

**Planfeststellung**  
für den  
Knotenpunktumbau B 8  
Am Spielberg  
von Bau-km 0+240 bis Bau-km 1+345

Regierungsbezirk : Düsseldorf  
Stadt : kreisfreie Stadt Düsseldorf  
Gemarkung : Lohhausen, Kalkum

**Immissionstechnische Untersuchungen**  
Ergebnisse der Luftschadstoffuntersuchungen

---

Aufgestellt:

Mönchengladbach, den 18.04.2019  
Der Leiter der Regionalniederlassung Niederrhein

I. A.



(Christoph Jansen)

---

**Satzungsgemäß ausgelegen**

**Festgestellt gemäß Beschluss vom heutigen Tage**

in der Zeit vom \_\_\_\_\_

bis \_\_\_\_\_ (einschließlich)

in der Stadt/ Gemeinde:

\_\_\_\_\_

Zeit und Ort der Auslegung des Planes sind rechtzeitig vor  
Beginn der Auslegung ortsüblich bekannt gemacht worden.

Stadt/ Gemeinde \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift)

(Dienstsiegel)

## Knotenpunktumbau B8n in Düsseldorf

„Am Spielberg“

### ***Lufthygienisches Fachgutachten***

Auftraggeber: Planungsbüro für Lärmschutz Altenberge  
Sitz Senden GmbH  
Münsterstraße 9  
44308 Senden

Auftrags-Nr.: 1985-I

Datum: 03.09.2018

Bearbeiter:

  
M.Sc. Geogr. Jessica Lehmkuhler

  
Dipl.-Met. Georg Ludes

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis.....	3
Abbildungsverzeichnis.....	3
1 Aufgabenstellung.....	4
2 Bewertungsmaßstab.....	6
3 Eingangsdaten.....	7
3.1 Emissionen .....	7
3.1.1 Eingangsdaten für die Emissionsberechnung.....	7
3.1.2 Zusammenfassende Darstellung der Eingangsdaten .....	11
3.1.3 Ergebnisse der Emissionsberechnung .....	13
3.2 Meteorologische Eingangsdaten .....	14
3.3 Hintergrundbelastung.....	15
4 Immissionsprognose.....	18
4.1 Rechenmodell.....	18
4.2 Methodik zur Bestimmung der Immissionskenngößen .....	18
4.2.1 Modellierung von NO <sub>2</sub> im Straßenraum.....	18
4.2.2 Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwertes .....	19
4.2.3 Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes .....	20
5 Ergebnisse .....	22
6 Zusammenfassung und Bewertung .....	27
7 Literaturverzeichnis.....	28

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Grenzwerte der verkehrsrelevanten Schadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach [39. BImSchV 2010].....	6
Tabelle 3.1:	Anteile des Verkehrs mit Fahrweiten kleiner als 5 km am DTV [VDI 2003].	8
Tabelle 3.2:	PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituation [LOHMEYER 2011].....	9
Tabelle 3.3:	PM2,5-Emissionsfaktoren für den Abrieb nach CORINAIR .....	10
Tabelle 3.4:	Eingangsdaten für die Emissionsberechnung für den Prognosenullfall .....	11
Tabelle 3.5: :	Eingangsdaten für die Emissionsberechnung für den Planfall .....	11
Tabelle 3.6:	Ergebnisse der Emissionsberechnung im Prognosenullfall .....	13
Tabelle 3.7:	Ergebnisse der Emissionsberechnung im Planfall.....	13
Tabelle 3.8:	Messdaten zur Bestimmung der Hintergrundbelastung .....	16

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Lage des Plangebiets.....	4
Abbildung 1.2:	Blick auf das Brückenbauwerk (Blickrichtung West)werk [STRASSEN NRW] .....	4
Abbildung 1.3:	Lage des Rechengebiets.....	5
Abbildung 3.1:	Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.3.....	7
Abbildung 3.2:	Lage der Querschnitte im Untersuchungsgebiet.....	12
Abbildung 3.3:	Windrichtungsverteilung der DWD-Messstation Düsseldorf-Flughafen.....	14
Abbildung 3.4:	Lage der Hintergrund-Messstationen .....	15
Abbildung 4.1:	Empirische Wahrscheinlichkeit der mindestens 19-maligen Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwertes als Funktion des Jahresmittelwertes von NO <sub>x</sub> .....	20
Abbildung 4.2:	Bestimmung der Anzahl der PM10-Überschreitungstage aus dem PM10-Jahresmittelwert.....	21
Abbildung 5.1:	Jahresmittel der NO <sub>2</sub> -Konzentration für den Prognosenullfall (links) und den Planfall (rechts) .....	23
Abbildung 5.2:	Überschreitungstage der PM10-Konzentration für den Prognosenullfall (links) und den Planfall (rechts) .....	24
Abbildung 5.3:	Jahresmittel der PM2,5-Konzentration für den Prognosenullfall (links) und den Planfall (rechts) .....	25

## 1 Aufgabenstellung

Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen plant derzeit den Umbau der Anschlussstelle B8/ B8n/ Am Spielberg in Düsseldorf. Hierbei sollen die Verkehrsverhältnisse durch einen Umbau von einer plangleichen, lichtsignalgeregelten zu einer teilplanfreien Anschlussstelle verbessert werden.

Das Plangebiet befindet sich im Düsseldorfer Stadtteil Lohausen, unmittelbar nordwestlich des Flughafens Düsseldorf International. Die Bundesstraße 8 ist eine stark befahrene Straße, die zwischen der A 44 im Süden und der A 59 im Norden die beiden Städte Düsseldorf und Duisburg verbindet. Zudem nimmt die B8 Verkehre vom Flughafen, der Messe und des Stadions auf.

Zurzeit befindet sich die B8 am Knotenpunkt mit der Straße „Am Spielberg“ in einem Tiefpunkt und schneidet in das vorhandene Gelände ein. Geplant ist eine planfreie Strecke durch die Anhebung der zweibahnigen B8/ B8n durch ein Brückenbauwerk, so dass die Straße „Am Spielberg“ mit geringer Absenkung unter der B8 hergeführt wird (vgl. Abbildung 1.2). Die vier geplanten, parallel geführten Rampen sowie der Anschluss zur Niederrheinstraße und die Flughafenfeuerwehrafahrt werden unterhalb an die Verlängerung der Verbindungsrampe „Am Spielberg“ lichtsignalgeregelt angeschlossen (Abbildung 1.1).

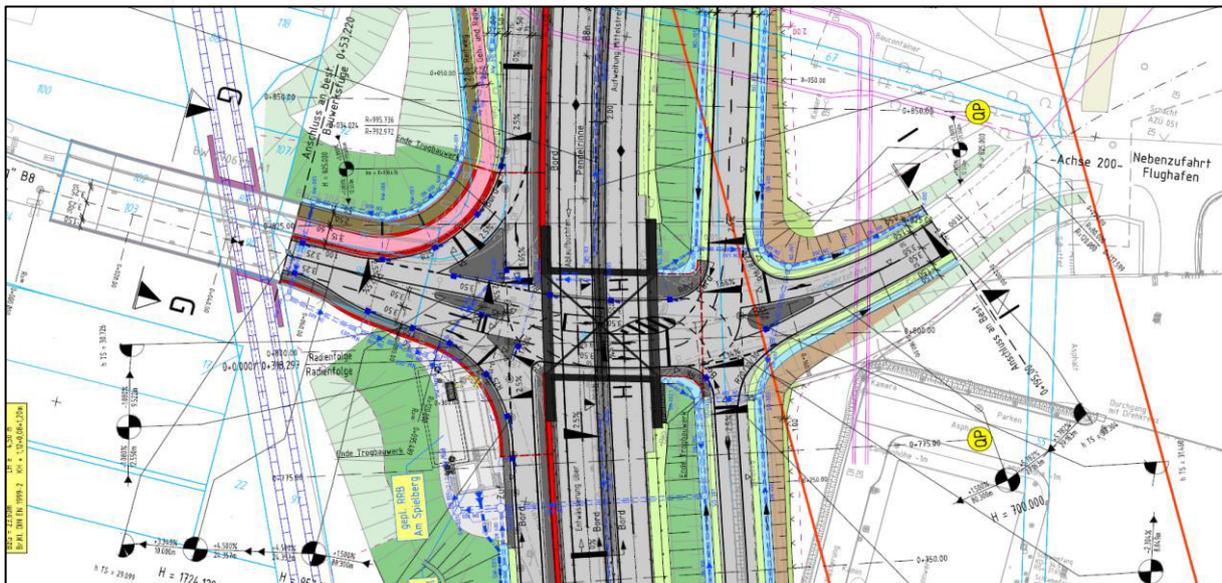


Abbildung 1.1: Lage des Plangebiets



Abbildung 1.2: Blick auf das Brückenbauwerk (Blickrichtung West)werk [STRASSEN NRW]

Zur Überprüfung der lufthygienischen Auswirkungen, die aus dem Umbau des Knotenpunkts resultieren, wurde das Ingenieurbüro simuPLAN beauftragt, für den Planungsbereich eine Prognose der verkehrsbedingten Luftbelastung entlang der B8 durchzuführen.

Die Immissionsprognose wird mit dem Rechenmodell MISKAM für den Prognosenullfall und den Planfall durchgeführt. Hierbei werden die Konzentrationen der Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10 und PM2,5) ermittelt und die Immissionen anhand der Grenzwerte der 39. BImSchV bewertet. Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Benzol, Blei, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen auch an höchstbelasteten „Hot Spots“ deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte [LANUV 2018]. Sie werden daher nicht weiter betrachtet.

Die Immissionsberechnungen wurden für folgende Varianten durchgeführt:

- **Prognosenullfall:** Gegenwärtige Verkehrsbelastung, Emissionsfaktoren für 2021
- **Planfall:** Verkehrsbelastung nach Planungsrealisierung, Emissionsfaktoren für 2021

Die Abbildung 1.3 stellt die Lage und die Abgrenzung des Untersuchungsgebiets dar.

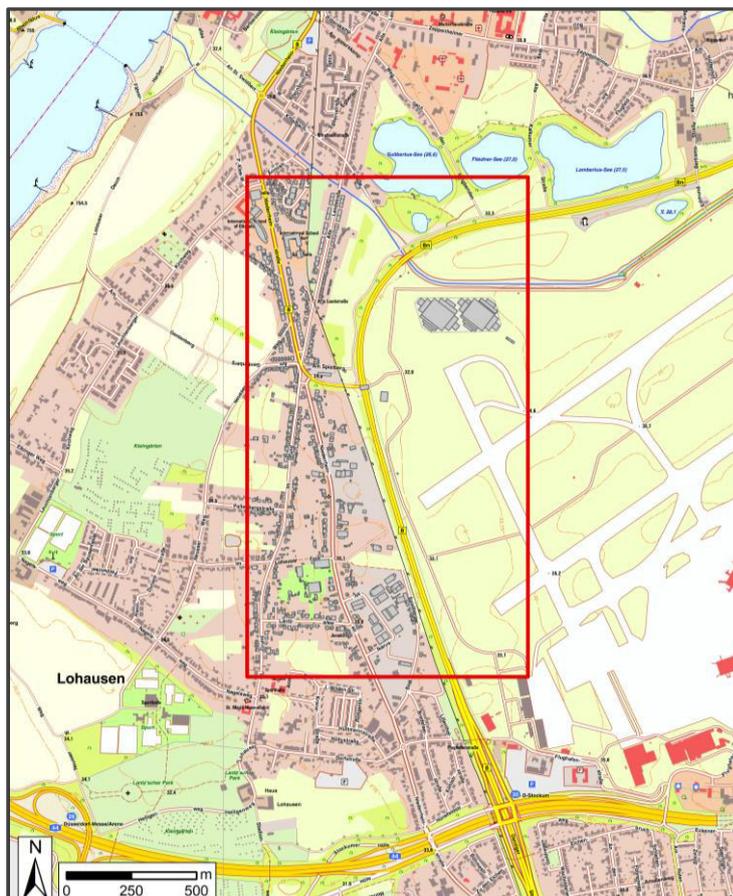


Abbildung 1.3: Lage des Rechengebiets

## 2 Bewertungsmaßstab

Durch die EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie [EU 1996] und die zugehörigen Tochterrichtlinien [EU 1999] und [EU 2000] wurden europaweit gültige **Grenzwerte** für Immissionen durch die Luftschadstoffe festgeschrieben, die auch kleinräumig einzuhalten sind. Mit Novellierung der 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [22. BImSchV 2002] wurden diese Grenzwerte in nationales Recht überführt und sind seither als Bewertungsmaßstab heranzuziehen.

Seit dem 11.06.2008 ist zudem die neue Luftqualitätsrichtlinie [EU 2008] in Kraft getreten. Ihre Umsetzung in nationales Recht erfolgte mit Verabschiedung der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [39. BImSchV 2010]. Die bisherigen, in der 22. BImSchV festgelegten Luftqualitätsstandards für PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> blieben erhalten. Zusätzlich wurden sie um einen Immissionsgrenzwert für lungengängigen Feinstaub (PM<sub>2,5</sub>) ergänzt (siehe Tabelle 2.1).

**Tabelle 2.1: Grenzwerte der verkehrsrelevanten Schadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach [39. BImSchV 2010]**

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> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Jahresmittel	Tagesmittel	Jahresmittel	Jahresmittel	Max. 1h-Wert
40	50*	25	40	200**

\* Maximal 35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig. Dies entspricht in etwa dem 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte.

\*\* Maximal 18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig. Dies entspricht in etwa dem 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte.

Die Grenzwerte für NO<sub>2</sub> sind seit dem Jahr 2010, die Grenzwerte für PM<sub>10</sub> seit dem Jahr 2005 und der Grenzwert für PM<sub>2,5</sub> seit 2015 einzuhalten.

Allgemein ist zu beachten, dass die oben genannten Grenzwerte nur für Bereiche gelten, in denen sich Menschen aufhalten. Aufgrund der unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen entfalten die oben genannten Grenzwerte erst dann ihre rechtliche Wirkung, wenn die Bevölkerung den entsprechenden Schadstoffkonzentrationen über einen Zeitraum ausgesetzt ist, der der Mittelungszeit des betreffenden Grenzwertes Rechnung trägt.

Bei Überschreitungen bzw. der Gefahr des Überschreitens der Immissionsgrenzwerte ist im Einvernehmen mit den zuständigen Behörden (Straßenverkehrsbehörde, Immissionsschutzbehörde, Regierungspräsident u. a.) ein Luftreinhalteplan und ggf. auch ein Aktionsplan aufzustellen. Luftreinhaltepläne legen die erforderlichen Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung von Luftverunreinigungen fest. Aktionspläne hingegen definieren unmittelbar wirksame Maßnahmen zur kurzfristigen Senkung der Luftschadstoffimmissionen, um die Gefahr von Immissionsgrenzwertüberschreitungen zu verringern oder den Zeitraum währenddessen die Werte überschritten werden, zu verkürzen.

### 3 Eingangsdaten

#### 3.1 Emissionen

Die Emissionsberechnung erfolgte mit dem vom Ingenieurbüro simuPLAN entwickelten Emissionsmodell *KFZEMISS*. Dieses Programm entspricht den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 7 [VDI 2003] und verwendet die im Handbuch für Emissionsfaktoren Version 3.3 (HBEFA 3.3) zusammengestellten Emissionsdaten [INFRAS 2017].

Mit Hilfe des Handbuchs können Emissionsfaktoren zahlreicher Luftschadstoffe und Klimagase in der Maßeinheit „g/km“ abgerufen werden, wie z.B. Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Partikelmasse und Kohlendioxid. Die Daten des Handbuchs sind nach zahlreichen Parametern, wie Antriebsart (Otto-, Dieselfahrzeug), Fahrzeugkategorie (Pkw, Lkw, Bus, etc.), Fahrzeugkonzept (Euro-Normen), Fahrzeugschicht (jeweilige Hubraum- bzw. Gewichtsklasse) Straßenkategorie (innerorts, außerorts, Autobahn), der dazugehörigen Verkehrssituation sowie möglichen Abgasminderungs-techniken, gegliedert.

##### 3.1.1 Eingangsdaten für die Emissionsberechnung

###### 3.1.1.1 Verkehrszahlen

Für die Ermittlung der Schadstoffemissionen werden Verkehrszahlen in Form von DTV-Werten (mittlere tägliche Verkehrsbelastung) und Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5 t (sNfz) benötigt. Angaben zur Verkehrsbelastung für den Knotenpunkt B8 / Am Spielberg wurden vom Landesbetrieb Straßenbau NRW zur Verfügung gestellt.

###### 3.1.1.2 Verkehrssituation und Störungsgrad

Zur Berechnung der Abgasemissionen auf der Grundlage des HBEFA 3.3 muss jeder Fahrspur eine Verkehrssituation zugewiesen werden. Eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden Verkehrssituationen gibt die nachfolgende Abbildung.

			Tempo-Limit [km/h]											
Gebiet	Strasstyp	Verkehrszustand	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130
laendlich gepraegt	Autobahn	4 V'Zustaende												
	Semi-Autobahn	4 V'Zustaende												
	Fern-, Bundesstrasse	4 V'Zustaende												
	Hauptverkehrsstrasse	4 V'Zustaende												
	Hauptverkehrsstrasse, kurvig	4 V'Zustaende												
	Sammelstrasse	4 V'Zustaende												
	Sammelstrasse, kurvig	4 V'Zustaende												
	Erschliessungsstrasse	4 V'Zustaende												
Agglo- meration	Autobahn	4 V'Zustaende												
	Stadt-Autobahn	4 V'Zustaende												
	Fern-, Bundesstrasse	4 V'Zustaende												
	Staedt. Magistrale / Ringstr.	4 V'Zustaende												
	Hauptverkehrsstrasse	4 V'Zustaende												
	Sammelstrasse	4 V'Zustaende												
	Erschliessungsstrasse	4 V'Zustaende												

Abbildung 3.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.3

Neben der Verkehrssituation ist auch die Wahl des Störungsgrades bei der Emissionsberechnung ein entscheidender Parameter. Im HBEFA 3.3 wird der Störungsgrad einer Straße über den sog. „Level of Service“ (LoS) abgebildet. Es stehen vier LoS zur Verfügung: flüssig, dicht, gesättigt und stop + go. Im Emissionsmodell KFZEMISS wird der LoS automatisch für jede Fahrspur im Tagesgang auf Grundlage der Verkehrsbelastung und typischer Straßenkapazitäten berechnet.

### 3.1.1.3 Kaltstartzuschläge

Bei der Emissionsbestimmung werden erhöhte Emissionen von Fahrzeugen, deren Motoren aufgrund der zurückgelegten Fahrstrecke noch nicht betriebswarm sind, durch so genannte Kaltstartzuschläge berücksichtigt. Die Ermittlung der Kaltstartzuschläge erfolgte auf der Basis der in Tabelle 3.1 aufgeführten Werte und einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen einjährigen Temperaturzeitreihe.

**Tabelle 3.1: Anteile des Verkehrs mit Fahrweiten kleiner als 5 km am DTV [VDI 2003]**

Gang Nr.,	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lage	AB	AO	> 30 Innenstadt	10 - 30 Innenstadt	5 - 10 Innenstadt	5 - 20 Quellnah	< 2 Nebenstraße	> 10 Stadtstrand	5 - 10 Stadtstrand	< 5 Stadtstrand	Ausfahrt Parken
0-1 km	0%	0%	6%	12%	20%	50%	40%	3%	6%	22%	100%
1-2 km	0%	0%	10%	18%	10%	10%	12%	4%	12%	10%	0%
2-3 km	0%	0%	16%	12%	15%	9%	15%	3%	5%	5%	0%
3-4 km	0%	0%	18%	9%	10%	9%	8%	20%	15%	5%	0%
4-5 km	0%	0%	15%	9%	8%	9%	8%	10%	10%	5%	0%
>5 km	100%	100%	35%	40%	37%	33%	17%	60%	52%	53%	0%

### 3.1.1.4 Längsneigung

Die Längsneigung einer Straße hat einen großen Einfluss auf die Ergebnisse einer Emissionsberechnung, da bergauffahrende Kfz deutlich mehr emittieren als bergabfahrende. Die Längsneigung wurde für jede Straßenspur auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells bestimmt.

### 3.1.1.5 Flottenzusammensetzung

In die Emissionsberechnung fließt die sich zukünftig ändernde Zusammensetzung der Kraftfahrzeugflotte ein. Je weiter der Prognosehorizont in der Zukunft liegt, um so niedriger sind die ausgestoßenen Emissionen, da kontinuierlich Fahrzeuge mit schlechter Abgasreinigung durch moderne Euro 6-Fahrzeuge mit verbesserter Abgasreinigung ersetzt werden [INFRAS 2017]. Für das Untersuchungsgebiet wurde die Flottenzusammensetzung auf der Grundlage der aktuellen Zulassungsstatistik der Stadt Düsseldorf abgeleitet.

### 3.1.1.6 Emissionsfaktoren für Aufwirbeln und Abrieb von PM10

Bei PM10-Feinstäuben sind neben den Emissionen, die über das Abgas freigesetzt werden, auch Emissionen zu berücksichtigen, die durch das Aufwirbeln von Teilchen aus Reifen- und Straßenabrieb, Kupplungs- und Bremsverschleiß u. a. entstehen. In [INFRAS 2017] sind keine Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln von PM10 enthalten. In einer Untersuchung des Ingenieurbüros Lohmeyer [Lohmeyer 2011] werden die in der Tabelle 3.2 aufgeführten Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln und den Abrieb von Pkw sowie leichten und schweren Nutzfahrzeugen (INfz und sNfz) vorgeschlagen. Diese wurden bei der Bestimmung der PM10-Emissionen verwendet.

**Tabelle 3.2: PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituation [LOHMEYER 2011]**

Verkehrssituation gemäß HBEFA	PM10-Emissionen durch Aufwirbeln und Abrieb	
	Pkw und INfz [mg/km]	sNfz [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 vom Tempolimit	26	100
Agglo/HVS/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	33	350
Agglo/HVS/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	35	500
Agglo/HVS/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1.200
Agglo/Sammel/xx/flüssig unabhängig vom Tempolimit	26	100
Agglo/Sammel/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	33	350
Agglo/Sammel/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	40	700
Agglo/Sammel/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1.200
Agglo/Erschließung/30/flüssig	26	280
Agglo/Erschließung/40/flüssig	30	320
Agglo/Erschließung/xx/flüssig für Tempolimit größer/gleich 50 km/h	33	350
Agglo/Erschließung/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	35	500
Agglo/Erschließung/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	45	1.200
Agglo/Erschließung/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1.200
Agglo/Fernstr.-City/xx/flüssig unabhängig vom Tempolimit	26	100
Agglo/ Fernstr.-City/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	33	350
Agglo/ Fernstr.-City/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	40	700
Agglo/ Fernstr.-City/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1.200

### 3.1.1.7 Emissionsfaktoren für Aufwirbeln und Abrieb von PM<sub>2,5</sub>

Für lungengängigen Feinstaub mit einem Durchmesser von  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  (PM<sub>2,5</sub>) werden in [INFRAS 2017] keine Emissionsfaktoren ausgewiesen. Die ausgewiesenen Abgaspartikelemissionen sind jedoch vollständig der Fraktion PM<sub>2,5</sub> zuzuordnen [VDI 2013].

Für die PM<sub>2,5</sub>-Emissionsfaktoren für den Abrieb gibt es zurzeit mehrere Literaturstellen. Im Sinne einer Abschätzung zur sicheren Seite wurden die konservativen Werte aus [CORINAIR] entnommen (siehe Tabelle 3.3).

**Tabelle 3.3: PM<sub>2,5</sub>-Emissionsfaktoren für den Abrieb nach CORINAIR**

Fahrzeugart	Abrieb PM <sub>2,5</sub> [g/km]			
	Reifen	Bremsen	Straße	Gesamt
Pkw	0,0045	0,0029	0,0041	0,0114
INfz $\leq 3,5\text{t}$	0,0071	0,0046	0,0041	0,0157
sNfz $> 3,5\text{t}$	0,0189	0,0127	0,0205	0,0522

### 3.1.2 Zusammenfassende Darstellung der Eingangsdaten

In der nachfolgenden Tabelle sind die relevanten Eingangsparameter für die Emissionsberechnung zusammengestellt. Die räumliche Zuordnung der Straßenquerschnitte veranschaulicht die Abbildung 3.2.

**Tabelle 3.4: Eingangsdaten für die Emissionsberechnung für den Prognosenufall**

Querschnitt	Verkehrsmengen		Gang Nr. Kaltstartfaktor (siehe. Tab. 4.2)	Verkehrssituation nach HBEFA [INFRAS 2017]
	DTV [Kfz/Tag]	sNfz [%]		
Q1 – B8 Nord	32.500	2,9	8	Agglo/Fernstr.-City./80
Q2 – B8 Süd	39.700	2,7	8	Agglo/Fernstr.-City./80
Q3 – Niederrheinstr.	11.400	1,4	8	Agglo/HVS/50
Q4 – Zufahrt Ost	600	13,3	10	Agglo/HVS/50

**Tabelle 3.5: : Eingangsdaten für die Emissionsberechnung für den Planfall**

Querschnitt	Verkehrsmengen		Gang Nr. Kaltstartfaktor (siehe. Tab. 4.2)	Verkehrssituation nach HBEFA [INFRAS 2017]
	DTV [Kfz/Tag]	sNfz [%]		
Q1 – B8 Nord	35.100	2,7	8	Agglo/Fernstr.-City./80
Q2 – B8 Süd	42.300	2,6	8	Agglo/Fernstr.-City./80
Q3 – Niederrheinstr.	11.500	1,4	8	Agglo/HVS/50
Q4 – Zufahrt Ost	600	13,3	10	Agglo/HVS/50
Q5 – Rampe B8 Nord FR Süd	1.200	1,7	10	Agglo/HVS/50
Q6 – Rampe B8 Nord FR Nord	1.100	1,8	10	Agglo/HVS/50
Q7 – Rampe B8 Süd FR Süd	4.500	2,0	10	Agglo/HVS/50
Q8 – Rampe B8 Süd FR Nord	5.000	1,8	10	Agglo/HVS/50

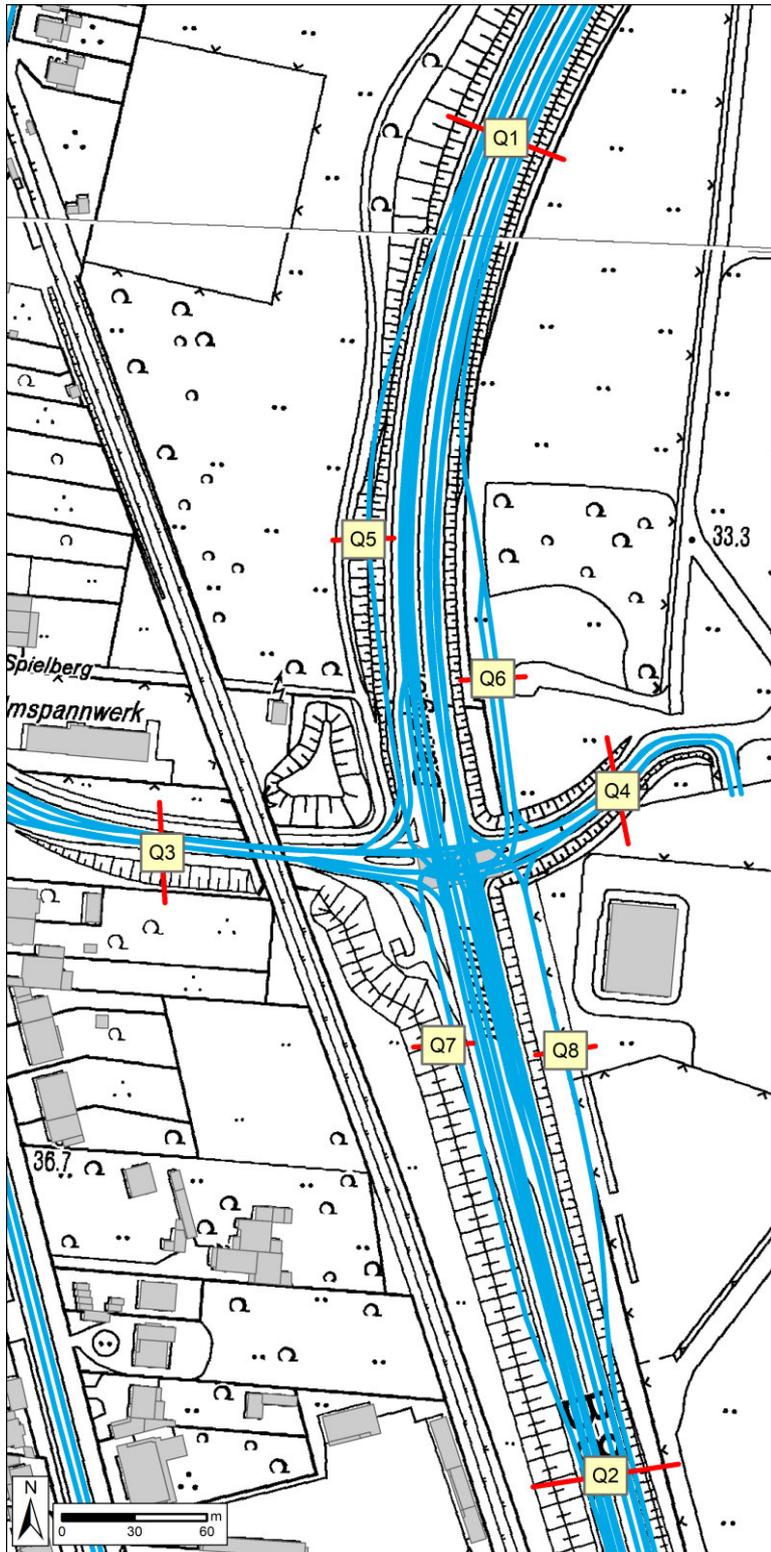


Abbildung 3.2: Lage der Querschnitte im Untersuchungsgebiet

### 3.1.3 Ergebnisse der Emissionsberechnung

Auf der Basis der oben angegebenen Methodik, Daten und Annahmen wurden mit Hilfe von synthetischen Tagesganglinien des Verkehrsaufkommens [HEUSCH, BOESEFELDT 1995] die NO<sub>x</sub>-, PM10- und PM2,5-Emissionen für das Bezugsjahr 2021 bestimmt. In den Tabellen 3.6 und 3.7 sind die so berechneten Emissionsraten zusammengestellt.

**Tabelle 3.6: Ergebnisse der Emissionsberechnung im Prognoseullfall**

Straßenquerschnitt Bezeichnung	Prognoseullfall Angaben in [g/(h·km)]		
	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2,5
Q1 – B8 Nord	470,2	52,4	21,8
Q2 – B8 Süd	561,3	66,0	26,4
Q3 – Niederrheinstr.	201,6	17,8	7,6
Q4 – Zufahrt Ost	16,8	1,8	0,6

**Tabelle 3.7: Ergebnisse der Emissionsberechnung im Planfall**

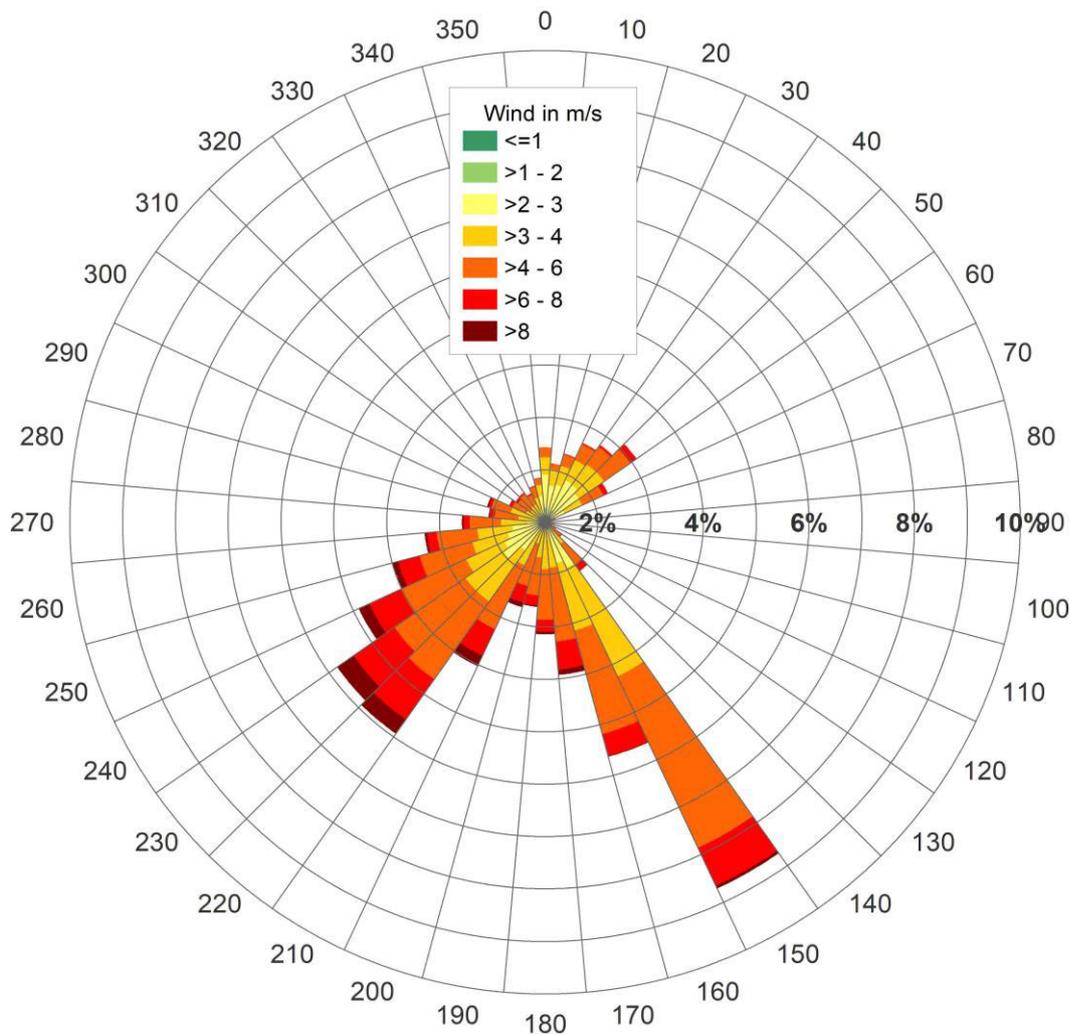
Straßenquerschnitt Bezeichnung	Planfall Angaben in [g/(h·km)]		
	NO <sub>x</sub>	PM10	PM2,5
Q1 – B8 Nord	511,4	56,0	23,5
Q2 – B8 Süd	590,5	67,5	28,2
Q3 – Niederrheinstr.	169,8	17,8	7,5
Q4 – Zufahrt Ost	11,6	1,1	0,5
Q5 – Rampe B8 Nord FR Süd	21,8	1,6	0,8
Q6 – Rampe B8 Nord FR Nord	11,7	1,4	0,7
Q7 – Rampe B8 Süd FR Süd	54,0	6,8	2,9
Q8 – Rampe B8 Süd FR Nord	89,0	7,9	3,4

### 3.2 Meteorologische Eingangsdaten

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 Immissionsberechnungen wurden meteorologische Daten der nahegelegenen und vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betriebenen Wetterstation Düsseldorf-Flughafen genutzt. Die Daten decken den Zeitraum 01.01.2008 bis 31.12.2017 ab, so dass die langjährigen Windverhältnisse im Untersuchungsraum sehr gut repräsentiert werden.

Die Abbildung 3.3 stellt die Windrichtungsverteilung an der Station dar. Sie verdeutlicht, dass der Überdachwind im Untersuchungsgebiet bevorzugt aus südöstlichen Richtungen weht. Ein sekundäres Maximum tritt bei südwestlichen Anströmungsrichtungen auf. Nordwestliche und östliche Windrichtungen sind hingegen kaum zu verzeichnen.



**Abbildung 3.3: Windrichtungsverteilung der DWD-Messtation Düsseldorf-Flughafen**

Höhe des Anemometers: 10 m über Grund

mittlere Windgeschwindigkeit: 3,9 m/s

### 3.3 Hintergrundbelastung

Die lokalen Schadstoffkonzentrationen im Untersuchungsraum setzen sich zusammen aus der großräumigen Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung. Die Vorbelastung wird verursacht durch Emissionen der Industrie, des Gewerbes, des Hausbrandes, des Verkehrs außerhalb des Untersuchungsgebietes sowie durch Ferntransporte.

Zur PM10-Hintergrundbelastung tragen insbesondere Ferntransporte sekundärer Feinstäube, der Straßenverkehr, die Industrie und natürliche Quellen (Seesalz, Pollen, Bodenerosion durch Wind) bei. Sekundäre Feinstäube bilden sich auf dem Ausbreitungswege über chemische und physikalische Reaktionen aus anthropogenen Vorläufersubstanzen wie Stickoxide, Schwefeldioxid, Ammoniak und Kohlenwasserstoffe.

Zur Bestimmung der aktuellen Hintergrundbelastung im Bereich des Planungsgebiets wurde auf Messwerte der drei nächstgelegenen Stationen Düsseldorf-Lörick, Ratingen-Tiefenbroich und Krefeld-Linn zurückgegriffen. Diese Hintergrundmessstationen befinden sich abseits von stark befahrenen Straßen und fernab von Industrieanlagen sind daher repräsentativ für die vorhandene Vorbelastung der Umgebung. Die Lage der drei Messstationen kann der Abbildung 3.4 entnommen werden.

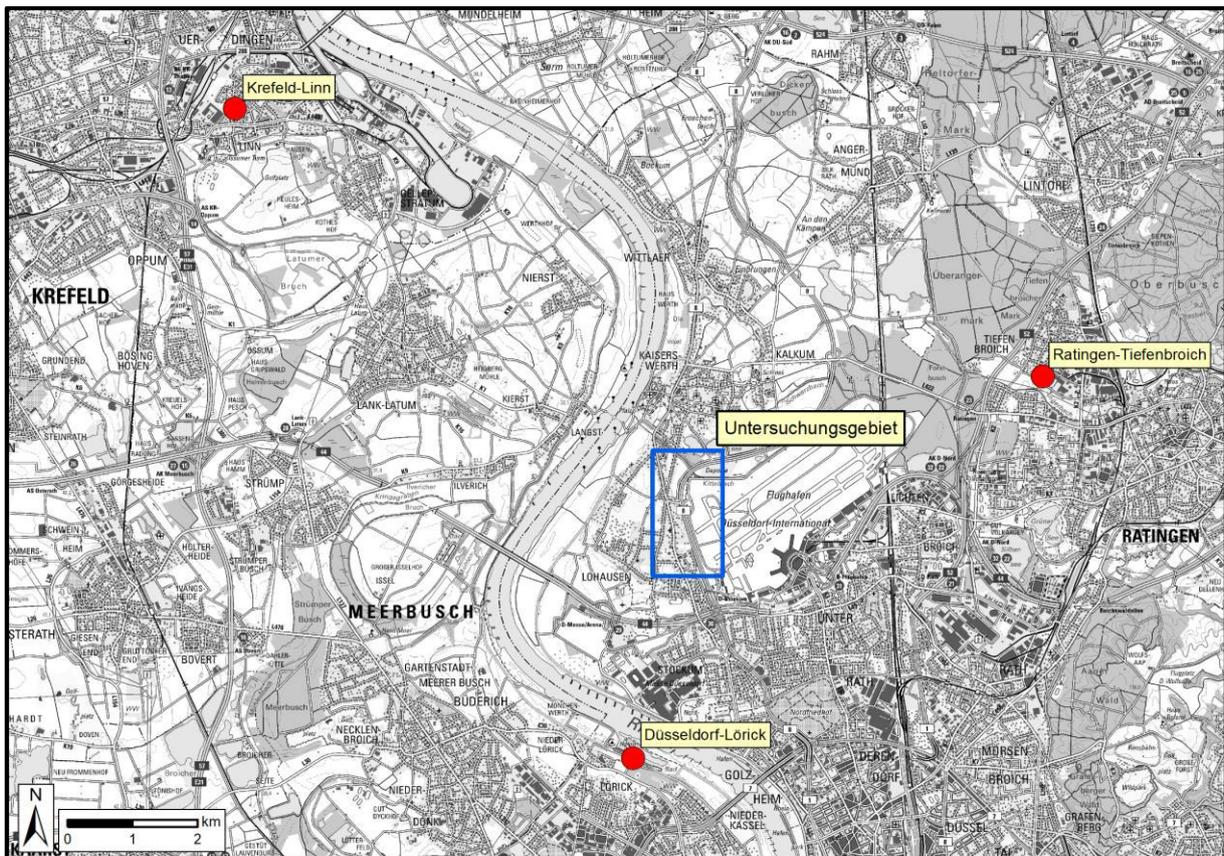


Abbildung 3.4: Lage der Hintergrund-Messstationen

Die regionale Hintergrundbelastung wird aus den Messdaten der Jahre 2014 bis 2016 ermittelt. Für das Jahr 2017 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens noch keine durch das LANUV validierten Jahreskennwerte für einige der hier relevanten Messgrößen vor. Aus diesem Grund wurde das Messjahr 2017 nicht berücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die zur Bestimmung der Hintergrundbelastung verwendeten Messwerte für die Schadstoffe NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2,5. Zudem werden die Hintergrundwerte der Schadstoffe Ozon (O<sub>3</sub>) sowie Stickstoffmonoxid (NO) berücksichtigt, die für die Modellierung von NO<sub>2</sub> im Straßenraum benötigt werden (vgl. Kap. 4.2.1)

**Tabelle 3.8: Messdaten zur Bestimmung der Hintergrundbelastung**

Messstation	Jahr	NO <sub>2</sub> -JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM2,5-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	NO-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Ozon-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]
Düsseldorf-Lörick	2014	27	19	14	7	37
	2015	25	19	13	7	41
	2016	25	17	12	8	38
	<b>Mittelwert (gerundet)</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>39</b>
Messstation	Jahr	NO <sub>2</sub> -JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM2,5-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	NO-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Ozon-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]
Krefeld-Linn	2014	-	16	13	-	39
	2015	-	16	13	-	44
	2016	-	16	13	-	40
	<b>Mittelwert (gerundet)</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>-</b>	<b>41</b>
Messstation	Jahr	NO <sub>2</sub> -JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	PM2,5-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	NO-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Ozon-JMW [µg/m <sup>3</sup> ]
Ratingen-Tiefenbroich	2014	26	16	13	8	37
	2015	26	16	13	8	40
	2016	27	16	13	10	37
	<b>Mittelwert (gerundet)</b>	<b>26</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>38</b>

An den Messstationen Krefeld-Linn und Ratingen-Tiefenbroich finden keine Messungen der Feinstaubkomponente PM2,5 statt. Zur Abschätzung der Hintergrundbelastung wurde hierbei ein 80-prozentiger Anteil des PM2,5 am PM10 angenommen.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Flughafen Düsseldorf und den vorherrschenden Windrichtungen müssen die **flughafeninduzierten Emissionen und Immissionen** in der regionalen Hintergrundbelastung berücksichtigt werden. Die vom Flughafen Düsseldorf durchgeführten Ausbreitungsberechnungen für die durch den Flughafen (Flugverkehr, Vorfeldverkehr, Heizwerk etc.) verursachten Emissionen ergeben für den **NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert** im Bereich der B8 eine Zusatzbelastung von ca. **1 µg/m<sup>3</sup>** [DÜSSELDORF FLUGHAFEN]

In Abstimmung mit dem Umweltamt der Landeshauptstadt Düsseldorf wurde die lokale Vorbelastung auf der Basis der in der Tabelle 3.8 aufgeführten Immissionskenngrößen aus dem arithmetischen Mittel der Jahre 2014 bis 2016 gebildet. Daraus ergibt sich eine Vorbelastung von **27 µg/m<sup>3</sup>** für das **NO<sub>2</sub>-Jahresmittel**, **17 µg/m<sup>3</sup>** für das **PM10-Jahresmittel** und **13 µg/m<sup>3</sup>** für das **PM2,5-Jahresmittel** angesetzt.

Aufgrund verschärfter politischer Vorgaben zur Emissionsminderung ist in den nächsten Jahren von weiter zurückgehenden Hintergrundbelastungswerten auszugehen. Im Sinne einer konservativen Abschätzung wurde auf eine Reduktion der Hintergrundbelastung für das Bezugsjahr der Prognose (2021) verzichtet.

## 4 Immissionsprognose

### 4.1 Rechenmodell

Die Berechnung der Luftschadstoff-Immissionen erfolgte mit der aktuellen Version des Rechenmodells MISKAM [EICHHORN 1989]. Dieses Rechenmodell wurde an der Universität Mainz entwickelt und entspricht dem gegenwärtigen Wissensstand der mikrometeorologischen Strömungs- und Ausbreitungssimulation.

Das Rechenmodell wurde durch umfangreiche Vergleichsrechnungen mit Windkanaluntersuchungen gemäß den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 9 „Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung“ validiert.

### 4.2 Methodik zur Bestimmung der Immissionskenngrößen

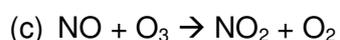
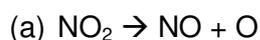
Die Jahresmittelwerte für PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> werden auf der Basis von 36 Einzelsimulationen mit der mittleren stündlichen Emissionsstärke berechnet. Hierbei werden 36 Windrichtungen (10° Sektoren) bei einer neutral geschichteten Atmosphäre untersucht. Für jede Windrichtung wird zunächst das Wind- und Turbulenzfeld prognostiziert. Diese meteorologischen Felder gehen in die daran anschließende Simulation der Schadstoffausbreitung ein.

Die Jahreskenngrößen werden nach Abschluss der Rechnungen mit einem speziellen Auswerteprogramm bestimmt. Dieses sucht zu jeder der 36 Einzelsimulationen die Stunden der Wetterstatistik, in denen die gleiche Windrichtung auftrat. Für jede dieser Stunden werden die Immissionen ermittelt. Hierbei werden die Immissionswerte der Einzelsimulationen, die in der betreffenden Stunde auftretende Emissionsstärke und die Windgeschwindigkeit berücksichtigt.

#### 4.2.1 Modellierung von NO<sub>2</sub> im Straßenraum

PM kann in der betrachteten Raum-Zeitskala als chemisch inert angesehen werden. Für NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> kommt. Die Intensität des Umwandlungsprozesses ist von einer Vielzahl von Parametern – z. B. der Temperatur, der kurzwelligen Strahlungsintensität sowie den Hintergrundbelastungen von NO, NO<sub>2</sub> und Ozon - abhängig.

Üblicherweise wird in einer Straßenschlucht das Reaktionsschema zur Bildung von NO<sub>2</sub> auf die folgenden Reaktionsgleichungen beschränkt [UBA 2011]:



In der für die Ausbreitung im Straßenraum relevanten Zeitskala sind dies die entscheidenden Reaktionen.

Die Geschwindigkeit der Reaktion (a) wird durch die NO<sub>2</sub>-Photolysefrequenz J [s<sup>-1</sup>], die der Reaktion (c) durch die Reaktionskonstante k [(ppb s)<sup>-1</sup>] bestimmt.

Um nun die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung im Straßenraum zu bestimmen kann nach [HERTEL & BERKOWICZ 1989] die folgende Gleichung verwendet werden:

$$[\text{NO}_2]^T = 0,5 * (B - \text{sqrt}(B^2 - 4 * ([\text{NO}_x]^T * [\text{NO}_2]^O + [\text{NO}_2]^n * D)) \quad (1)$$

mit

$$[\text{NO}_2]^n = [\text{NO}_2]^V + [\text{NO}_2]^B \quad (2)$$

$$[\text{NO}_2]^O = [\text{NO}_2]^n + [\text{O}_3]^B \quad (3)$$

$$B = [\text{NO}_x]^T + [\text{NO}_2]^O + R + D \quad (4)$$

$$R = J/k \quad (5)$$

$$D = 1/(\tau k) \quad (6)$$

[DÜRING & BÄCHLIN 2009] haben diesen Ansatz dahingehend abgewandelt, dass die zeitabhängigen Größen J, k und  $\tau$  als konstante Parameter mit den folgenden Werten verwendet werden können:

$$J = 0,0045 \text{ s}^{-1}$$

$$K = 0,00039 \text{ (ppb s)}^{-1}$$

$$\tau = 100 \text{ s}$$

#### 4.2.2 Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwertes

Nach der 39. BImSchV dürfen die NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerte maximal 18-mal in einem Jahr den Wert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  überschreiten. Um zu überprüfen, ob diese Bedingung eingehalten ist, muss das 99,79-Perzentil aller NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerte eines Jahres bestimmt werden.

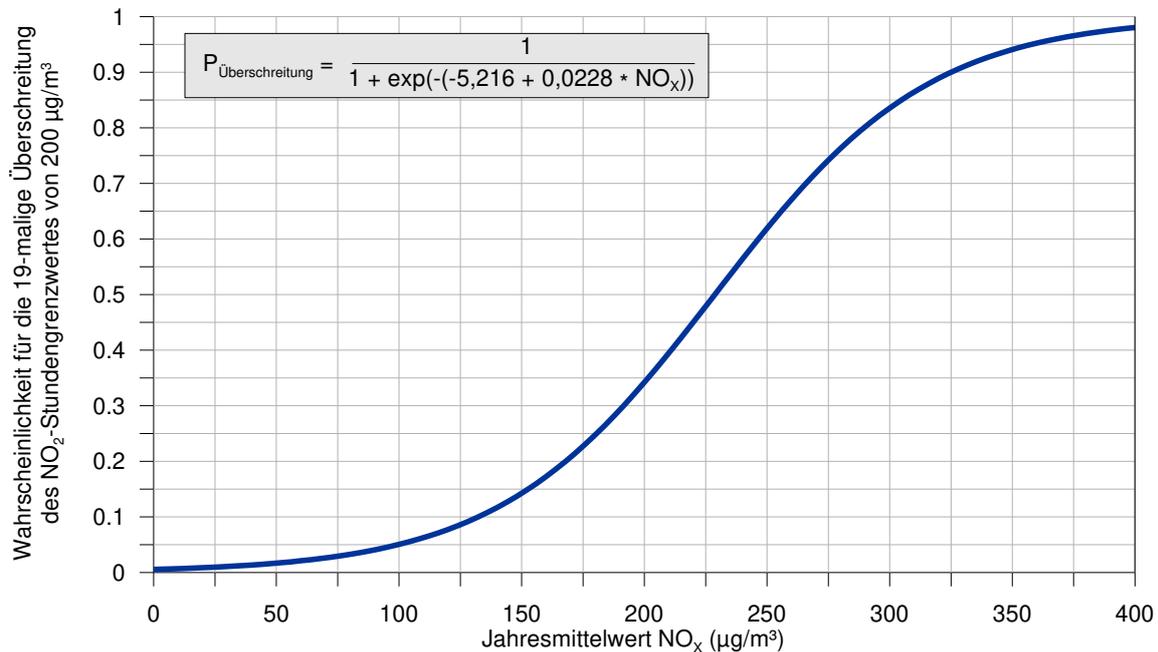
Statistische Auswertungen zeigen, dass die Bestimmung eines so hohen Perzentils mittels einer Regressionsbeziehung mit sehr großen Unsicherheiten behaftet ist.

Zur Bestimmung des Einhaltens des Grenzwertes wird für den NO<sub>2</sub>-Stundenwert daher ein anderer Ansatz gewählt [IVU 2011]. Passt man die logistische Funktion

$$P_{19h>200} = \frac{1}{1 + e^{-(A+B[\text{NO}_x])}} \quad (7)$$

an, so erhält man eine statistische Beziehung zwischen der Wahrscheinlichkeit einer mindestens 19-maligen NO<sub>2</sub>- Grenzwertüberschreitung und dem NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwert (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.2**).

Statistische Auswertungen im Rahmen des oben genannten Forschungsprojektes ergaben folgende Werte für die Koeffizienten: A=-5,216 und B=0,0228.



**Abbildung 4.1: Empirische Wahrscheinlichkeit der mindestens 19-maligen Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwertes als Funktion des Jahresmittelwertes von NO<sub>x</sub>**

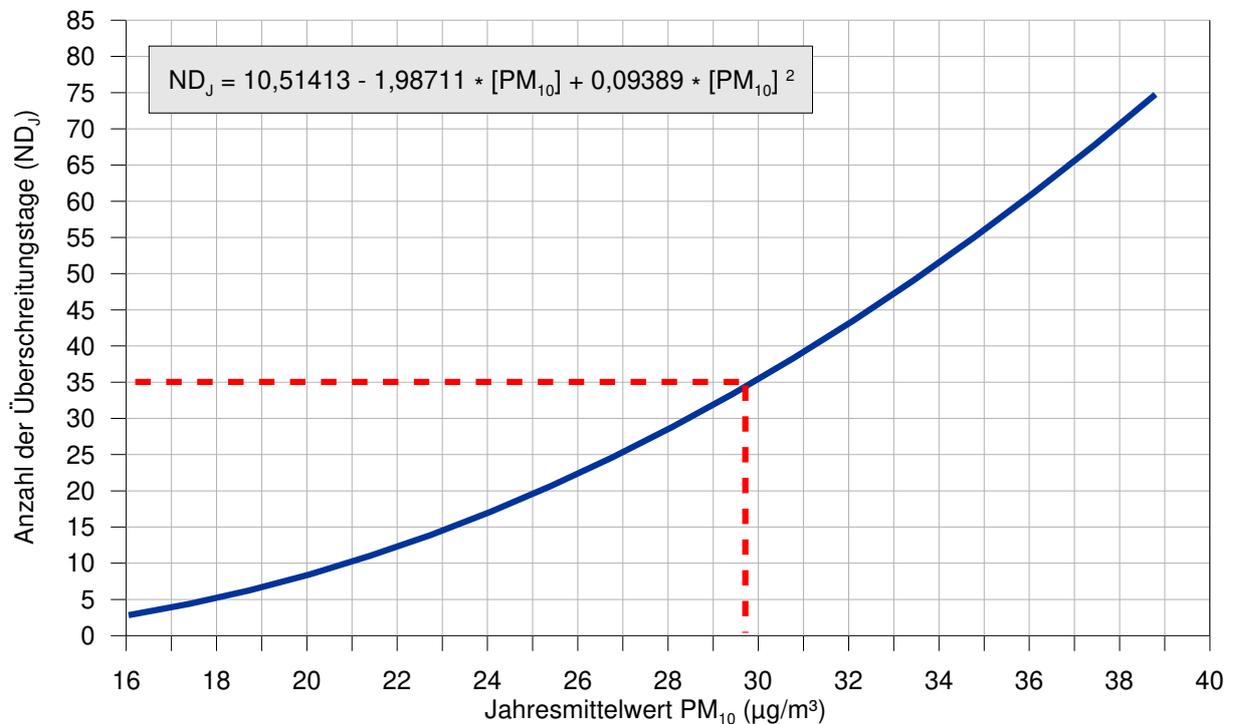
#### 4.2.3 Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwertes

Nach Untersuchungen der IVU Umwelt GmbH [IVU 2011] existiert eine recht gute Korrelation für den Zusammenhang zwischen dem PM10-Jahresmittelwert und der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwert-Grenzwertes.

Eine Abschätzung der jährlichen Überschreitungstage  $ND_{J>50}$  aus dem PM10-Jahresmittelwert  $[PM_{10}]$  ermöglicht hiernach die folgende Funktion (siehe auch **Fehler! erweisquelle konnte nicht gefunden werden.3**):

$$ND_{J > 50} = 10,51413 - 1,98711 \cdot [PM_{10}] + 0,09389 \cdot [PM_{10}]^2 \quad (8)$$

Bei Anwendung dieser Funktion wird bis zu einem PM10-Jahresmittelwert von 30 µg/m<sup>3</sup> der Grenzwert von 35 Überschreitungen nicht überschritten.



**Abbildung 4.2:** Bestimmung der Anzahl der PM10-Überschreitungstage aus dem PM10-Jahresmittelwert

Die Auswertung der PM10-Messungen der letzten Jahre an über 1.000 Messstellen im gesamten Bundesgebiet hat gezeigt, dass ab einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ in über 90 % der Fälle davon ausgegangen werden kann, dass mehr als 35 Überschreitungstage erreicht werden und damit der Grenzwert überschritten ist. Liegt die Belastung mit PM10 zwischen 29 µg/m³ und 30 µg/m³, reichen bereits geringe Veränderungen der meteorologischen Verhältnisse und/oder geringfügige Veränderungen der Verkehrsbelastung (z. B. durch Verdrängungen aufgrund von Maßnahmen an benachbarten Straßen) aus, den Grenzwert für das PM10-Tagesmittel zu überschreiten.

## **5 Ergebnisse**

Auf der Grundlage der Ausbreitungsrechnungen wurden die Immissionskenngrößen nach der in Kapitel 4.2 beschriebenen Methodik ermittelt und grafisch sowie tabellarisch ausgewertet.

Die Abbildungen 5.1 bis 5.3 zeigen die berechneten NO<sub>2</sub>-, PM10- sowie PM2,5-Konzentrationen in dem Rechengebiet. Es wird jeweils der Prognosenullfall dem Planfall gegenübergestellt. Die Auswertung bezieht sich auf eine Höhe von 1,75 m über Grund. Aufgrund der zunehmenden Durchmischung in höheren Bezugsniveaus kann davon ausgegangen werden, dass die Konzentrationswerte der Luftschadstoffe mit zunehmender Höhe sinken.

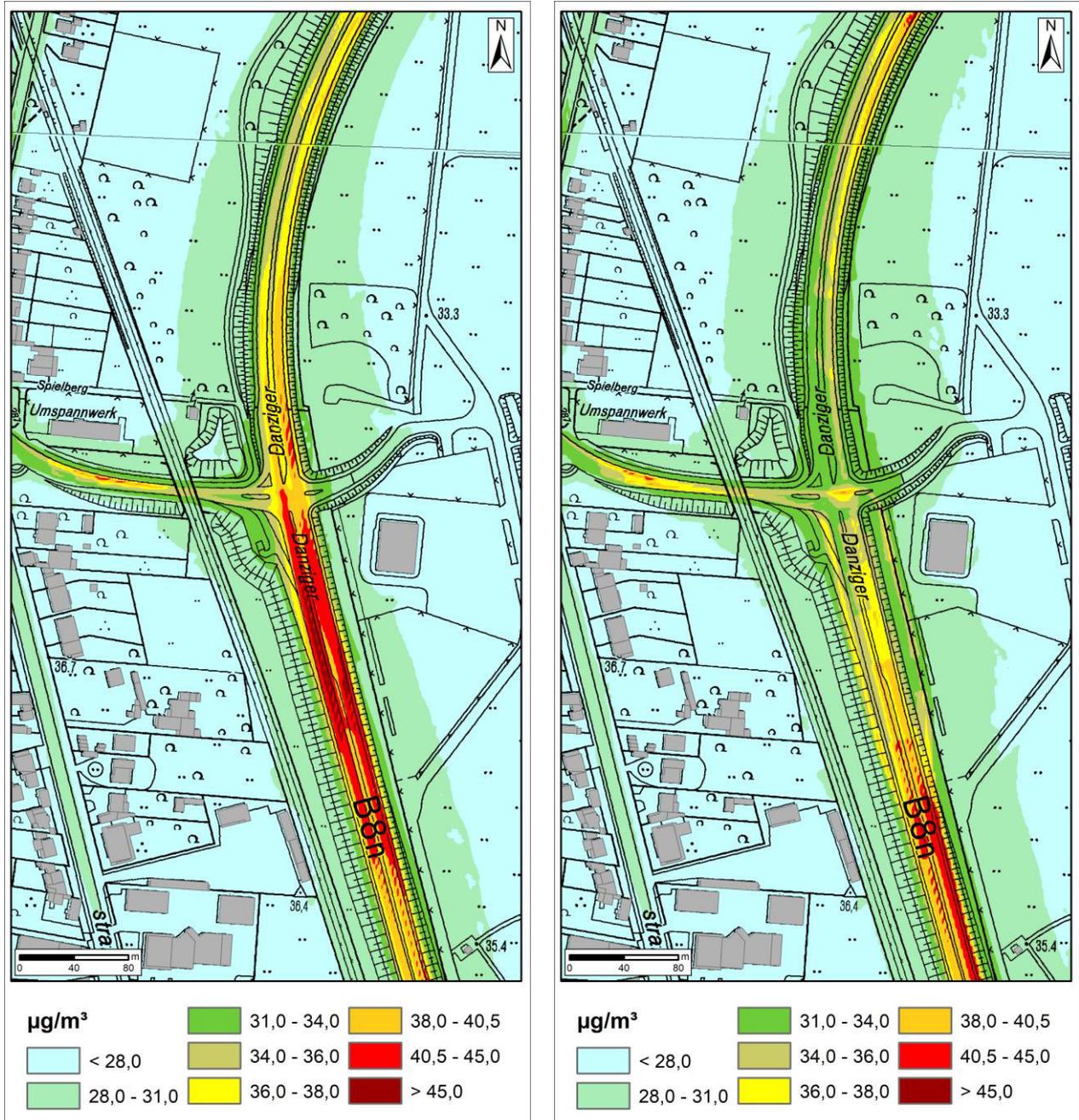


Abbildung 5.1: Jahresmittel der NO<sub>2</sub>-Konzentration für den Prognose Nullfall (links) und den Planfall (rechts)

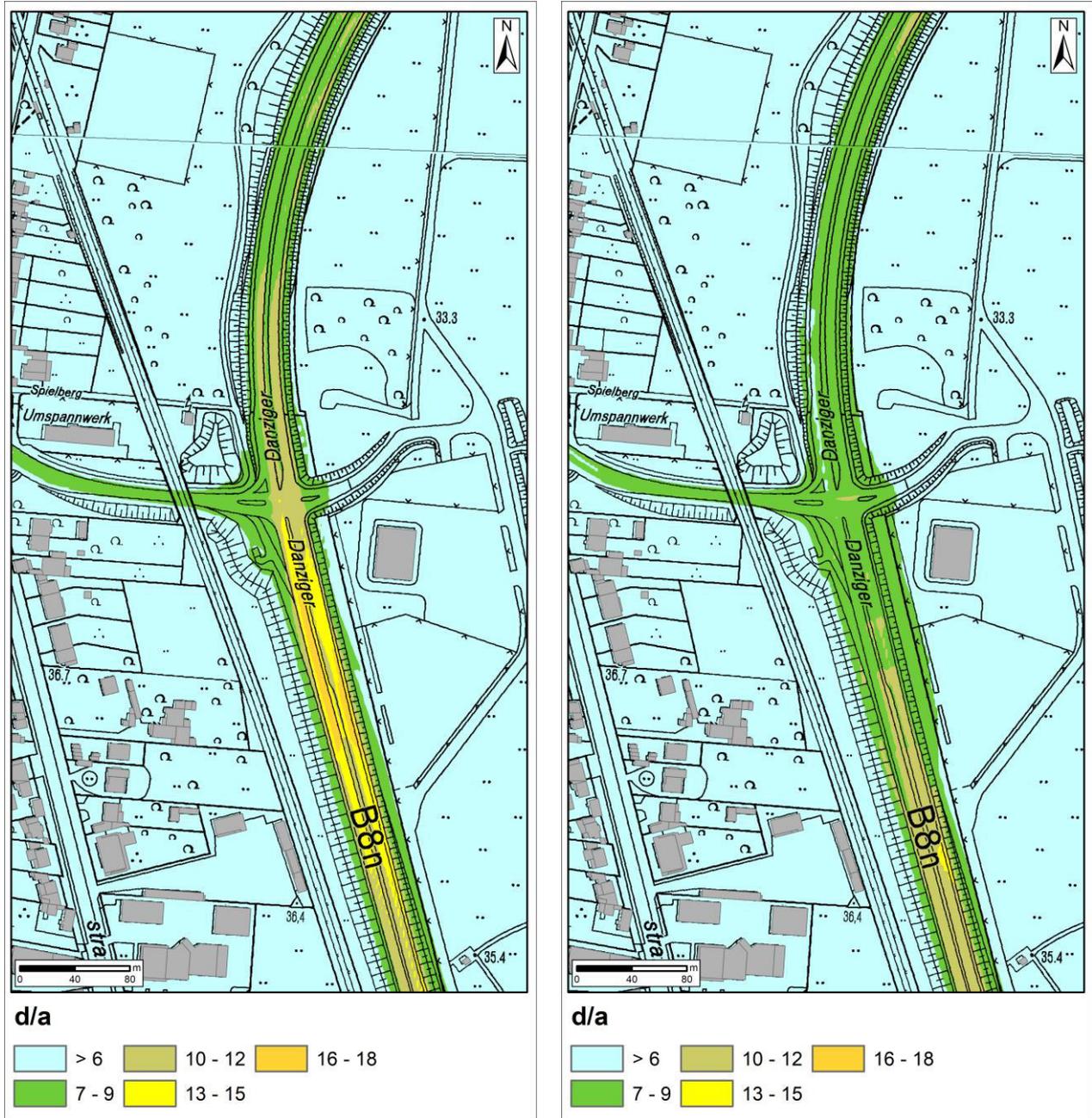


Abbildung 5.2: Überschreitungstage der PM10-Konzentration für den Prognosenullfall (links) und den Planfall (rechts)

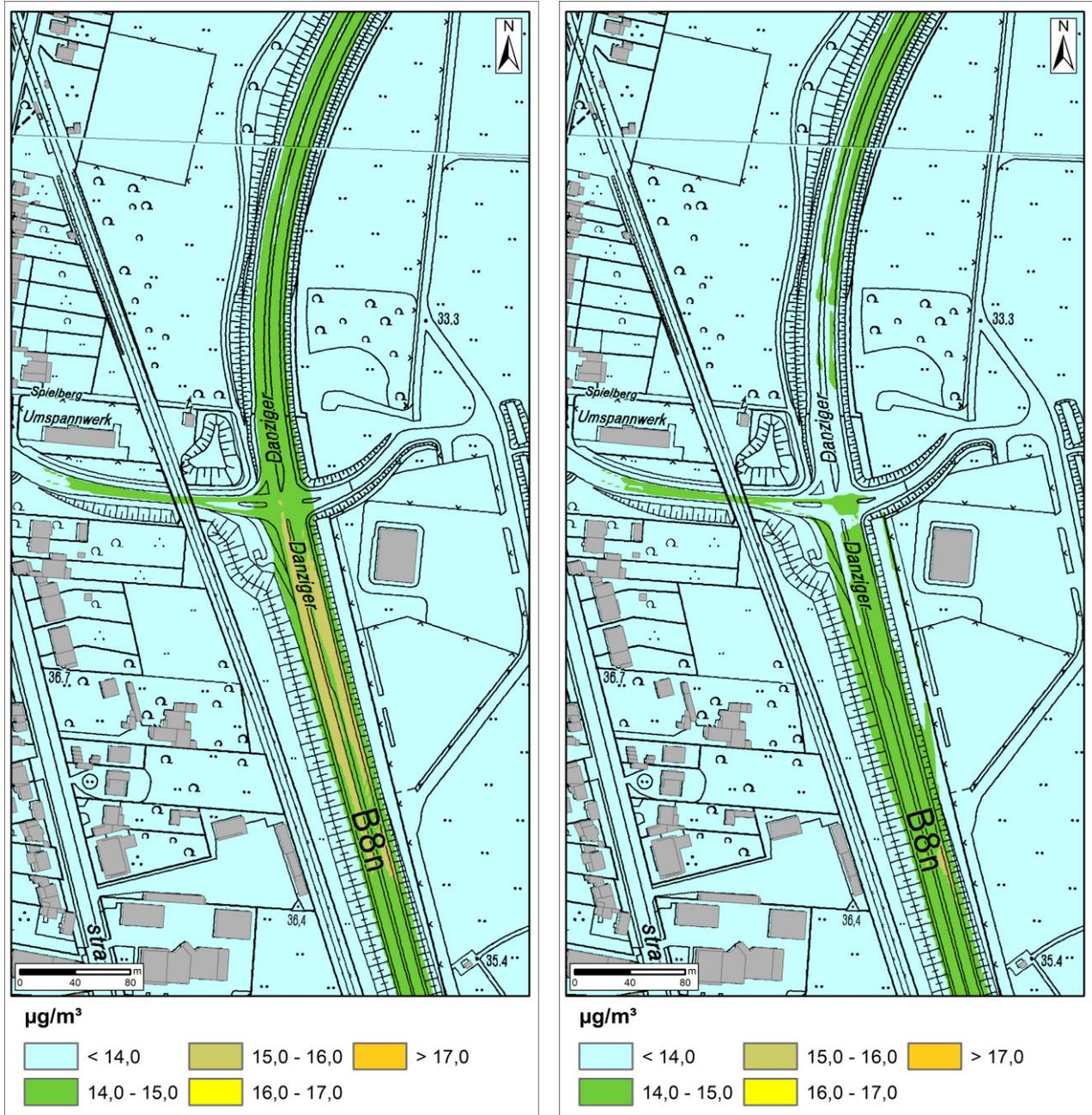


Abbildung 5.3: Jahresmittel der PM<sub>2,5</sub>-Konzentration für den Prognosenullfall (links) und den Planfall (rechts)

Die Abbildung 5.1 belegt, dass im Prognosenullfall die prognostizierte **NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte** an den Fassaden der Wohngebäuden den Grenzwert der 39. BImSchV unterschreiten. Die NO<sub>2</sub>-Konzentration liegt in diesen Bereichen nur unwesentlich über der Vorbelastung, so dass hier sehr günstige lufthygienische Bedingungen vorliegen. Lediglich unmittelbar über der Fahrbahn der B8 südlich des Knotenpunkts B8/ Am Spielberg werden Konzentrationen oberhalb des maximal zulässigen Wertes von 40 µg/m<sup>3</sup> erreicht.

Im Planfall führt die Realisierung des Bauvorhabens zu einer Erhöhung der Verkehrsbelastung. Trotz des erhöhten Verkehrsaufkommens bleibt die NO<sub>2</sub>-Konzentration im Bereich der Wohngebäude kaum verändert und weit unter dem Grenzwert. Die ausreichende Entfernung zur B8 sowie eine lockere Bebauung begünstigen eine gute lufthygienische Belastungssituation.

Unmittelbar über dem Knotenpunkt hat sich die Belastungssituation durch die Baumaßnahme stark verbessert. Durch die Tieflage des Knotenpunkts im Prognosenullfall wird die Durchlüftung in dem Bereich eingeschränkt, was die Immissionsbelastung ansteigen lässt. Durch das Anheben der Fahrspur wird die Durchlüftungssituation am Knotenpunkt enorm verbessert, so dass die Schadstoffkonzentration dort abnimmt und weit unter den Grenzwert fällt.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnung zeigen, dass die berechneten **Feinstaubkonzentrationen** (PM10-Jahresmittelwert, PM10-Kurzzeitgrenzwert und PM2,5-Jahresmittelwert) die Grenzwerte der 39. BImSchV überall deutlich unterschreiten und vielfach nur unwesentlich oberhalb der Hintergrundbelastung liegen. Die in Abbildung 5.2 dargestellten Überschreitungstage der PM10-Konzentration zeigen eine Abnahme der Überschreitungstage von maximal 18 Tagen im Prognosenullfall auf maximal 15 Tage im Planfall. Auch der PM2,5-Jahresmittelwert liegt in beiden Fällen nur maximal 2-3 µg/m<sup>3</sup> über der regionalen Vorbelastung (vgl. Abbildung 5.3).

Grenzwertüberschreitungen können somit sicher ausgeschlossen werden.

## 6 Zusammenfassung und Bewertung

Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen plant derzeit den Umbau der Anschlussstelle B 8/ B 8n/ Am Spielberg in Düsseldorf. Die Planung sieht einen Umbau von einer plangleichen, lichtsignalgeregelten hin zu einer teilplanfreien Anschlussstelle vor. Der Ausbau soll zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse dienen. Die Maßnahme sieht eine Anhebung der B8 am Knotenpunkt durch ein neues Brückenbauwerk vor.

Um die Stickstoffdioxid- (NO<sub>2</sub>) und Feinstaubkonzentrationen (PM10 und PM2,5) im Bereich des Plangebietes bewerten zu können, wurde das Ingenieurbüro simuPLAN mit der Anfertigung eines lufthygienischen Fachgutachtens beauftragt.

Die Immissionsprognose wird mit dem mikroskaligen Windfeld- und Ausbreitungsmodell MISKAM für den Prognosenullfall und den Planfall durchgeführt. Da voraussichtlich erst gegen Ende des Jahres 2019 mit dem Bau begonnen werden kann, wird als Prognosehorizont das Jahr 2021 festgelegt.

Die durch den Straßenverkehr verursachten Emissionen wurden fahstreifengenau auf der Grundlage des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren 3.3 ermittelt. Für den Straßenverkehr wurde die Flottenzusammensetzung auf der Grundlage der aktuellen Zulassungsstatistik der Stadt Düsseldorf abgeleitet.

Als Grundlage der Ausbreitungsberechnungen wurde eine Windstatistik der Station Düsseldorf-Flughafen verwendet, die aufgrund ihrer Lage die Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet sehr gut repräsentiert.

Neben den Luftschadstoffimmissionen, die durch den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet verursacht werden, wurden auch die Immissionsbeiträge durch Quellen außerhalb des Untersuchungsgebietes - die so genannte Vorbelastung – berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen belegen, dass für den Prognosenullfall und für den Planfall die untersuchten Schadstoffkonzentrationen (NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert, NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwert, PM10-Jahresmittelwert, PM10-Tagesmittelwert und PM2,5-Jahresmittelwert) in allen beurteilungsrelevanten Bereichen deutlich unter den Grenzwerten der 39. BImSchV liegen und oftmals die Vorbelastungswerte nur unwesentlich überschreiten.

Aus lufthygienischer Sicht steht einer Realisierung der Planung somit nichts entgegen.

## 7 Literaturverzeichnis

[22. BImSchV 2002]

Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV –) vom 11.09.2002, BGBl. I, S. 3626.

[39. BImSchV 2010]

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39.BImSchV) vom 02.08.2010, BGBl. I S. 1065.

[BMU 2010]

Görgen, R.: Aktivitäten der Bundesregierung zur Minderung der NO<sub>2</sub>-Belastung. – Vortrag zur Fachtagung „Herausforderung NO<sub>2</sub>-Immissionen Gesetzgebung, Luftbelastung, Lösungen“, Heidelberg, März 2010.

[CORINAIR 2007]

European Environment Agency: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2007, Group 7: Road transport, Kopenhagen 2007.

[DÜRING & BÄCHLIN 2009]

Düring, I. & Bächlin, W.: Tendenzen der NO<sub>2</sub>-Belastung im Land Brandenburg. Potsdam 2009.

[DÜSSELDORF FLUGHAFEN 2014 (...2015, 2016)]

Flughafeninduzierte Emissionen und Immissionen, Düsseldorf, 2014 (...2015, 2016).

[EICHHORN 1989]

Eichhorn, J. : Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells, Dissertationsarbeit zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“ am Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg Universität. Mainz, 1989.

[EU 1996]

Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, vom 27. September 1996.

[EU 1999]

Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, 29.6.1999.

[EU 2000]

Richtlinie 2000/30/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, 13.12.2000.

[EU 2008]

Richtlinie 2008/50EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, 11.06.2008.

[HERTEL & BERKOWICZ 1989]

Hertel, O. & Berkowicz, R.: Modelling NO<sub>2</sub> concentrations in a street canyon. DMU Luft A-131. National Environmental Research Institute, Division of Emissions and Air pollution, Denmark. 1989.

[HEUSCH, BOESEFELDT 1995]

Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerortsbereich (FE-Nr. 77 224/93), im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. Aachen, 1995.

[INFRAS 2017]

Keller, M.: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3, 2017.

[IVU 2011]

Diegmann, V.: IMMIS Luft – Handbuch zur Version 5.2, März 2011.

[STRASSEN NRW]

Landesbetrieb Straßenbau NRW: Erläuterungsbericht zum Vorentwurf Knotenpunktumbau B 8 / Am Spielberg]

[LANUV 2018]

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz:

<http://www.lanuv.nrw.de/umwelt/luft/immissionen/berichte-und-trends/trends/>

[LOHMEYER 2011]

Schmidt, W., Düring, I., Lohmeyer, A.: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Strassenverkehrs. Dresden, 2011.

[UBA 2011]

Umweltbundesamt (Hrsg.): Stand der Modellierungstechnik zur Prognose der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Luftreinhalteplänen nach der 39. BImSchV. Mai 2011.

[VDI 2003]

VDI 3782, Blatt 7: Kfz-Emissionsbestimmung, Kommission Reinhaltung der Luft: November 2003.

[VDI 2013]

Verein Deutscher Ingenieure: VDI 3783, Blatt 14. Umweltmeteorologie. Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung. Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. Kommission Reinhaltung der Luft. August 2013.