinden sich zahlreiche Gewerbebetriebe. Die gewerblichen Betriebe innerhalb des Plangebietes sind zurzeit überwiegend aufgegeben. Im nördlichen sowie ganz südlichen Teil des Plangebietes befinden sich daher Gewerbebrachen mit leer stehenden Gebäuden.

Die innerhalb des Plangebietes befindlichen Gewerbebetriebe werden mit dem vorliegenden Bebauungsplan überplant und sollen durch neue Nutzungen, unter anderem im südlichen Teil mit einem Mischgebietsanteil, ersetzt werden. Durch diese neu zu errichtenden Gebäude ergeben sich Änderungen in der lokalen Strömungssituation, welche die Luftschadstoffausbreitung zukünftig beeinflussen werden.

Weiter westlich verlaufen die DB-Strecken 2504 und 2505.

5 Ermittlung der Schadstoffemissionen

5.1 Straßenverkehr

Die Berechnung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt mit Hilfe des Emissionsprogramms IMMIS^{em} in der Version 8.001 [16]. Das Emissionsprogramm verwendet hierbei die im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) Version 4.1 [15] hinterlegten Emissionsfaktoren.

Das im Auftrag der Umweltbundesämter von Deutschland, der Schweiz und Österreich sowie Schweden, Frankreich und Norwegen 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 CO₂ und Kraftstoffverbrauch. Ebenso stehen seit der Version 4.1 des HBEFA auch Well-to-Tank (WTT) Emissionsfaktoren für CO₂-Äquivalente (CO_{2e}) zur Verfügung. Diese stellen die Emissionen aus der Kraftstoff- bzw. Energieerzeugung dar. Da diese in der Regel an anderen Orten als am Ort der lokalen Kraftfahrzeugemissionen auftreten, sind diese für lokale Luftschadstoffemissionen irrelevant, können aber für Aussagen zu globalen Perspektiven des Klimawandels herangezogen werden.

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 (Deutschland: 1994 – 2050);
- nach Schadstoff (z.B. NO_x, Partikel, Benzol, CO₂, Kraftstoffverbrauch u.a.);
- nach Verkehrssituation und Längsneigung;
- nicht abgasbedingte Feinstaubemissionen (PM₁₀) aus z.B Straßen- oder Reifenabrieb;
- Emissionsfaktoren für Elektro- und gasbetriebene Fahrzeuge.

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 und leichter Nutzfahrzeuge < 3,5t benötigt.

Grundlage für die Berechnung der Schadstoffemissionen der im Umfeld des Plangebietes verlaufenden Straßen sind die von der Stadt Krefeld zur Verfügung gestellten Verkehrsmengenangaben aus übergeordneten Netzberechnungen [27] des Jahres 2004.

Für den planungsbedingten Zusatzverkehr liegt eine abschätzende Untersuchung des Fachbereichs Stadtplanung der Stadt Krefeld [28] für den vorangegangenen Bebauungsplan Nr. 677 Teil „A“ – „Rheinblick“ aus dem Jahr 2008 vor, welche für die Hohenbudberger Straße sowie die Dujardinstraße Zusatzverkehr und Lkw-Anteile ausweist. Es liegen jedoch keine Daten vor, wie sich dieser Zusatzverkehr auf den übergeordneten Verkehrswegen verteilt.

Daher wurde in Abstimmung mit dem Fachbereich Stadtplanung für die betrachteten Straßenabschnitte außerhalb des Plangebietes auf die Prognosezahlen der Netzberechnungen 2004 [27] ohne Einfluss des Plangebietes selbst zurückgegriffen.

Die Anwendbarkeit dieser Daten, auch für den hier zu untersuchenden Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“, wurde seitens der Stadt Krefeld in 2019 erneut bestätigt [29].

Demnach sind die 2008 getroffenen Annahmen hinsichtlich des Verkehrsaufkommens, der pauschal angenommenen LKW-Anteile und der möglichen Nutzungen [28] aufgrund der Spielräume eines Angebotsbebauungsplanes und der vorgesehenen Gebietsausweisungen weiterhin anwendbar.

Auch die pauschale Annahme eines max. LKW-Anteil von 5 % der unmittelbar an das Plan-

gebiet angrenzenden Straßen wird seitens der Verkehrsplaner für sinnvoll erachtet, da die künftigen Nutzungen bzw. die Verkehrsmengen in einem Angebotsbebauungsplan nicht bekannt sind.

Angaben zum Anteil von leichten Nutzfahrzeugen (INfz) am durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) liegen nicht vor. Daher wird ein pauschaler Anteil von leichten Nutzfahrzeugen (INfz) von 5 % berücksichtigt, da leichte Nutzfahrzeuge in der Regel höhere Luftschadstoffemissionen als PKWs aufweisen und diese sonst unberücksichtigt bleiben würden. Allgemeine Verkehrszählungen haben gezeigt, dass ein solcher Anteil von leichten Nutzfahrzeugen (INfz) repräsentativ ist.

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 [13][14] wurden als eine wesentliche Änderung gegenüber der Version 2.1 von 2004 die Verkehrssituationen neu definiert. Mit der Aktualisierung auf die Version 4.1 wurden weitere Verkehrssituationen eingeführt. Dies sind ein fünfter Level of Service (LOS 5, „Heavy Stop+go“, das heißt Stau mit Durchschnittsgeschwindigkeiten von 5 bis 10 km/h) sowie städtische Hauptverkehrsstraßen mit Geschwindigkeitsbegrenzungen auf 30 km/h.

Es liegen somit nun 365 differenzierte Verkehrssituationen vor, welche sich in ländlich bzw. städtische Prägung, den Straßentyp, das geltende Tempolimit sowie fünf Verkehrsqualitäten gliedern. Für jede dieser Qualitätsstufen liegen ebenfalls Emissionsfaktoren vor.

Die sich hieraus ergebenden möglichen Verkehrssituationen des HBEFA 4.1 sind in der folgenden Tabelle 5.1 dargestellt:

Tabelle 5.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 4.1 [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, Heavy 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
	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	x	x						
	Sammelstraße		x	x	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 fünf Stufen „freier Verkehr“ (LOS1), „dichter Verkehr“ (LOS2), „gesättigter Verkehr“ (LOS3), „Stop&Go“ (LOS4) und „Heavy Stop+go“ (LOS5) durch entsprechend variierende Emissionsfaktoren im HBEFA 4.1 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 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^{em} 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.

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^{em} automatisiert berechnet. Die in HBEFA 4.1 neu hinzugekommene LOS Stufe „heavy stop+go“ wird hierbei berücksichtigt, indem zwei Drittel des gesamten stop+go-Anteils dem LOS 4 (stop+go) und ein Drittel dem LOS 5 (heavy stop+go) zugewiesen wird.

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 aufgrund von Gesetzgebung 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.

Die Zusammensetzung der PKW und der leichten Nutzfahrzeuge auf den im Rechengbiet liegenden Straßen wird der im HBEFA 4.1 hinterlegte mittlere bundesdeutsche Flottenmix „BAU“, angesetzt.

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb der Krefelder Umwelt- und Lkw-Fahrverbotszone, die seit dem 01.07.2014 nur noch von Fahrzeugen mit grüner Schadstoffplakette (auch Feinstaubplakette genannt) befahren werden darf [33]. Eine weitere Anpassung der Fahrzeugflotte aufgrund der Umweltzonenregelung erfolgt daher nicht.

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^{em} kann die Neigung mit einer Nachkommastelle angegeben werden. Der entsprechende Emissionsfaktor wird, falls die Neigung innerhalb des Wertebereichs des HBEFA liegt, mithilfe der im HBEFA hinterlegten Stützstellen interpoliert, falls die Neigung außerhalb des Wertebereichs liegt, extrapoliert.

Die Längsneigung der Straßen im Untersuchungsgebiet wurde mithilfe eines hochaufgelösten 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 12 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_x) ausstoßen als bei betriebswarmem Zustand, da die hier niedrigere Verbrennungstemperatur dann zu geringeren NO_x-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 Emissionskonzepten und weiter aufgeteilt nach Fahrtweite, Standzeit und Temperatur zur Verfügung.

Für das Emissionsmodell IMMIS^{em} wurden diese gemäß VDI 3782 Blatt 7 [11] 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_{2,5}- und PM₁₀-Emissionsfaktoren Straßenverkehr

Mit der Version 4.1 des HBEFA wurden auch nicht abgasbedingte PM_{2,5}- und PM₁₀-Emissionen durch Reifen- und Straßenabrieb, sowie Bremsbelags- und Kupplungsverschleiß eingeführt. Diese werden bei der Emissionsberechnung für Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) entsprechend mit berücksichtigt.

5.1.2 Zusammenfassende Dokumentation der Eingangsdaten

In Anlage 2.2 und Anlage 2.3 sind die wichtigsten Eingangsparameter für die Emissionsberechnung der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet für den Prognose-null- und den Planfall tabellarisch aufgeführt. Die räumliche Einordnung der aufgelisteten Straßenabschnitte kann mit dem Lageplan 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 NO_x, PM₁₀ und PM_{2,5} mit dem Emissionsprogramm IMMIS^{em} für den Prognose-null- und den Planfall mit dem Prognosehorizont 2025 berechnet.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung sind in Anlage 2.2 und Anlage 2.3 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 [40]. Hiermit können die Luftschadstoffemissionen des Schienenverkehrs für verschiedene Luftschadstoffe und Quellen ermittelt werden. Darin wird nach verbrennungsbedingten und abriebbedingten Emissionen unterschieden.

Die verbrennungsbedingten Emissionen stellen die „klassischen“ durch die Verbrennung eines Treibstoffes entstehenden Luftschadstoffemissionen dar und sind z. B. Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Stickoxide, Kohlenmonoxid und weitere.

Die abriebbedingten Emissionen entstehen durch den Bremsabrieb, den Rad- / Schienenabrieb und den Fahrdrabrieb.

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 [41] 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 2025 verwendet.

Die Feinstaubemissionen des Schienenverkehrs (Abgasemissionen und Emissionen durch Fahrtdraht-, Brems- und Rad- / Schienenkontakttrieb) fallen zu 100 % in die Fraktion PM₁₀, ohne Anteile in der Fraktion PM_{2,5}. Für Benzol (C₆H₆) liegen keine Emissionsdaten bzw. Emissionen vor.

Tabelle 5.2: Luftschadstoffemissionen der DB-Strecken entlang des Plangebietes [41]

Strecke	Emission [g/m*Tag]		
	NO _x Abgas	PM ₁₀	
		Abgas	Abrieb
2504_KKRL_KKRU	0,9195	0,0264	0,3010
2505_KKRX_KKRU	0,7753	0,0252	0,4472

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 (PM₁₀) und Stickstoffdioxid (NO₂) sind diese Zusatzimmissionen entsprechend mit berücksichtigt worden.

5.3 Emissionen der Rheinschifffahrt

Östlich des Plangebietes „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen verläuft in unmittelbarer Nähe der Rhein. Die Binnenschifffahrt auf dem Rhein emittiert ebenfalls Luftschadstoffe, welche als lokale Zusatzbelastung zu berücksichtigen sind.

Für die Ermittlung der Emissionen der Rheinschifffahrt wurden Daten aus dem Emissionskataster Luft durch das LANUV NRW zur Verfügung gestellt [38]. Die Emissionsdaten haben einen Stand von 2012 und stellen die aktuellsten verfügbaren Daten dar. Diese werden unverändert auch für das Prognosejahr 2025 angesetzt.

Es wurden Emissionsdaten für drei „Kacheln“ des Emissionskatasters mit je 1 km² Flächengröße zur Verfügung gestellt. Die Gesamtsumme der Emissionen dieser drei Kacheln, durch die der betrachtete Rheinabschnitt verläuft, beträgt für Stickoxide 94,87 t/a, für Feinstaub (PM₁₀) 2,35 t/a und für Feinstaub (PM_{2,5}) ebenfalls 2,35 t/a, da alle Feinstaubemissionen aus der Rheinschifffahrt vollständig der PM_{2,5} Fraktion zuzuordnen sind.

Der Rhein hat innerhalb der drei „Kacheln“ eine mittlere Länge zwischen den Fahrrinnen für Berg- und Talfahrt von 2.152 Metern. Hieraus können die Gesamtemissionen des Jahres 2012 auf die Bezugsgröße [Emission in Gramm pro Meter und Tag] als Eingangsgröße für das Ausbreitungsmodell umgerechnet werden.

Hieraus ergeben sich die in Tabelle 5.3 dargestellten Emissionsfaktoren für den Rhein für die Luftschadstoffe Stickstoffoxide (NO_x) sowie Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}).

Tabelle 5.3: Luftschadstoffemissionen der Rheinschifffahrt entlang des Plangebietes [38]

Quelle	Emission [g/m*Tag]		
	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}
Rheinschifffahrt	120,8	3,00	3,00

Die Emissionen wurden im digitalen Simulationsmodell als eine Linienquelle mit einer Höhe von 1,5 Metern und einer vertikalen Ausdehnung von 4,5 Metern modelliert, um verschiedene Typen von Auspuffanlagen der Binnenschiffe zu berücksichtigen. Binnenschiffe emittieren Abgase entweder in 1,5 Meter Höhe über der Wasserlinie horizontal nach hinten, in 4 Meter Höhe vertikal nach oben oder in 6 Meter Höhe schräg nach hinten oben [39].

5.4 Emissionen aus der Industrie und dem Hausbrand

Für die Emissionen von Luftschadstoffen aus der Industrie und dem Hausbrand liegen aus dem Grobscreening des Luftqualitätsmodells der Stadt Krefeld [34] Emissionsdaten für das gesamte Stadtgebiet von Krefeld mit einer genauen Positionsangabe und den Massenströmen für die Schadstoffe Feinstaub (nur PM₁₀) und Stickstoffdioxid vor [35].

Da sich aber fast alle Quellen außerhalb der MISKAM-Rechengebiete befinden, konnten sie nicht explizit mit MISKAM mitberechnet werden.

Um die Immissionen durch die Industrie und den Hausbrand als Zusatzbelastung explizit berücksichtigen zu können, wurden die Daten der Immissionsberechnungen des Grobscreenings des Luftqualitätsmodells der Stadt Krefeld durch das Umweltamt der Stadt Krefeld als flächendeckende Rasterkarten der Zusatzbelastung getrennt für die verschiedenen Quellen und Luftschadstoffe zur Verfügung gestellt [36]. Diese Immissionsdaten liegen für Stickstoffoxide (NO_x) und Feinstaub (nur PM₁₀) in einem 10 x 10 m Raster als Zusatzbelastungen vor. Das Bezugsjahr für diese Daten ist das Jahr 2010.

Auswertungen der Rasterkarten der Zusatzbelastung für den Bereich des Bebauungsplangebietes ergeben Zusatzbelastungen durch die Industrie und den Hausbrand von:

Tabelle 5.4: Zusatzbelastungen durch die Industrie und den Hausbrand innerhalb des Bebauungsplangebietes als Jahresmittelwerte mit Bezugsjahr 2010 [36]

Quelle	Zusatzbelastung Jahresmittelwert 2010 [µg/m ³]		
	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}
Hausbrand	4,0 – 4,5	0,1	Keine Angabe
Industrie	3,6 – 4,2	0,9	Keine Angabe
Summe (Maximalwerte)	8,7	1,0	1,0

Im Sinne eines Ansatzes auf der sicheren Seite werden die in Tabelle 5.4 angegebenen Summen der Maximalwerte für Stickstoffoxide (NO_x) und Feinstaub (nur PM₁₀) des Jahres 2010 unverändert für das Prognosejahr 2025 übernommen und der Hintergrundbelastung gemäß nachfolgendem Kapitel 6.2 zugeschlagen. Ebenso im Sinne eines Ansatzes auf der sicheren Seite werden nachfolgend für Feinstaub (PM_{2,5}) ebenfalls 1,0 µg/m³ als Zusatzbelastung angenommen.

6 Weitere Eingangsdaten und Modellbildung

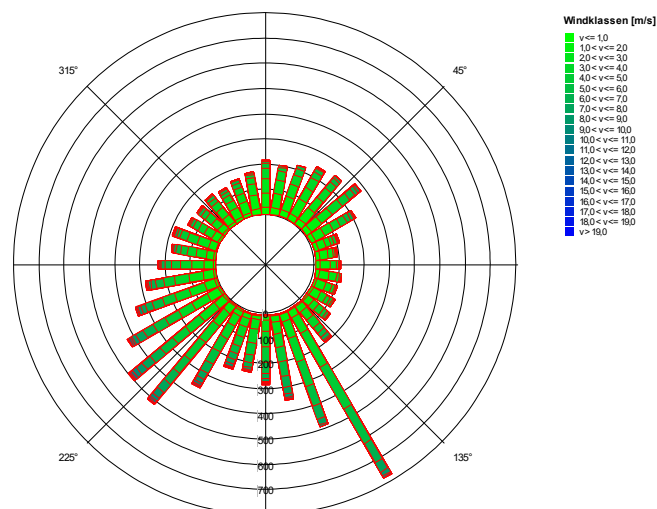
6.1 Meteorologiedaten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden Windstatistiken mit Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten benötigt, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Für die vorliegende Untersuchung wurden Messwerte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen aus den Jahren 2007 – 2018 verwendet. Die Station liegt etwa 11 km südöstlich des Untersuchungsgebietes und gibt gemäß Umweltamt der Stadt Krefeld auf Grund ihrer räumlichen Nähe und des 10-jährigen Messzeitraums sehr gut die langjährigen übergeordneten Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet wieder. Ebenso wurden die Daten der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen im Rahmen des für das gesamte Stadtgebiet Krefeld durchgeführten Luftschadstoffgroscreenings [34] sowie Feinscreenings für 12 ausgewählte Bereiche [37] verwendet.

Für die Immissionsprognose wurde die Messreihe mit jeweils 1-Stunden-Mittelwerten in Windrichtungssektoren à 10° ausgewertet und deren Häufigkeiten ermittelt. Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind in der folgenden Abbildung 6.1 dargestellt. Es dominieren südwestliche und - bedingt durch die Leitwirkung des Rheintals - südöstliche Windrichtungen bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 3,9 m/s in 10 m Höhe.

Abb. 6.1: Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der DWD-Station 10400 Düsseldorf-Flughafen der Jahre 2007 bis 2018 [20]



Anemometerhöhe: 10 m über Gelände; Datenquelle: DWD

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.

Der Ansatz zur Bestimmung der Hintergrundbelastung hat eine bedeutende Auswirkung auf die Ergebnisse der Immissionsuntersuchung, da insbesondere bei Stickstoffdioxid und PM_{10} im innerstädtischen Bereich bereits mehr als die Hälfte der zulässigen Immissionen gemäß 39. BImSchV durch die Hintergrundbelastung vorliegt.

Messdaten zur (Hintergrund)-Belastung in NRW liegen durch das Luftqualitätsmessnetz (LUQS) des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) an einer Vielzahl von Messstationen vor [24]. Die statistischen Kenngrößen der verkehrsrelevanten Schadstoffe werden regelmäßig veröffentlicht. Zur Bestimmung der Hintergrundbelastung wurde analog zum Luftreinhalteplan der Stadt Krefeld [30] auf Messwerte der letzten drei vollständig vorliegenden Messjahre (2016-2018) der Stationen Mülheim-Styrum [STYR], Krefeld-Linn [KREF], Ratingen [RAT2] und Duisburg-Walsum [WALS] zurückgegriffen.

Die Tabelle 6.1 zeigt die zur Bestimmung der Hintergrundbelastung verwendeten Messwerte sowie die hieraus ermittelte Hintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet.

In Zukunft ist aufgrund von politischen Vorgaben zur Emissionsminderung von einer weiter allmählich zurückgehenden Hintergrundbelastung auszugehen. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wurde im Rahmen dieser Berechnung auf eine Reduktion der Hintergrundbelastung für das Prognosejahr 2025 verzichtet.

Tabelle 6.1: EU-Jahreskenngrößen gemessener Schadstoffkonzentrationen an den LUQS-Messstation STYR, KREF, RAT2 und WALS [24]

Messstation /Quelle	Jahr	Immissionen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					Anzahl Tage mit Mittelwert $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
		JMW NO_2	JMW NO	JMW O_3	JMW $\text{PM}_{2,5}$	JMW PM_{10}	
Mülheim-Styrum (STYR)	2016	27	12	37	13	19	4
	2017	26	10	39	13	18	8
	2018	23	9	46	14	19	6
Krefeld-Linn (KREF)	2016	-	-	-	-	16	2
	2017	-	-	-	-	13	6
	2018	-	-	-	-	13	2
Ratingen-Tiefenbroich (RAT2)	2016	27	10	37	-	16	0
	2017	26	10	39	-	17	5
	2018	24	8	45	-	17	4
Duisburg-Walsum (WALS)	2016	27	12	37	-	20	4
	2017	27	11	38	-	20	6
	2018	26	11	45	-	20	6
Hintergrundbelastung Untersuchungsgebiet	2016-2018	25,9	10,3	40,3	13,3	17,3	-

Zusätzlich zu der gemäß Tabelle 6.1 dargestellten Hintergrundbelastung werden noch die in Tabelle 5.4 dargestellten Zusatzimmissionen durch die Industrie und den Hausbrand berücksichtigt.

Es ergibt sich daher eine Gesamthintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet von:

Tabelle 6.2: Gesamtluftschadstoffhintergrundbelastung und Bezugsjahr

Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	NO_x	NO	O_3	PM_{10}	$\text{PM}_{2,5}$
Hintergrundbelastung 2016–2018 (für 2025) mit Industrie und Hausbrand	50,4	10,3	40,3	18,3	14,3

* siehe Kapitel 7.2

6.3 Berechnungsmodell

Die Berechnung der Schadstoffimmissionen wurde mit dem Rechenmodell MISKAM (Mikroskaliges Ausbreitungsmodell, Version 6.3 von November 2013) 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 sogenanntes 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 der des inneren Rechengebietes wird die Unabhängigkeit der Modellergebnisse von der Gebietsgröße erreicht.

Die Lage und Höhe der Gebäude der Bestandsbebauung wurden aus den von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellten LOD1-Klötzchenmodellen [25] abgeleitet. Neuere, nicht in diesem Datensatz enthaltene Gebäude wurden ergänzt.

Die geplanten Gebäude wurden auf der Grundlage des Bebauungsplanes [10] abgeleitet.

Lagepläne der Berechnungsmodelle für die beiden Untersuchungsvarianten mit dem jeweils berücksichtigten Gebäudebestand sind in den Anlagen 1.2 und 1.3 dargestellt.

Das innere Rechengebiet hat eine Ausdehnung von 450,0 x 900,0 m mit einem äquidistanten Raster von 1,5 x 1,5 m, das äußere Rechengebiet hat eine Ausdehnung von ca. 1.250 x 1.700 m.

In vertikaler Richtung besteht der Modellraum aus 42 mit zunehmender Höhe mächtiger werdenden Schichten bis zur Modelloberkante in 500 m 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 NO₂-Gesamtbelastung

Feinstaub kann in der betrachteten Raum-Zeitskala als chemisch inert angesehen werden. Für NO₂ müssen jedoch bei der Bestimmung des Jahresmittelwertes neben der Quellstärke, dem Transport und der Turbulenz auch schnell ablaufende chemische Umwandlungsprozesse berücksichtigt werden, bei denen es zu einer teilweisen Umwandlung von NO in NO₂ kommt. Die Intensität dieser Umwandlungsprozesse ist von einer Vielzahl von Parametern – z. B. der Temperatur, der kurzwelligen Strahlungsintensität sowie den Hintergrundbelastungswerten von NO, NO₂ und Ozon abhängig.

Die Einbindung dieser komplexen chemischen Vorgänge bei der Bestimmung der NO₂-Gesamtbelastung erfolgt im vorliegenden Fall gemäß dem vereinfachten NO/NO₂-Konversionsmodell nach Düring et al. [23].

Neben den berechneten NO_x-Gesamtbelastungen fließen in dieses Modell die Hintergrundbelastungswerte für NO_x, NO₂ und O₃ (Ozon) ein. Diese Werte wurden anhand der Messwerte der Stationen Mülheim-Styrum, Ratingen-Tiefenbroich und Duisburg-Walsum ermittelt. Tabelle 6.2 in Kapitel 6.2 weist die verwendeten Hintergrundbelastungswerte aus. Zusätzlich wird für das Modell der Anteil primärer NO₂-Emissionen an den NO_x-Gesamtemissionen benötigt. Dieser Anteil wurde auf Grundlage der Emissionsberechnungen für alle Straßenab-

schnitte im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2025 bestimmt und beträgt im Mittel 26 %. Für alle weiteren Eingangsgrößen wurden die in [23] dokumentierten Standardwerte angesetzt.

7.3 Vorgehensweise Beurteilung Kurzzeitbelastungen

Bezüglich der NO₂-Kurzzeitbelastung sieht die 39. BImSchV die Prüfung auf Überschreitung eines Stundenmittelwertes von 200 µg/m³ 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 Gesamtimmission liefert, nur als Jahresmittelwert berücksichtigt werden kann.

Statistische Auswertungen von Messwerten an Dauermessstationen [21] haben aber zu einer Formel geführt, mit deren Hilfe die Wahrscheinlichkeit, dass der Stundenmittelwert NO₂ von 200 µg/m³ an mehr als 18 h im Jahr auftritt, abgeschätzt werden kann. Grundlage bildet der Jahresmittelwert der Stickoxidimmissionen (NO_x). Dieses Verfahren wird im vorliegenden Fall angewendet.

7.4 Ergebnisdarstellungen

Die Luftschadstoffkonzentrationen in einer bodennahen Schicht (h = 1,5 m) werden flächendeckend ermittelt und in den Anlagen 3.1, 3.2, 4.1, 4.2, 5.1 und 5.2 für den Prognosenull- und den Planfall dargestellt. Die Farbdarstellung wurde jeweils so gewählt, dass Grenzwertüberschreitungen mit roten Farbtönen gekennzeichnet werden. Blau eingefärbte Bereiche zeigen Konzentrationen an, die sich nur unwesentlich von der angesetzten Hintergrundbelastung unterscheiden.

Zusätzlich zeigen die Anlagen 3.3, 4.3 und 5.3 die durch die Realisierung des Planvorhabens zu erwartenden Veränderungen der Immissionsbelastung. Blaue Farbtöne weisen hierbei Bereiche mit verbesserter Luftqualität aus, rote Farbtöne weisen Bereiche mit verschlechterter Luftqualität aus.

Darüber hinaus werden die Gesamtimmissionen 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 (PM₁₀)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM₁₀) sind in der Anlage 3.1 für den Nullfall und Anlage 3.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.1 die berechneten PM₁₀-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.1: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM₁₀)

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [µg/m ³] Feinstaub (PM ₁₀)			
		IGW JMW	Nullfall 2025	Planfall 2025	Delta Planfall - Nullfall*
1	Hohenbudberger Straße 55	40	19,0	19,3	+0,3
2	Hohenbudberger Straße 49	40	21,5	23,7	+2,2
3	Hohenbudberger Straße 23	40	20,9	22,3	+1,4
4	Hohenbudberger Straße 1a	40	20,9	22,2	+1,3
5	Hohenbudberger Straße 4	40	20,8	21,9	+1,1
6	Hohenbudberger Straße 10 (1)	40	18,8	19,7	+0,9
7	Hohenbudberger Straße 10 (2)	40	18,6	19,3	+0,7
8	Dujardinstraße 1	40	18,6	18,7	+0,1
9	Hohenbudberger Straße 34 /	40	19,9	20,7	+0,8
10	Hohenbudberger Straße 26 /	40	20,7	22,7	+2,0
11	Hohenbudberger Straße 14 /	40	20,1	21,4	+1,3
12	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	40	18,5	18,6	+0,1
13	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	40	18,4	18,5	+0,1
14	Am Zollhof 7 (Zollamt)	40	18,4	18,4	±0
15	Freifläche / östliche Baugrenze MI 2.4	40	18,5	18,4	-0,1
16	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.2	40	18,5	18,5	±0
17	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.1	40	18,5	18,5	±0
18	Freifläche / östliche Baugrenze GE 2	40	18,5	18,6	+0,1

* Siehe auch Anlage 3.3

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum PM₁₀-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Jahr 2025 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 21,5 µg/m³ im Nullfall und maximal 23,7 µg/m³ im Planfall sowie im gesamten Untersuchungsgebietes deutlich eingehalten wird.

Neben dem Grenzwert zum PM₁₀-Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein Kurzzeitgrenzwert für Feinstaub aufgeführt. Demnach darf an maximal 35 Tagen im Jahr der PM₁₀-Tagesmittelwert größer 50 µg/m³ sein. Ausgehend von den Erkenntnissen des LANUV NRW, dass es ab 29 µg/m³ mit geringer Wahrscheinlichkeit, ab 32 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit zu mehr als 35 Überschreitungstagen mit mehr als 50 µg/m³ Feinstaub kommt [42], ist bei einem maximalen Jahresmittelwert von 21,5 µg/m³ im Nullfall und maximal 23,7 µg/m³ im Planfall nicht mit mehr als 35 Überschreitungstagen im gesamten Untersuchungsgebiet rechnen.

8.2 Feinstaub (PM_{2,5})

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Feinstaub (PM_{2,5}) sind in der Anlage 4.1 für den Nullfall und Anlage 4.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.2 die berechneten PM_{2,5}-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten.

Tabelle 8.2: Jahresmittelwerte Feinstaub (PM_{2,5})

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [µg/m ³] Feinstaub (PM _{2,5})			
		IGW JMW	Nullfall 2025	Planfall 2025	Delta Planfall - Nullfall*
1	Hohenbudberger Straße 55	25	14,9	15,0	+0,1
2	Hohenbudberger Straße 49	25	16,1	17,2	+1,1
3	Hohenbudberger Straße 23	25	15,8	16,5	+0,7
4	Hohenbudberger Straße 1a	25	15,8	16,5	+0,7
5	Hohenbudberger Straße 4	25	15,7	16,4	+0,7
6	Hohenbudberger Straße 10 (1)	25	14,7	15,1	+0,4
7	Hohenbudberger Straße 10 (2)	25	14,6	14,9	+0,3
8	Dujardinstraße 1	25	14,7	14,7	±0
9	Hohenbudberger Straße 34 /	25	15,2	15,7	+0,5
10	Hohenbudberger Straße 26 /	25	15,7	16,8	+1,1
11	Hohenbudberger Straße 14 /	25	15,4	16,1	+0,7
12	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	25	14,6	14,7	+0,1
13	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	25	14,5	14,6	+0,1
14	Am Zollhof 7 (Zollamt)	25	14,6	14,6	±0
15	Freifläche / östliche Baugrenze MI 2.4	25	14,7	14,6	-0,1
16	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.2	25	14,8	14,8	±0
17	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.1	25	14,7	14,7	±0
18	Freifläche / östliche Baugrenze GE 2	25	14,7	14,7	±0

* Siehe auch Anlage 4.3

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass der Grenzwert zum PM_{2,5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ im Jahr 2025 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 16,1 µg/m³ im Nullfall und maximal 17,2 µg/m³ im Planfall im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten wird.

8.3 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen der Jahresmittelwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) sind in der Anlage 5.1 für den Nullfall und Anlage 5.2 für den Planfall in 1,5 Meter Höhe dargestellt. Zusätzlich zeigt Tabelle 8.3 die berechneten NO₂-Belastungen an ausgewählten Immissionsorten. Überschreitungen des Grenzwertes sind **fett** gedruckt dargestellt.

Tabelle 8.3: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid (NO₂)

Nr.	Immissionsort Beschreibung Nullfall / Planfall	Jahresmittelwerte [µg/m ³] Stickstoffdioxid (NO ₂)			
		IGW JMW	Nullfall 2025	Planfall 2025	Delta Planfall - Nullfall*
1	Hohenbudberger Straße 55	40	35,3	36,3	+1,0
2	Hohenbudberger Straße 49	40	42,3	48,8	+6,5
3	Hohenbudberger Straße 23	40	40,7	45,5	+4,8
4	Hohenbudberger Straße 1a	40	40,4	45,0	+4,6
5	Hohenbudberger Straße 4	40	40,1	44,6	+4,5
6	Hohenbudberger Straße 10 (1)	40	33,2	36,2	+3,0
7	Hohenbudberger Straße 10 (2)	40	32,7	34,9	+2,2
8	Dujardinstraße 1	40	33,4	33,8	+0,4
9	Hohenbudberger Straße 34 /	40	37,6	40,7	+3,1
10	Hohenbudberger Straße 26 /	40	40,5	48,2	+7,7
11	Hohenbudberger Straße 14 /	40	38,6	43,2	+4,6
12	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	40	32,7	34,4	+1,7
13	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	40	32,3	32,9	+0,6
14	Am Zollhof 7 (Zollamt)	40	33,4	33,7	+0,3
15	Freifläche / östliche Baugrenze MI 2.4	40	35,8	34,1	-1,7
16	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.2	40	37,1	37,2	+0,1
17	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.1	40	35,6	35,3	-0,3
18	Freifläche / östliche Baugrenze GE 2	40	35,8	35,6	-0,2

* Siehe auch Anlage 5.3

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für den Prognosenullfall zeigen, dass der Grenzwert zum NO₂-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Jahr 2025 in mehreren Bereichen der Hohenbudberger Straße (Immissionsorte 2, 3, 4, 5 und 10) mit bis 42,3 µg/m³ überschritten

wird. Im gesamten Untersuchungsgebiet liegen Jahresmittelwerte von über $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor. Dies ist vor allem auf die bereits hohe Stickstoffdioxid Hintergrundbelastung und die Zusatzbelastungen durch den Hausbrand, die Industrie, die DB-Strecken und die Rheinschifffahrt zurückzuführen. Die dann noch vergleichsweise hohe Verkehrsbelastung auf der Hohenbudberger Straße bei einem geringen Querschnitt und viel Randbebauung führt dann zu den berechneten Grenzwertüberschreitungen in diesen Bereichen.

Durch die Planung werden Baulücken entlang der Hohenbudberger Straße geschlossen, wodurch die Durchlüftung innerhalb des Straßenraums weiter eingeschränkt wird. Hierdurch und durch eine Erhöhung der Verkehrsmengen auf der Hohenbudberger Straße kommt es im Planfall zu deutlichen Erhöhungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen im Straßenraum, welche zu einer deutlichen Verschärfung und Ausweitung der Grenzwertüberschreitungen entlang der Hohenbudberger Straße um bis zu $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf dann bis zu $48,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führt. Weiterhin liegen im Planfall zwischen den Immissionsorten 9 und 11 (alle entlang der Hohenbudberger Straße) erstmals Grenzwertüberschreitungen um bis $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor.

Im Bereich der Dujardinstraße (Immissionsort 6, 7, 12 und 13) liegen durch die Planung ebenfalls Erhöhungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen vor, welche aber mit bis zu $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht so stark ausfallen wie entlang der Hohenbudberger Straße und hier auch nicht zu Grenzwertüberschreitungen führen.

Neben der jahresmittleren NO_2 -Belastung ist in der 39. BImSchV zusätzlich ein Grenzwert für kurzzeitige NO_2 -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_x -Gesamtbelastungen beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Grenzwert nicht eingehalten wird, maximal 4,5 % im Nullfall 2025 und 8,3 % im Planfall 2025 (vgl. Kapitel 7.3).

Auswertungen von Messergebnissen an Verkehrsmessstationen des LANUV NRW zeigen, dass in den letzten Jahren auch bei NO_2 -Jahresmittelwerten mit deutlich höheren Konzentrationen wie im vorliegenden Fall für das Untersuchungsgebiet ermittelt, das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV in ganz NRW eingehalten wurde. Daher kann davon ausgegangen werden, dass in der Realität das Kurzzeitkriterium der 39. BImSchV im gesamten Untersuchungsgebiet eingehalten wird.

Tabelle 8.4: Überschreitungswahrscheinlichkeit des Auftretens von mehr als 18 Stunden mit 1-h Mittelwert Stickstoffdioxid (NO₂) über 200 µg/m³

Immissionsort		Wahrscheinlichkeit von mehr als 18 zulässigen Überschreitungen des 1-h Mittelwertes von 200 µg/m ³ NO ₂ pro Jahr in %	
Nr.	Beschreibung	Nullfall 2025	Planfall 2025
1	Hohenbudberger Straße 55	2,6	2,8
2	Hohenbudberger Straße 49	4,5	8,3
3	Hohenbudberger Straße 23	3,9	6,0
4	Hohenbudberger Straße 1a	3,8	5,7
5	Hohenbudberger Straße 4	3,7	5,5
6	Hohenbudberger Straße 10 (1)	2,2	2,7
7	Hohenbudberger Straße 10 (2)	2,2	2,5
8	Dujardinstraße 1	2,3	2,3
9	Hohenbudberger Straße 34 /	3,0	3,9
10	Hohenbudberger Straße 26 /	3,8	7,8
11	Hohenbudberger Straße 14 /	3,3	4,9
12	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	2,2	2,4
13	Freifläche / westliche Baugrenze MI 1.2	2,1	2,2
14	Am Zollhof 7 (Zollamt)	2,3	2,3
15	Freifläche / östliche Baugrenze MI 2.4	2,7	2,4
16	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.2	2,9	3,0
17	Freifläche / östliche Baugrenze MI 1.1	2,6	2,6
18	Freifläche / östliche Baugrenze GE 2	2,7	2,6

9 Zusammenfassung

Die Stadt Krefeld stellt zurzeit den Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen auf. Hiermit soll Baurecht für Mischgebiete und Gewerbegebiete geschaffen werden.

Hierzu war eine mikroskalige lufthygienische Untersuchung mit Ausbreitungsberechnungen für die relevanten Luftschadstoffe Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Stickstoffdioxid (NO₂) durchzuführen. Die Berechnungen zu den verkehrlichen Luftschadstoffen wurden mit der aktuellen Version 6.3 des prognostischen Windfeld- und Ausbreitungsmodells MISKAM (Mikro-skaliges Ausbreitungsmodell) durchgeführt.

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden auf Grundlage des Handbuchs für Emissionsfaktoren in der aktuellen Version 4.1 bestimmt. Die Emissionen der Rheinschifffahrt wurden auf Basis von Daten des LANUV NRW aus dem Emissionskataster Luft ermittelt. Die Luftschadstoffemissionen der DB-Strecken wurden von DB Umweltzentrum Berlin zur Verfügung gestellt.

Die Hintergrundbelastung im Plangebiet wurde anhand von Messwerten umliegender Hintergrundmessstationen ermittelt und um Beiträge aus der Industrie und dem Hausbrand ergänzt.

Für die vorliegende Untersuchung wurden Messwerte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen aus den Jahren 2007 – 2018 für die Windfeld- und Ausbreitungsberechnungen verwendet. Die Station liegt etwa 11 km südöstlich des Untersuchungsgebietes und gibt gemäß Umweltamt der Stadt Krefeld auf Grund ihrer räumlichen Nähe und des 10-jährigen Messzeitraums sehr gut die langjährigen übergeordneten Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet wieder.

Die berechneten Immissionen werden mit den Grenzwerten der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes / Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) verglichen und beurteilt.

Gemäß Auftraggeber wird frühestens im Jahr 2025 mit der Realisierung des Planvorhabens zu rechnen sein. Als Prognosejahr wurde daher das Jahr 2025 verwendet.

Es wurden die Fälle

Prognosenullfall: derzeitige Bebauungssituation, Verkehrsmengen und Emissionsfaktoren für das Jahr 2025

Planfall: Zukünftige bauliche Situation bei Realisierung des Bauvorhabens, Verkehrsmengen für das Jahr 2025 unter Berücksichtigung der Zusatzverkehre durch das Planvorhaben, Emissionsfaktoren für das Jahr 2025

unter Berücksichtigung der großräumigen Hintergrundbelastung untersucht.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für Feinstaub (PM₁₀) zeigen, dass der Grenzwert zum PM₁₀-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Jahr 2025 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 21,5 µg/m³ im Nullfall und maximal 23,7 µg/m³ im Planfall sowie im gesamten Untersuchungsgebietes deutlich eingehalten wird.

Neben dem Grenzwert zum PM₁₀-Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein Kurzzeitgrenzwert für Feinstaub aufgeführt. Demnach darf an maximal 35 Tagen im Jahr der PM₁₀-Tagesmittelwert größer 50 µg/m³ sein. Ausgehend von den Erkenntnissen des LANUV NRW, dass es ab 29 µg/m³ mit geringer Wahrscheinlichkeit, ab 32 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit zu mehr als 35 Überschreitungstagen mit mehr als 50 µg/m³ Feinstaub kommt, ist bei einem maximalen Jahresmittelwert von 21,5 µg/m³ im Nullfall und maximal 23,7 µg/m³ im Planfall nicht mit mehr als 35 Überschreitungstagen im gesamten Untersuchungsgebiet rechnen.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für Feinstaub (PM_{2,5}) zeigen, dass der Grenzwert zum PM_{2,5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ im Jahr 2025 an allen betrachteten Immissionsorten mit maximal 16,1 µg/m³ im Nullfall und maximal 17,2 µg/m³ im Planfall im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten wird.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für Stickstoffdioxid (NO₂) zeigen, dass der Grenzwert zum NO₂-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Jahr 2025 in mehreren Bereichen der Hohenbudberger Straße (Immissionsorte 2, 3, 4, 5 und 10) mit bis 42,3 µg/m³ überschritten wird. Im gesamten Untersuchungsgebiet liegen Jahresmittelwerte von über 31 µg/m³ vor. Dies ist vor allem auf die bereits hohe Stickstoffdioxid Hintergrundbelastung und die Zusatzbelastungen durch den Hausbrand, die Industrie, die DB-Strecken und die Rheinschifffahrt zurückzuführen. Die dann noch vergleichsweise hohe Verkehrsbelastung auf der Hohenbudberger Straße bei einem geringen Querschnitt und viel Randbebauung führt dann zu den berechneten Grenzwertüberschreitungen in diesen Bereichen.

Durch die Planung werden Baulücken entlang der Hohenbudberger Straße geschlossen, wodurch die Durchlüftung innerhalb des Straßenraums weiter eingeschränkt wird. Hierdurch und durch eine Erhöhung der Verkehrsmengen auf der Hohenbudberger Straße kommt es im Planfall zu deutlichen Erhöhungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen im Straßenraum, welche zu einer deutlichen Verschärfung und Ausweitung der Grenzwertüberschreitungen entlang der Hohenbudberger Straße um bis zu $7,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf dann bis zu $48,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führt. Weiterhin liegen im Planfall zwischen den Immissionsorten 9 und 11 (alle entlang der Hohenbudberger Straße) erstmals Grenzwertüberschreitungen um bis $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor.

Im Bereich der Dujardinstraße (Immissionsort 6, 7, 12 und 13) liegen durch die Planung ebenfalls Erhöhungen der Stickstoffdioxidkonzentrationen vor, welche aber mit bis zu $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht so stark ausfallen wie entlang der Hohenbudberger Straße und hier auch nicht zu Grenzwertüberschreitungen führen.

Neben der jahresmittleren NO_2 -Belastung ist in der 39. BImSchV zusätzlich ein Grenzwert für kurzzeitige NO_2 -Belastungsspitzen definiert. Demnach darf ein Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an nicht mehr als 18 Stunden im Jahr überschritten werden. Überschreitungen des Stundengrenzwertes können auf Grundlage der berechneten NO_2 -Gesamtbelastung in beiden Varianten ausgeschlossen werden.

Peutz Consult GmbH

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

i.V. Dipl.-Geogr. Björn Siebers
(Qualitätskontrolle)

Anlagenverzeichnis

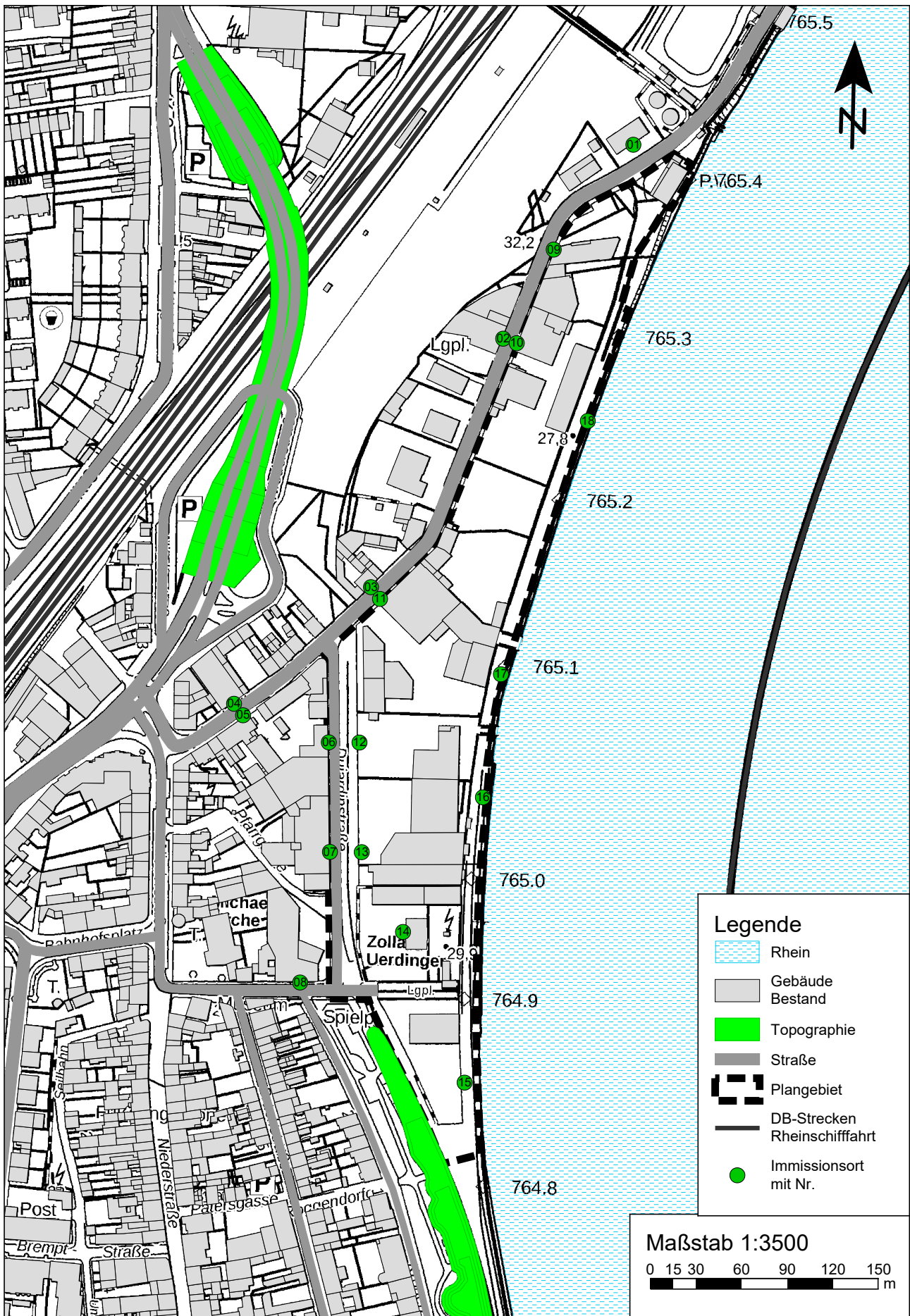
Anlage 1.1	Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen
Anlage 1.2 und Anlage 1.3	Übersichtslageplan mit Darstellung der Situationen "Nullfall 2025" und "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld
Anlage 2.1	Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenabschnitte für die Emissionsberechnungen zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld
Anlage 2.2 und Anlage 2.3	Emissionsansätze und Eingangsdaten für die Situationen „Nullfall 2025“ und „Planfall 2025“ zum Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen
Anlage 2.4	DB-Strecken im Untersuchungsgebiet
Anlage 3.1 und Anlage 3.2	Feinstaub (PM ₁₀) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" und "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 18,3 µg/m ³
Anlage 3.3	Änderung des Jahresmittelwertes von Feinstaub (PM ₁₀)
Anlage 4.1 und Anlage 4.2	Feinstaub (PM _{2,5}) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" und "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 14,3 µg/m ³
Anlage 4.3	Änderung des Jahresmittelwertes von Feinstaub (PM _{2,5})
Anlage 5.1 und Anlage 5.2	Stickstoffdioxid (NO ₂) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" und "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 29,4 µg/m ³
Anlage 5.3	Änderung des Jahresmittelwertes von Stickstoffdioxid (NO ₂)

Anlage 1.1: Bebauungsplan Nr. 772 „Rheinblick zwischen Dujardinstraße, Hohenbudberger Straße und Rhein“ in Krefeld-Uerdingen



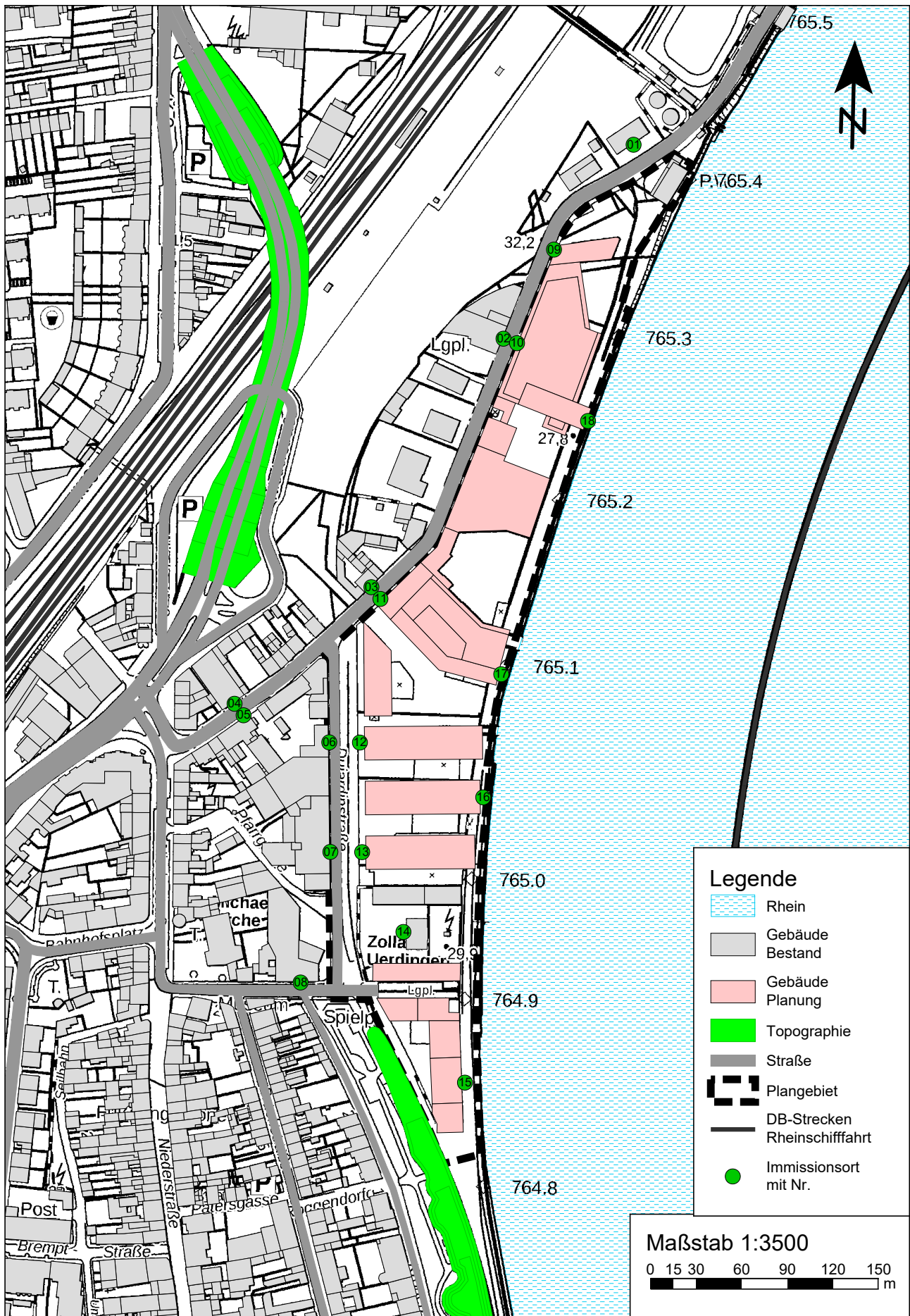
Anlage 1.2: Übersichtslageplan mit Darstellung der Situation "Nullfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld

PEUTZ

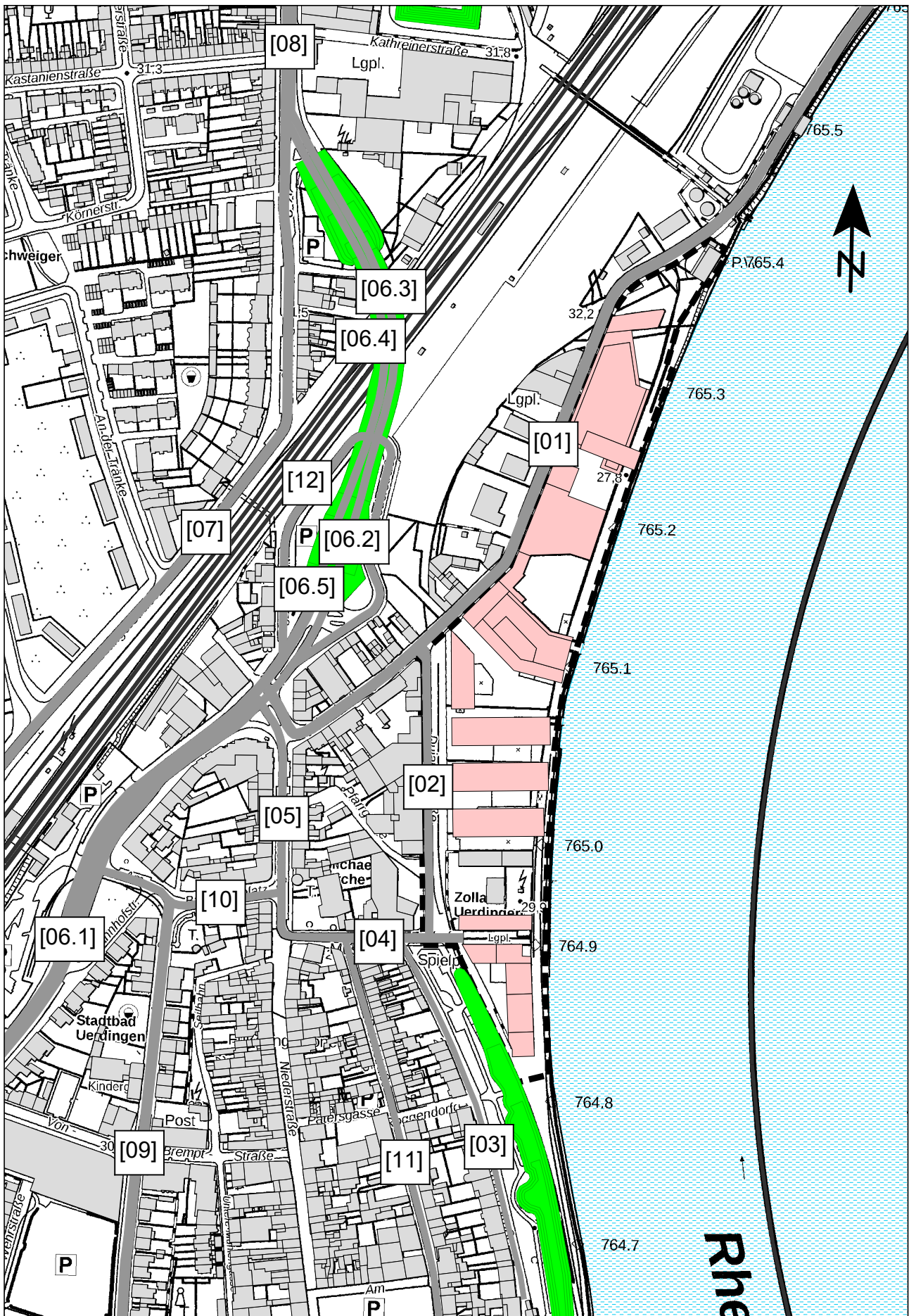


Anlage 1.3: Übersichtslageplan mit Darstellung der Situation "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld

PEUTZ



Anlage 2.1: Übersichtslageplan mit Darstellung der Straßenabschnitte für die Emissionsberechnungen zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld



Nullfall 2025

Lfd. Nr.	Straßenname	DTV	Anteil SNFz	Anteil LNFz	UWZ*	Verkehrssituation			Steigung	Anzahl Fahrspuren	Tempo-limit	Typ Kaltstart	Typ Tagesgang	LOS1	LOS2	LOS3	LOS4	LOS 5	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x
														[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
		[Kfz/24h]	[%]	[%]					[%]	[-]	[km/h]			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[g/m ³ d]	[g/m ³ d]	[g/m ³ d]
1	[01] Hohenbudberger Straße	9000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,1	2	50	commercial	doublepeak	7,3	92,7	0,0	0,0	0,0	0,460	0,195	3,390
2	[02] Dujardinstraße	1000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,0	2	50	commercial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,052	0,020	0,341
3	[03] Kronenstraße	1000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,3	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,038	0,021	0,369
4	[04] Am Zollhof	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,5	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,721
5	[05] Niederstraße	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,1	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,719
6	[06.1] Bahnhofstraße	13000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,3	4	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,654	0,279	4,524
7	[06.2] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,083	0,054	0,822
8	[06.3] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,080	0,051	0,730
9	[06.4] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,083	0,054	0,822
10	[06.5] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,080	0,051	0,730
11	[07] Lange Straße / Duisburger	7000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,3	2	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,352	0,150	2,436
12	[08] Duisburger Straße	12000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,5	4	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,604	0,258	4,179
13	[09] Kurfürstenstraße	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,1	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,725
14	[10] Am Bahnhofplatz	1000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,4	1	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,038	0,021	0,351
15	[11] Bruchstraße	500	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,1	1	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019	0,011	0,180
16	[12] Niederstraße	500	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,0	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019	0,011	0,181

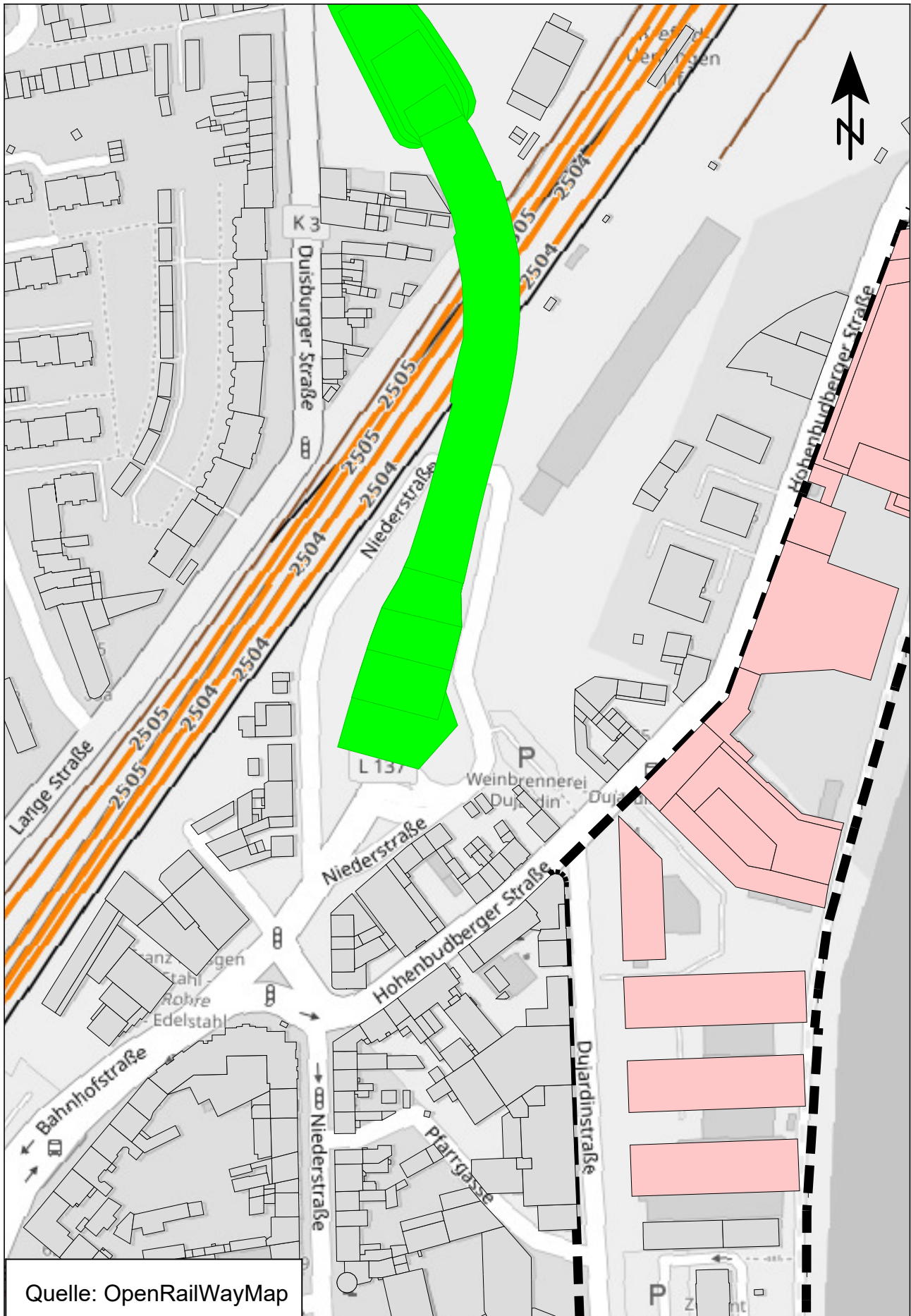
* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)

Planfall 2025

Lfd. Nr.	Straßenname	DTV	Anteil SNFz	Anteil LNFz	UWZ*	Verkehrssituation			Steigung	Anzahl Fahrspuren	Tempo-limit	Typ Kaltstart	Typ Tagesgang	LOS1	LOS2	LOS3	LOS4	LOS 5	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x
														[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
		[Kfz/24h]	[%]	[%]					[%]	[-]	[km/h]			[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[g/m³d]	[g/m³d]	[g/m³d]
1	[01] Hohenbudberger Straße	13300	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,1	2	50	commercial	doublepeak	5,2	94,8	0,0	0,0	0,0	0,686	0,289	5,026
2	[02] Dujardinstraße	3000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,0	2	50	commercial	doublepeak	55,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,171	0,064	1,162
3	[03] Kronenstraße	1000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,3	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,038	0,021	0,369
4	[04] Am Zollhof	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,5	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,721
5	[05] Niederstraße	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,1	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,719
6	[06.1] Bahnhofstraße	13000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,3	4	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,654	0,279	4,524
7	[06.2] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,083	0,054	0,822
8	[06.3] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,080	0,051	0,730
9	[06.4] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,083	0,054	0,822
10	[06.5] Bahnhofstraße	2500	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	-1,8	2	50	radial	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,080	0,051	0,730
11	[07] Lange Straße / Duisburger	7000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,3	2	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,352	0,150	2,436
12	[08] Duisburger Straße	12000	5,0	5,0	Nein	Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	IO	0,5	4	50	radial	doublepeak	10,3	89,7	0,0	0,0	0,0	0,604	0,258	4,179
13	[09] Kurfürstenstraße	2000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,1	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,075	0,042	0,725
14	[10] Am Bahnhofplatz	1000	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,4	1	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,038	0,021	0,351
15	[11] Bruchstraße	500	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	-0,1	1	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019	0,011	0,180
16	[12] Niederstraße	500	3,0	5,0	Nein	Agglomeration	Erschließungsstraße	IO	0,0	2	30	residential	doublepeak	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,019	0,011	0,181

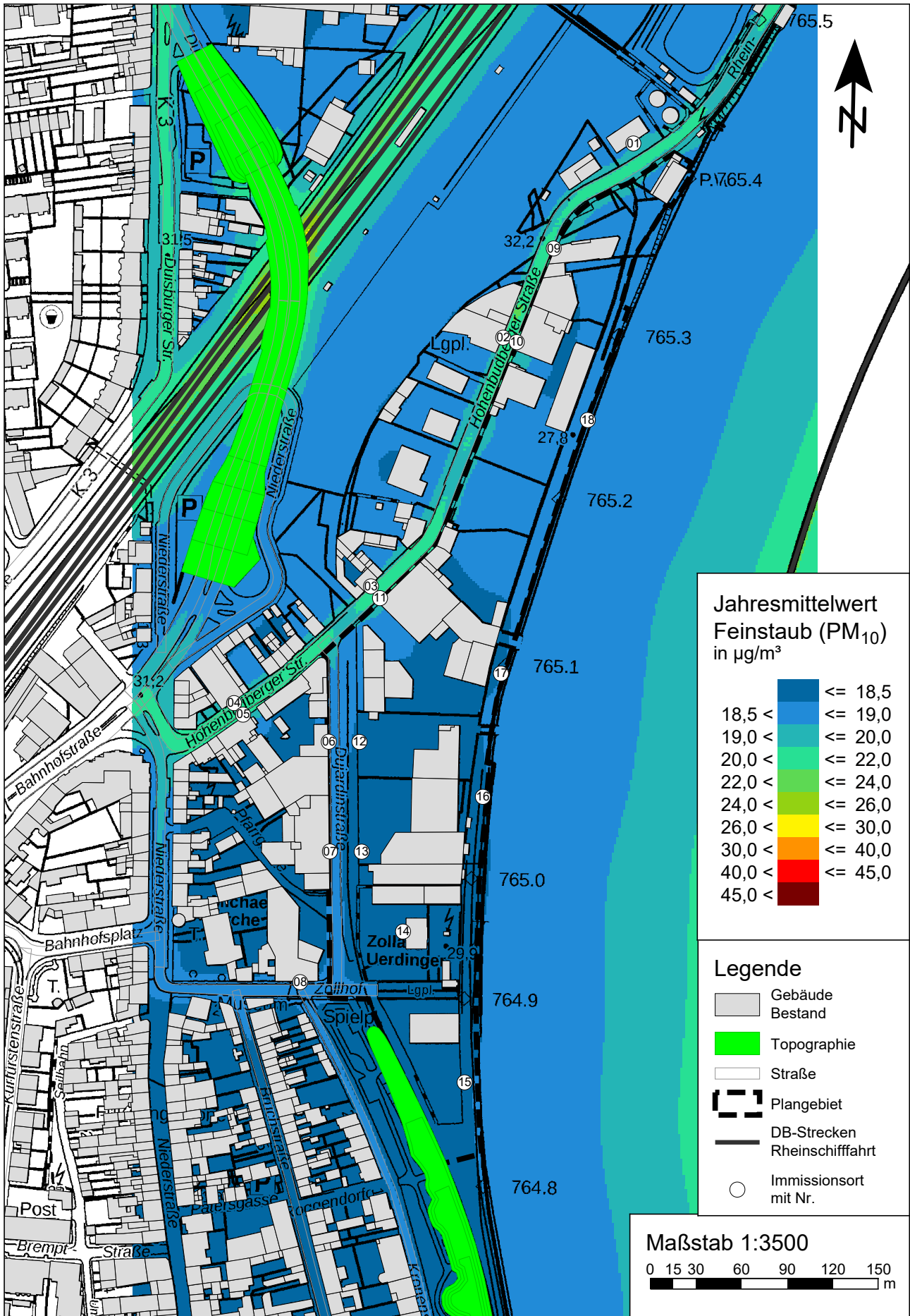
* UWZ = Innerhalb Umweltzone (Ja/Nein)

Anlage 2.4: DB-Strecken im Untersuchungsgebiet zum
Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld

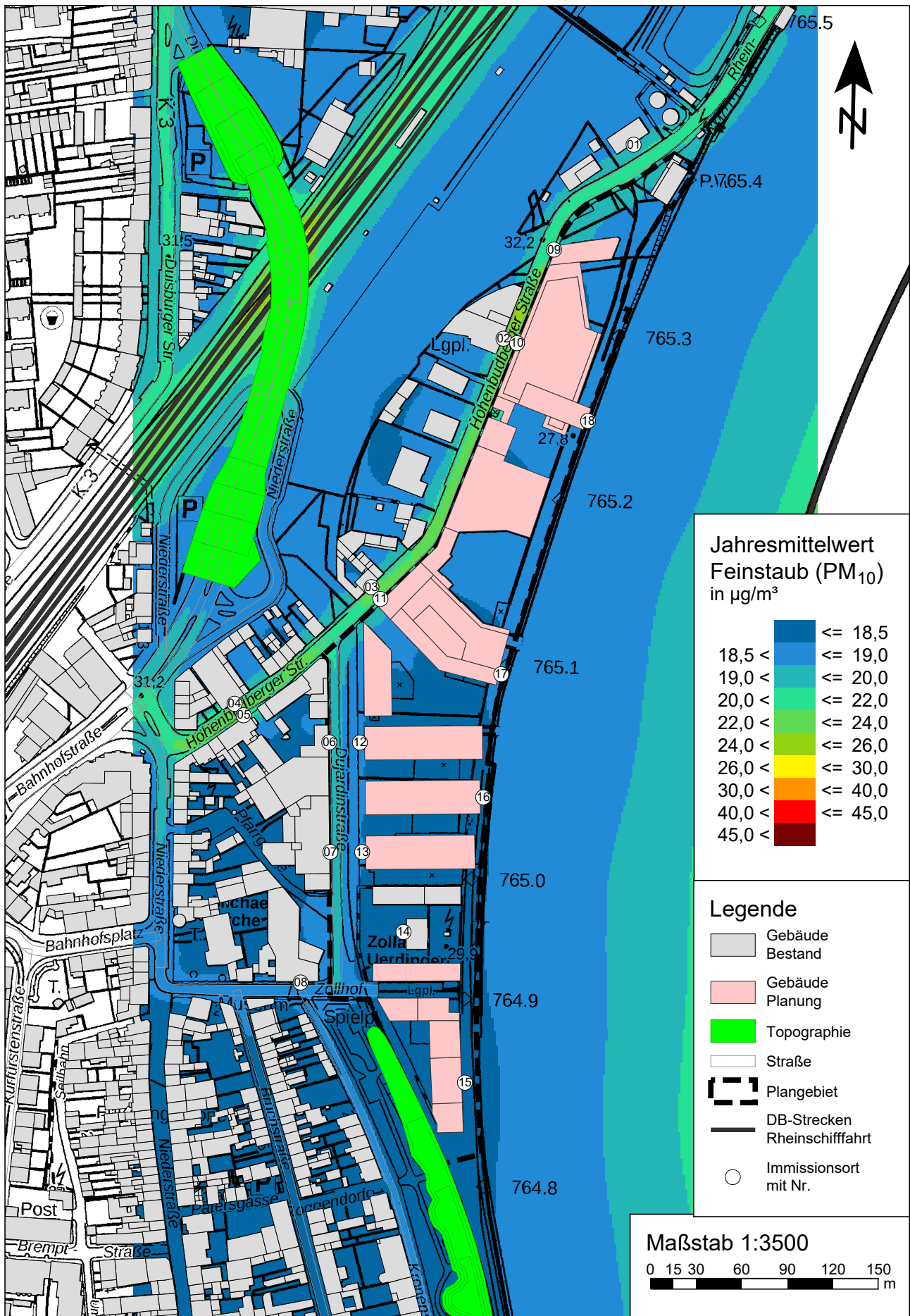


Quelle: OpenRailWayMap

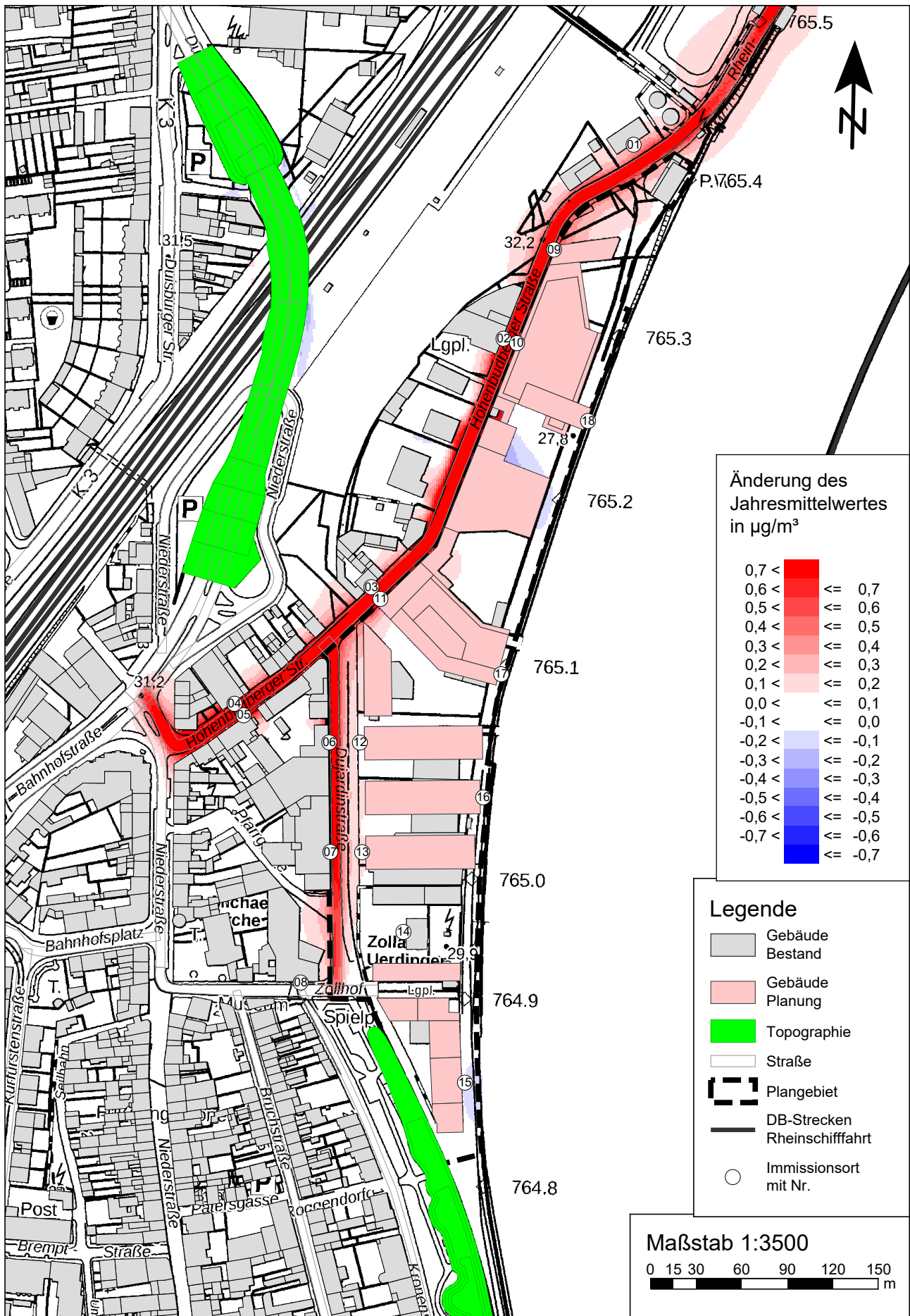
Anlage 3.1: Feinstaub (PM₁₀) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 18,3 µg/m³



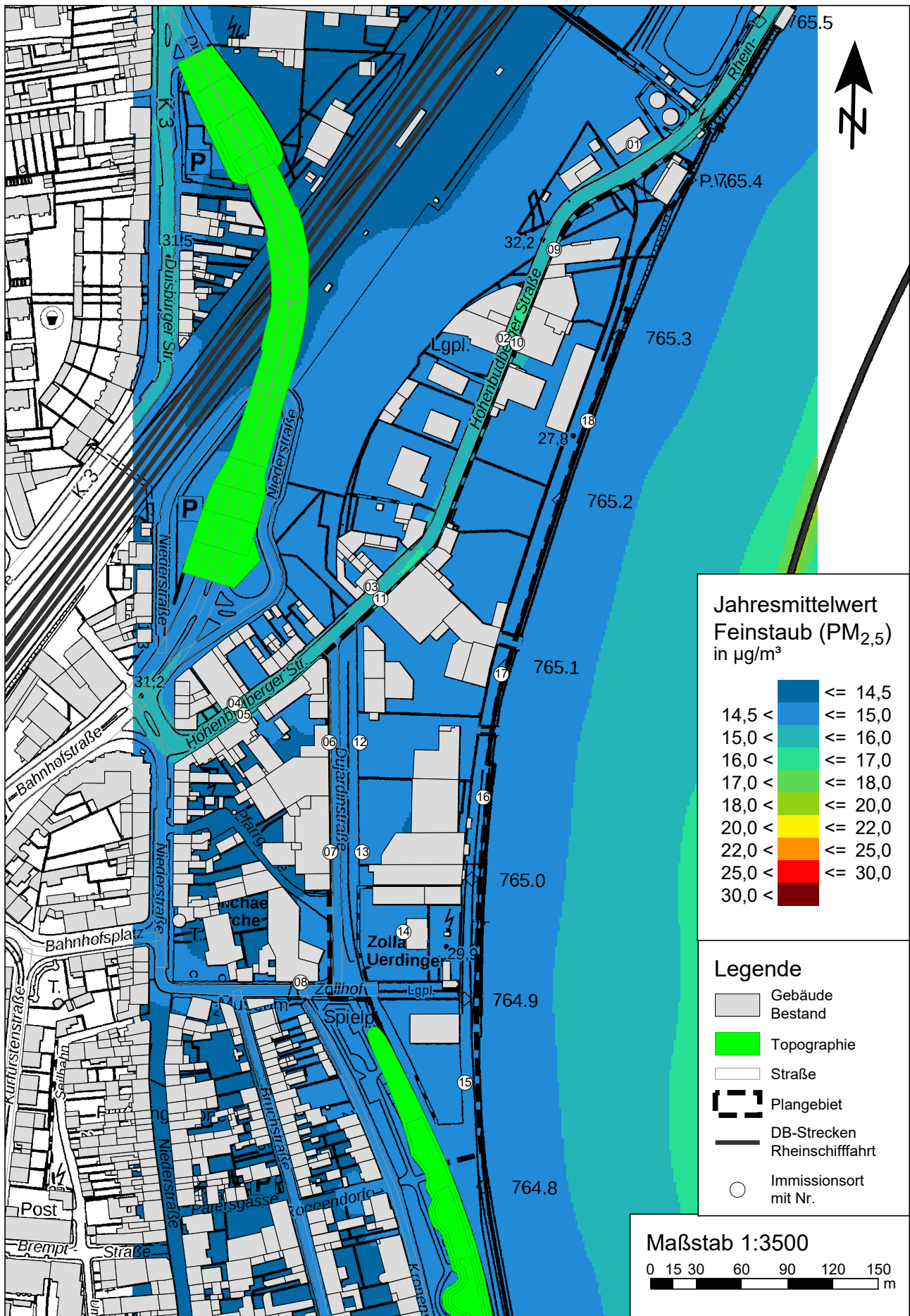
Anlage 3.2: Feinstaub (PM₁₀) Gesamtbelastung für den "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 18,3 µg/m³



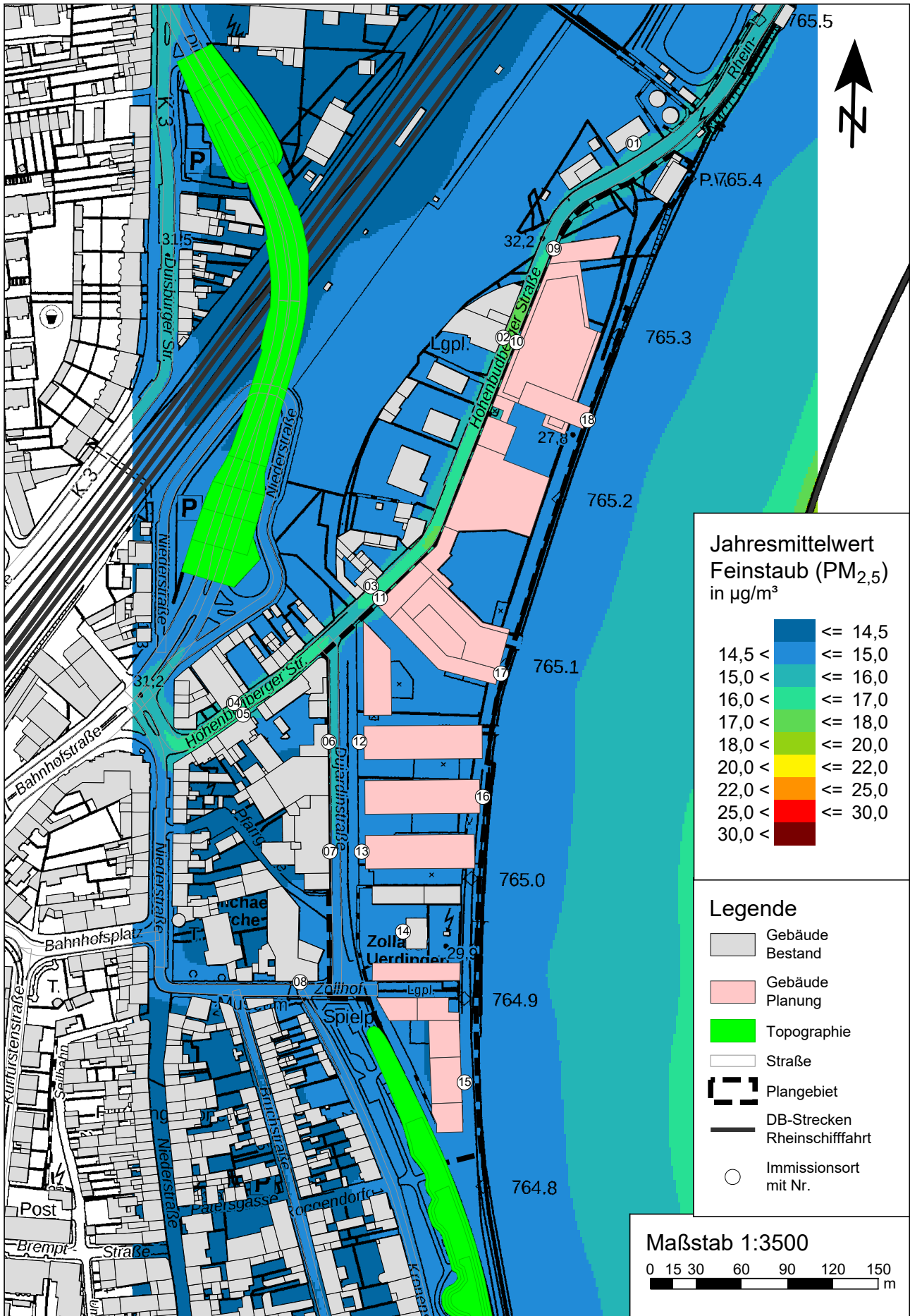
Anlage 3.3: Änderung des Jahresmittelwertes von Feinstaub (PM₁₀) für den Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld (Planfall 2025 minus Nullfall 2025)



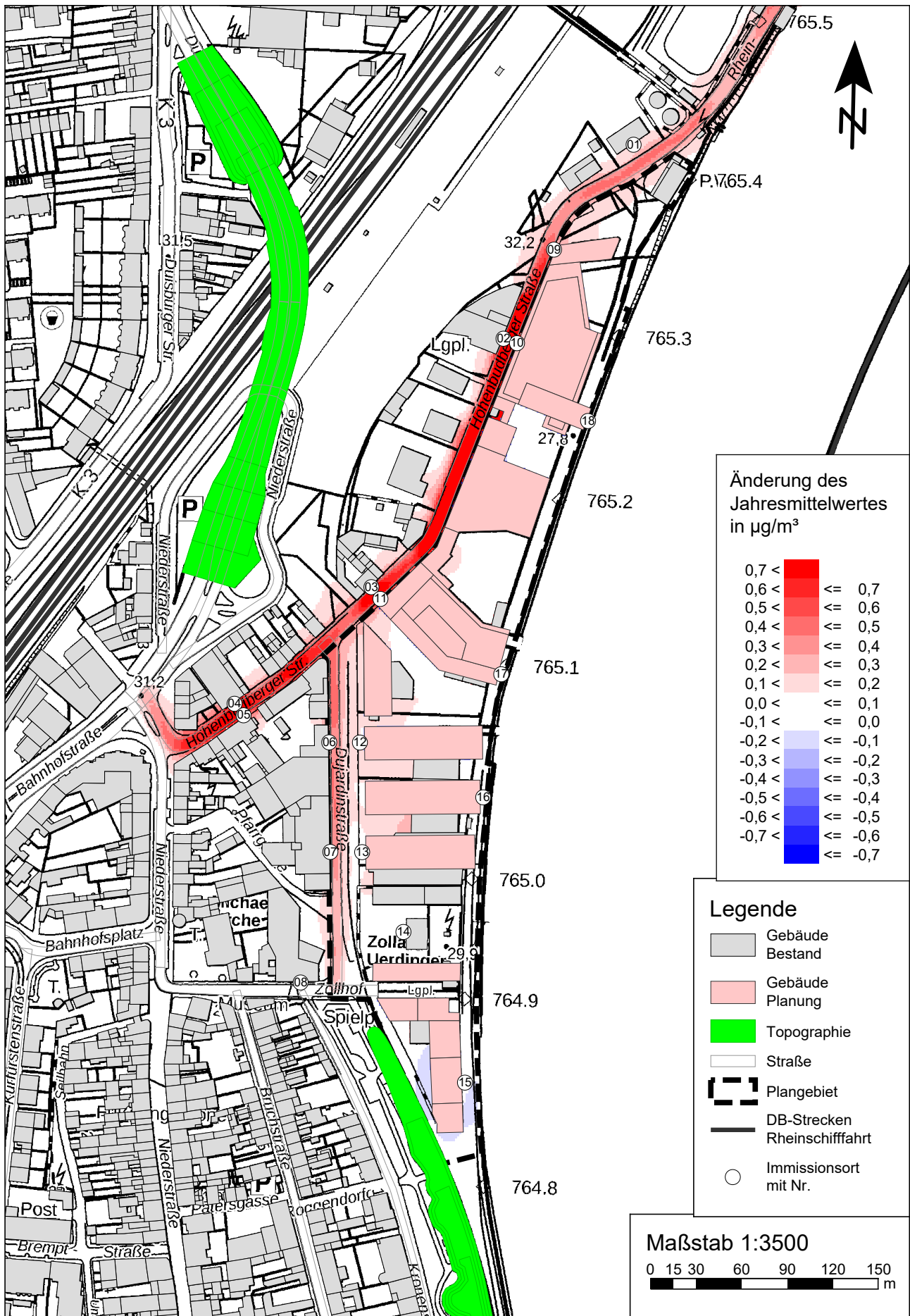
Anlage 4.1: Feinstaub (PM_{2,5}) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 14,3 µg/m³



Anlage 4.2: Feinstaub (PM_{2,5}) Gesamtbelastung für den "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 14,3 µg/m³

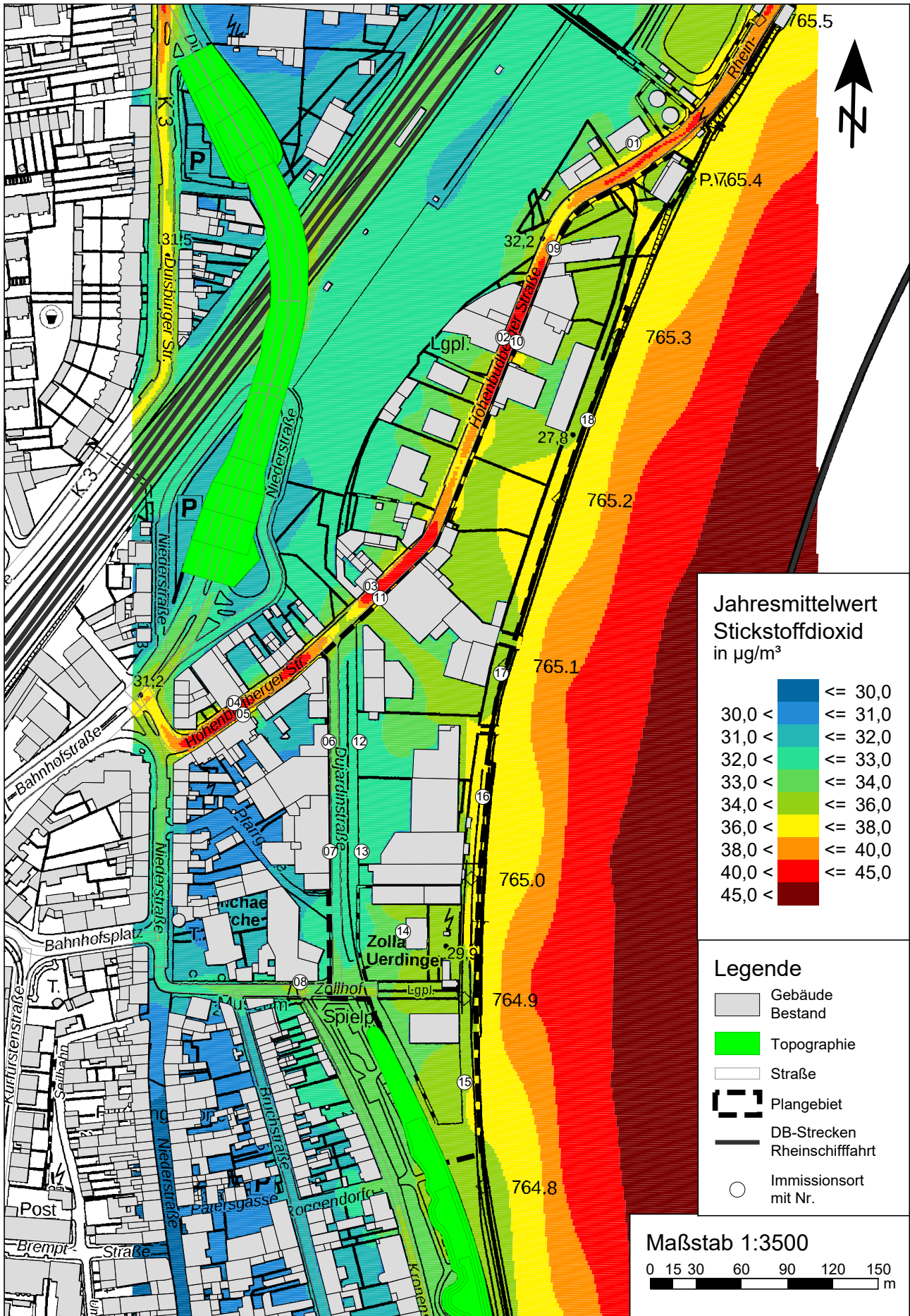


Anlage 3.3: Änderung des Jahresmittelwertes von Feinstaub (PM_{2,5}) für den Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld (Planfall 2025 minus Nullfall 2025)



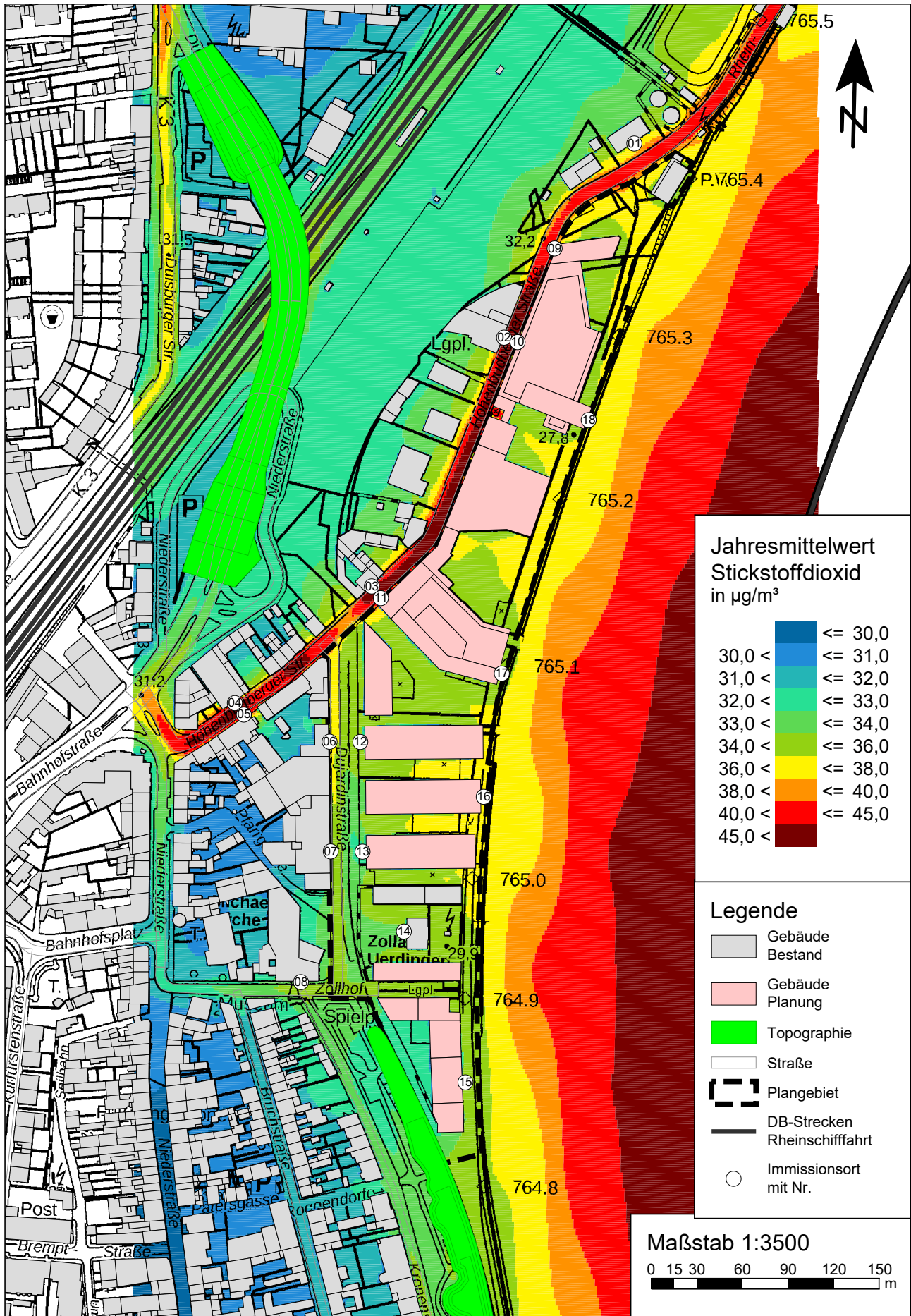
Anlage 5.1: Stickstoffdioxid (NO₂) Gesamtbelastung für den "Nullfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 29,4 µg/m³

PEUTZ



Anlage 5.2: Stickstoffdioxid (NO₂) Gesamtbelastung für den "Planfall 2025" zum Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld mit einer Hintergrundbelastung von 29,4 µg/m³

PEUTZ



Anlage 5.3: Änderung des Jahresmittelwertes von Stickstoffdioxid (NO₂) für den Bebauungsplan Nr. 772 in Krefeld (Planfall 2025 minus Nullfall 2025)

