

# B-Plan 5077/057 in Düsseldorf-Heerdt

# Fachgutachten zu den Luftschadstoffimmissionen

Auftraggeber: Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf

Auf'm Hennekamp 45

40225 Düsseldorf

Auftrags-Nr.: 1736-I

Datum: 24.07.2013

Bearbeiter:

Dipl. Geogr. Björn Siebers

M.Sc. Geogr. Sebastian Clodt



# **Dipl. Met. Georg Ludes** Ingenieurbüro für Numerische Simulation

# Inhaltsverzeichnis

Ta	ab	eller	verz	eichnis	3				
A	ob	ildur	igsv	erzeichnis	3				
1		Auf	gabe	enstellung	5				
2	Allgemeine Hintergrundinformationen								
	2.1 Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )								
	2.	.2	Fei	nstaub (PM)	9				
3		Bew	ertu	ngsmaßstab	11				
4		Eing	gang	sdaten	12				
	4.	.1	Em	issionen	12				
		4.1.	1	Eingangsdaten für die Emissionsberechnung	12				
		4.1.	2	Zusammenfassende Darstellung der Eingangsdaten	18				
		4.1.	3	Ergebnisse der Emissionsberechnung	20				
	4.	.2	Met	eorologische Eingangsdaten	21				
	4.	.3	Hin	tergrundbelastung	22				
5		Imm	nissi	onsprognose	23				
	5.	.1	Red	chenmodell	23				
	5.	.2	Met	hodik zur Bestimmung der Immissionskenngrößen	25				
		5.2.	1	Umwandlung von NO <sub>X</sub> zu NO <sub>2</sub>	25				
		5.2.	2	Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des NO <sub>2</sub> -					
		Stu	nder	ngrenzwertes	26				
		5.2.	3	Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des PM <sub>10</sub> -					
		Tag	esgı	enzwertes	27				
6		Erg	ebni	sse	29				
7		Zusammenfassung und Bewertung33							
8		Lite	ratui	verzeichnis	35				



# **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 3.1:	Grenzwerte der verkehrsrelevanten Schadstoffe zum Schutz der
	menschlichen Gesundheit nach [39. BlmSchV 2010]1
Tabelle 4.1:	Anteile des Verkehrs mit Fahrweiten kleiner als 5 km am DTV [VDI
	2003]1
Tabelle 4.2:	PM <sub>10</sub> -Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebe (Auf/Ab)
	differenziert nach Verkehrssituation (Quelle: [LOHMEYER 2011])16
Tabelle 4.3:	PM <sub>2,5</sub> -Emissionsfaktoren für den Abrieb nach CORINAIR1
Tabelle 4.4:	Eingangsdaten für die Emissionsberechnung im Prognosenullfall und
	Planfall18
Tabelle 4.5:	Ergebnisse der Emissionsberechnung20
Tabelle 4.6:	Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet22
Tabelle 5.1:	Kenndaten des Rechengitters23
Tabelle 6.1:	Prognostizierte Immissionskenngrößen in einer Höhe von 2m über
	Grund
Abbildungs	verzeichnis
Abbildung 1.1:	Lage des Untersuchungsgebietes
Abbildung 1.2:	Bebauungsplan 5077/057 - Vorentwurf
Abbildung 4.1:	Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.113
Abbildung 4.2:	Übersicht der Düsseldorfer Umweltzone mit Lage des
	Untersuchungsgebietes (roter Punkt), Quelle: [Stadt Düsseldorf
	2013]15
Abbildung 4.3:	Lage der Querschnitte im Untersuchungsgebiet19
Abbildung 4.4:	Windrichtungsverteilung an der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen
	2
Abbildung 5.1:	Dreidimensionales Modell für die Windfeldberechnung24
Abbildung 5.2:	Statistischer Zusammenhang zwischen den Jahresmittelwerten von
	NO <sub>X</sub> und NO <sub>2</sub> (Typ Stadt)26
Abbildung 5.3:	Empirische Wahrscheinlichkeit der mindestens 19-maligen
	Überschreitung des NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwertes als Funktion des
	Jahresmittelwertes von NO <sub>V</sub>



# Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

Abbildung 5.4:	Bestimmung der Anzahl der PM <sub>10</sub> -Überschreitungstage aus dem				
	PM <sub>10</sub> -Jahresmittelwert	28			
Abbildung 6.1:	Jahresmittelwert der NO <sub>2</sub> -Immissionen in 2m über Grund	31			
Abbildung 6.2:	Anzahl der Tage eines Jahres mit PM <sub>10</sub> -Tagesmittelwerten > 50				
	μg/m³ in 2m über Grund	32			



# 1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Bauleitplanes "B7 Brüsseler Straße – AS Heerdter Lohweg" soll durch die Landeshauptstadt Düsseldorf westlich des Vodafone-Campus im Stadtteil Düsseldorf-Heerdt eine neue Anschlussstelle zur Bundesstraße B7 geschaffen werden.

Die Planung sieht vor, mit der neuen Anschlussstelle eine direkte Anbindung des Heerdter Lohwegs an die Brüsseler Straße (B7) zu schaffen. Damit soll der Anschluss der im Umfeld des Plangebietes vorhandenen Quartiere an das überörtliche Verkehrsnetz verbessert werden. Der Heerdter Lohweg erhält durch die vorgesehenen Maßnahmen eine Verteilerfunktion und bindet künftig die Verkehre der nördlich und südlich der Brüsseler Straße gelegenen Quartiere an das überörtliche Verkehrsnetz an. Über den Heerdter Lohweg werden des Weiteren die Willstätterstraße, und die Pariser Straße L392 mit der B7 verknüpft.

Den Vorentwurf des Bebauungplanes B°5077/057 zeigt die Abbildung 1.2.

Zur Beurteilung der Auswirkungen der Planung auf die Luftqualität im Umfeld des Bebauungsplangebietes wurde das Ingenieurbüro simuPLAN beauftragt, die Stickstoffdioxid-(NO<sub>2</sub>) und Feinstaubimmissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) mit Hilfe von Simulationsrechnungen zu bestimmen und anhand der Grenzwerte der 39. BlmSchV zu bewerten (die Lage des Untersuchungsgebietes ist in Abbildung 1.1 durch das blaue Rechteck gekennzeichnet).

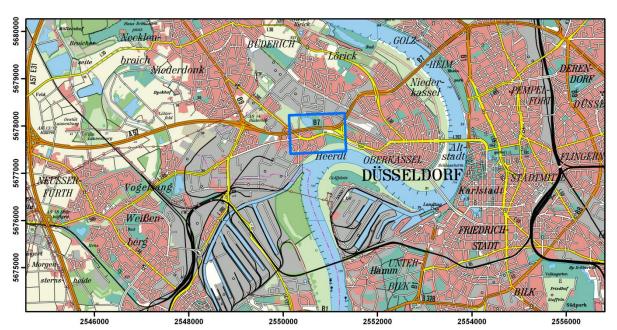


Abbildung 1.1: Lage des Untersuchungsgebietes

Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Benzol, Blei (Pb), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen auch an höchstbelasteten "Hot Spots" deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie wurden daher nicht weiter betrachtet.



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechenmodell MISKAM für den Prognose-Planfall durchgeführt.

**Prognose-Planfall:** Geplante Ausbausituation, Verkehrsbelastung für das Jahr 2025, Emissionsfaktoren für das Jahr 2016

Die durch den Straßenverkehr verursachten Emissionen wurden fahrstreifengenau auf der Grundlage des Handbuchs für Emissionsfaktoren – kurz HBEFA – sowie den prognostizierten Verkehrszahlen für das Jahr 2025 ermittelt. Da mit der Realisierung der Maßnahme nach Auskunft des Auftraggebers frühestens im Jahr 2016 zu rechnen ist, wurden für die Emissionsberechnung die Emissionsfaktoren mit der spezifischen Flottenzusammensetzung für das Jahr 2016 verwendet. Da sich der Schadstoffausstoß der Fahrzeugflotte infolge verschärfter Abgasnormen in Zukunft deutlich verringern wird, stellt die Berechnung mit Verkehrszahlen für das Jahr 2025 und Emissionsfaktoren für das Jahr 2016 ein Worst-Case-Szenario dar.



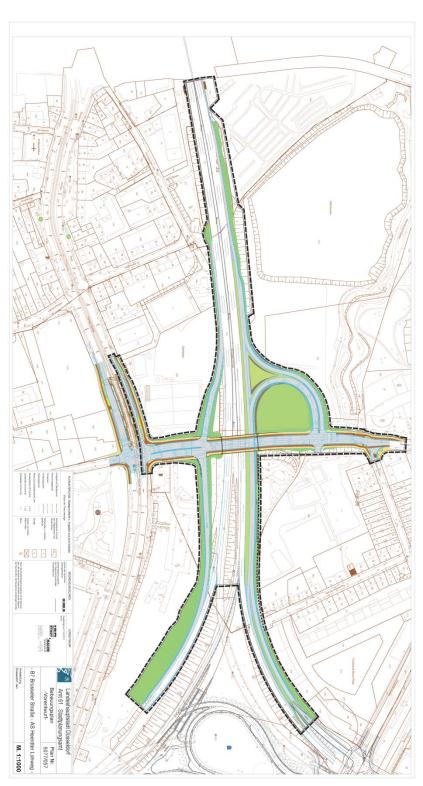


Abbildung 1.2: Bebauungsplan 5077/057 - Vorentwurf



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

# 2 Allgemeine Hintergrundinformationen

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

Stickstoffoxide ( $NO_X$ ) sind die zusammenfassende Bezeichnung für Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ). Stickstoffoxide bilden sich fast ausschließlich bei Verbrennungsvorgängen in Motoren und Großfeuerungsanlagen. Bei diesen Verbrennungsprozessen entsteht in erster Linie Stickstoffmonoxid, das aber in der Atmosphäre schnell zum gesundheitsschädlichen Stickstoffdioxid umgesetzt wird.

In Großstädten ist die Konzentration von NO als primärem, kurzlebigem Abgasemissionsprodukt ein "Verkehrsindikator". Die Konzentration von NO<sub>2</sub> als sekundärem, vergleichsweise stabilem und schädlicherem Umwandlungsprodukt ist eher ein Maß für die Auswirkungen des Verkehrs im Zusammenspiel der zugrunde liegenden Einflussgrößen. NO<sub>2</sub> ist gesundheitsschädlicher als NO und wirkt als Reizgas auf die Schleimhäute der Atemwege. Akute gesundheitliche Auswirkungen wie z.B. Störungen der Lungenfunktionen sind bei bestimmten Personen (Bronchatiker und Asthmatiker) ab einem gewissen Belastungsniveau festzustellen.

Unter Beteiligung von Wasser bilden sich aus den  $NO_X$  die Umwandlungsprodukte Salpetersäure und salpetrige Säure. Diese sind Teil der säurehaltigen Niederschläge und verantwortlich für die Versauerung der Böden und der Gewässer. Die Salze der Umwandlungsprodukte sind Nitrit und Nitrat. Durch den Eintrag in den Boden führen sie zu einer Düngung des Bodens mit Stickstoff. Naturnahe Ökosysteme, die auf nährstoffarme Böden angewiesen sind (z.B. Kalkmagerrasen), werden in ihrem Bestand und ihrer Entwicklung beeinträchtigt bzw. verdrängt.  $NO_X$  und deren Umwandlungsprodukte sind auch an Korrosionsvorgängen bei Metallen beteiligt. Stickoxide haben neben den flüchtigen organischen Verbindungen ebenfalls eine große Bedeutung als Vorläufersubstanzen für die sommerliche Ozonbildung.

Der Hauptverursacher ist der Verkehrsbereich, gefolgt von Kraftwerken, der Industrie sowie Haushalten und Kleinverbrauchern. Während sich der Stickstoffoxidausstoß der Kraftwerke durch den Einbau von Entstickungsanlagen in den vergangenen Jahren erheblich reduziert hat, ist der Anteil des Straßenverkehrs – trotz Katalysator – aufgrund des unverändert steigenden Fahr- und Transportaufkommens nur leicht gesunken.

# 2.2 Feinstaub (PM)

Feinstäube werden anhand ihres Durchmessers in drei Kategorien unterteilt:

Inhalierbarer Feinstaub PM <sub>10</sub> *:	< 10 µm
Lungengängiger Feinstaub PM <sub>2,5</sub> *:	< 2,5 μm
Ultrafeine Partikel UP:	< 0,1 µm

<sup>\*</sup>PM: Particulate Matter

Feine Teilchen (von weniger als 2,5  $\mu$ m Durchmesser) und ultrafeine Teilchen (bis unter 0,1  $\mu$ m Durchmesser), die für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar sind, machen dabei den gesundheitlich relevanten Teil des Schwebstaubs aus.

Die Teilchen stammen aus natürlichen und anthropogenen - also durch menschliche Aktivitäten erschlossene Quellen, die man in sekundäre und primäre Quellen unterteilt.

Zu den primären natürlichen Quellen zählen z.B. Seesalzaerosole, Bodenerosion, Vulkanismus, Biomasseverbrennung (Waldbrände) und biogene Quellen (Viren, Bakterien, Algen, Pilze, Pflanzenteile). Unter sekundären natürlichen Quellen versteht man chemische und physikalische Vorgänge in der Atmosphäre, die zu einer Entstehung von Partikeln führen.

Insbesondere für die Beurteilung regionaler und lokaler Staubbelastungen spielen jedoch anthropogene primäre Quellen eine entscheidende Rolle. Industrieprozesse, Straßenverkehr (unvollständige Verbrennung, Reifenabrieb, Aufwirbelung), Kraft- und Fernheizwerke (Flugaschepartikel), Haushalte, Kleinverbraucher und Schüttgutumschläge sind Hauptquellen für Staub.

Sekundär anthropogen gebildete Partikel entstehen durch chemische und physikalische Reaktionen anthropogener Vorläufersubstanzen wie Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NOx), Kohlenwasserstoffe (VOC), Nitrat und Ammoniak (NH<sub>3</sub>), deren Quellen hauptsächlich in Industrie, Verkehr und Landwirtschaft zu suchen sind.

Größenverteilung, Zusammensetzung und Morphologie von Feinstaub stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit Art und Weise seiner Bildung.

Man findet kristalline, kubische, runde und unregelmäßige Teilchen.

Die Zusammensetzung von Feinstaub richtet sich nach dem lokalen Auftreten von relevanten Quellen. So unterscheidet sich die Zusammensetzung des Feinstaubes in ländlichen Räumen von der in industriell geprägten Gebieten. So verursachen die hohen Ammoniak-Emissionen in landwirtschaftlich geprägten Räumen mit Schwerpunkt auf Viehzucht relativ hohe Sekundäraerosol-Konzentrationen.

Grundsätzlich bestimmen drei Komponenten die Zusammensetzung von Feinstaub:

Die kohlenstoffhaltige Komponente setzt sich zusammen aus dem organisch gebundenen



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

Kohlenstoff (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe PAK, biogenes Material) und dem elementaren Kohlenstoff (z.B. Dieselruß). Eine andere Komponente sind sekundär in der Atmosphäre gebildete Ionen wie Sulfat, Nitrat und Ammonium. Letztlich bilden natürliche Verbindungen wie Silizium, Aluminium, Eisen, Kalzium, Magnesium usw. als dritte Komponente eine untergeordnete Komponente. Zusätzlich und regional begrenzt treten Schwermetalle und kanzerogene Stoffe aus Industrieprozessen auf.

Die gesundheitliche Wirkung von Stäuben insbesondere von Feinstaub wurde gerade in den letzten Jahren in umweltepidemiologischen und toxikologischen Studien beschrieben. Ob eine Gefahr für unsere Gesundheit besteht, hängt ganz entscheidend von der Konzentration, der Expositionszeit und der Partikelgröße ab.

Es werden der inhalierbare Feinstaub PM<sub>10</sub>, der lungengängige Feinstaub und der ultrafeine Feinstaub unterschieden. Die inhalierbare Fraktion wird durch Mund- und Nasenöffnung eingeatmet und zum Teil dort gebunden. Die lungengängige Fraktion gelangt beim Einatmen über den Kehlkopf in die Lunge hinein, während die ultrafeine Fraktion bis in die inneren Teile der Lunge – die Alveolen – vordringt.

Das bedeutet, je kleiner die Partikel sind, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese in die sensible alveolare Region vordringen und dort deponiert werden. Lösliche Anteile können toxische Substanzen freisetzen und somit zu entzündlichen Prozessen führen. Unlösliche Anteile bilden Schnittstellen zu Zellen, Gewebe und Lungenflüssigkeit.

Erhöhte Konzentrationen von Feinstaub können abhängig von der Konzentration und Dauer der Exposition zum Auftreten von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, zu vermehrten Atemwegssymptomen bei Asthmatikern und sogar zum Anstieg der Mortalität führen.



# 3 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. BlmSchV 2010]. Die bisherigen, in der 22. BlmSchV 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 3.1).

Tabelle 3.1: Grenzwerte der verkehrsrelevanten Schadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach [39. BlmSchV 2010]

PM <sub>10</sub> [µg/m³]	PM <sub>10</sub> [µg/m³]	PM <sub>2,5</sub> [µg/m³]	NO <sub>2</sub> [µg/m³]	NO <sub>2</sub> [µg/m³]	
Jahresmittel	Tagesmittel	Jahresmittel	Jahresmittel	Max. 1h-Wert	
40	50 <sup>*</sup>	25	40	200**	

<sup>\*</sup> Maximal 35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig. Dies entspricht in etwa dem 90,4-Percentil der Tagesmittelwerte.

Die Grenzwerte für  $NO_2$  sind seit dem Jahr 2010, die Grenzwerte für  $PM_{10}$  sind seit dem Jahr 2005 einzuhalten. Der Grenzwert für  $PM_{2,5}$  erhält rückwirkend ab dem Jahr 2009 mit einer Toleranzmarge von 5  $\mu$ g/m³ Gültigkeit. Die Toleranzmarge reduziert sich jährlich um ein Sechstel, bis im Jahr 2015 der einzuhaltende Grenzwert 25  $\mu$ g/m³ erreicht ist.

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 Immissionsgrenzwert-Überschreitungen zu verringern oder den Zeitraum währenddessen die Werte überschritten werden, zu verkürzen.

<sup>\*\*</sup> Maximal 18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig. Dies entspricht in etwa dem 99,8-Percentil der Stundenmittelwerte.



# 4 Eingangsdaten

#### 4.1 Emissionen

Die Emissionsberechnungen erfolgten 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 [INFRAS 2010] zusammengestellten Emissionsdaten.

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 (Otto-, sind nach zahlreichen Parametern, wie Antriebsart Dieselfahrzeug). Fahrzeugkategorie (Pkw, Lkw, Bus, etc.), Fahrzeugkonzept (Euro-Normen), Fahrzeugschicht (jeweilige Hubraum- bzw. Gewichtsklasse) Straßenkategorie (innerorts, außerorts, dazugehörigen Verkehrssituation Autobahn), der sowie möglichen Abgasminderungstechniken, gegliedert.

# 4.1.1 Eingangsdaten für die Emissionsberechnung

#### 4.1.1.1 Verkehrszahlen

Für die Berechnung der Schadstoffemissionen werden Verkehrszahlen in Form von DTV-Werten und Anteilen schwerer Nutzfahrzeuge > 3,5t benötigt. Diese Zahlen wurden uns vom Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf mit dem Bezugsjahr 2025 unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Planungen im Untersuchungsgebiet zur Verfügung gestellt. Da die prognostizierten Verkehrsmengen für das Jahr 2025 höher sind als die Verkehrsmengen im Prognosejahr 2016 kann von einem verkehrlichen "Worst-Case Szenario" ausgegangen werden.

#### 4.1.1.2 Verkehrssituation und Störungsgrad

Zur Berechnung der Abgasemissionen auf der Grundlage des HBEFA 3.1 muss jeder Fahrspur eine Verkehrssituation zugewiesen werden. Eine Übersicht über die zur Verfügung stehenden Verkehrssituationen gibt die nachfolgende Abbildung.

			Temp	o-Lin	nit [kn	1/h]								
Gebiet	Strassentyp	<b>Verkehrsszustand</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130
	Autobahn	4 V'Zustaende												
	Semi-Autobahn	4 V'Zustaende												
	Fern-, Bundesstrasse	4 V'Zustaende												
laendlich	Hauptverkehrsstrasse	4 V'Zustaende												
gepraegt	Hauptverkehrsstrasse, kurvig	4 V'Zustaende												
	Sammelstrasse	4 V'Zustaende												
		4 V'Zustaende												
	Erschliessungsstrasse	4 V'Zustaende												
	Autobahn	4 V'Zustaende												
	Stadt-Autobahn	4 V'Zustaende												
Agglo-	Fern-, Bundesstrasse	4 V'Zustaende												
meration	Staedt. Magistrale / Ringstr.	4 V'Zustaende												
Interación	Hauptverkehrsstrasse	4 V'Zustaende												
	Sammelstrasse	4 V'Zustaende												
	Erschliessungsstrasse	4 V'Zustaende												



# Abbildung 4.1: Verkehrssituationen gemäß HBEFA 3.1

Die Zuweisung der Verkehrssituationen für das Straßennetz erfolgte auf der Grundlage einer Ortsbesichtigung am 12.06.2013.

Neben der Verkehrssituation ist auch die Wahl des Störungsgrades bei der Emissionsberechnung ein entscheidender Parameter. Im HBEFA 3.1 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 Verkehrsdaten und typischer Straßenkapazitäten berechnet.

Zur Berücksichtigung der erhöhten Stop+Go-Anteile im Bereich von Lichtsignalanlagen wurden zudem Rückstaubereiche mit einem festen Stop+Go-Anteil von 10% definiert.

# 4.1.1.3 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 4.1 aufgeführten Werte sowie einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen einjährigen Temperaturzeitreihe.

Tabelle 4.1: 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
			> 30	10 - 30	5 - 10	5 - 20	< 2	> 10	5 - 10	< 5	
	AB	AO	Innen-	Innen-	Innen-	Quell-	Nebens	Stadt-	Stadt-	Stadt-	Ausf-
Lage	AD	AU	stadt	stadt	stadt	nah	tr,	rand	rand	rand	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%

## 4.1.1.4 Längsneigung

Die Längsneigung einer Straße hat einen großen Einfluss auf die Ergebnisse einer Emissionsberechnung, da bergauffahrende Kfz deutlich mehr emittieren als bergabfahrende Kfz. Die Längsneigung wurde für jede Straßenspur auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells mit einer Auflösung von 10m bestimmt.



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

## 4.1.1.5 Flottenzusammensetzung

Mit Wirkung vom 15. Februar 2009 ist in Düsseldorf eine Umweltzone eingerichtet worden, innerhalb der ein Fahrverbot für alle Fahrzeuge ohne Umweltplakette gilt. Das Fahrverbot wurde erstmalig am 15.02.2011 verschärft, indem Fahrzeuge mit roter Plakette von der Befahrung der Umweltzone ausgeschlossen wurden. Die Umweltzone wurde zum 01.02.2013 erweitert und umfasst mittlerweile einen großen Teil des Stadtgebietes, unter anderem auch das Untersuchungsgebiet im Bereich des B-Planes 5077/057 (vgl. Abbildung 4.2). Ab dem 01.07.2014 wird die Umweltzone auch für Fahrzeuge mit gelber Plakette gesperrt.

Da die Emissionsberechnungen für das Prognosejahr 2016 durchgeführt wurden, wurde in der Emissionsberechnung die Umweltzonenregelung zum Stand 01.07.2014 berücksichtigt. Hierzu wurden aus dem im HBEFA hinterlegten Flottenmix "BAU" für das Bezugsjahr 2016 alle Fahrzeuge entfernt, die aufgrund ihrer Abgasnorm die Umweltzone nicht mehr befahren dürfen. Bei den PKW sind dies Fahrzeuge mit Benzinmotoren vor Euro1 sowie Fahrzeuge mit Dieselmotoren vor Euro4. Bei den schweren Nutzfahrzeugen sind alle Fahrzeuge mit schlechteren Abgasstandards als Euro4 von der Befahrung der Umweltzone ausgeschlossen.

Die wegfallenden Fahrzeuggruppen wurden anteilig mit Fahrzeugen der in der Umweltzone zulässigen Abgasnormen ersetzt.

Zu dieser Vorgehensweise ist anzumerken, dass es derzeit noch eine Vielzahl von Ausnahmeregelungen zum Befahren der Umweltzone mit älteren Fahrzeugen gibt. So können u.a. Oldtimer mit "H" oder "07" Kennzeichen, Fahrzeuge mit Sonderrecht nach § 35 StVO oder Kraftfahrzeuge mit denen Personen fahren oder gefahren werden, die in ihrem Schwerbehindertenausweis die Merkzeichen "aG", "H" oder "Bl" haben, die Umweltzone auch ohne entsprechende Plakette befahren. Zudem können in Fällen wirtschaftlicher und sozialer Härte für bestimmte Fahrtzwecke Ausnahmegenehmigungen erteilt werden. Voraussetzung ist in allen Fällen, dass das Fahrzeug vor dem 01.01.2008 auf die Fahrzeughalterin oder den Fahrzeughalter zugelassen wurde, es nicht nachgerüstet werden kann, für den beantragten Fahrtzweck kein anderes Fahrzeug zur Verfügung steht und eine Ersatzbeschaffung wirtschaftlich nicht zumutbar ist.

Ein kompletter Wegfall der nicht in der Umweltzone zum Stand 01.07.2014 ("grüne Umweltzone") zulässigen Fahrzeuggruppen würde für die aktuelle Situation in der Emissionsberechnung demnach zu einer leichten Unterschätzung der vom Straßenverkehr ausgestoßenen Emissionsmenge führen.

Mit fortschreitender Zeit ist jedoch davon auszugehen, dass durch die kontinuierliche Modernisierung der Flotte immer weniger Fahrzeuge von Ausnahmeregelungen profitieren werden. In Kombination mit der Verwendung der hohen Verkehrszahlen für das Jahr 2025 (vgl. Kapitel 4.1.1.1) sollte die Emissionssituation im Jahr 2016 durch den oben skizzierten Ansatz daher hinreichend genau erfasst sein.



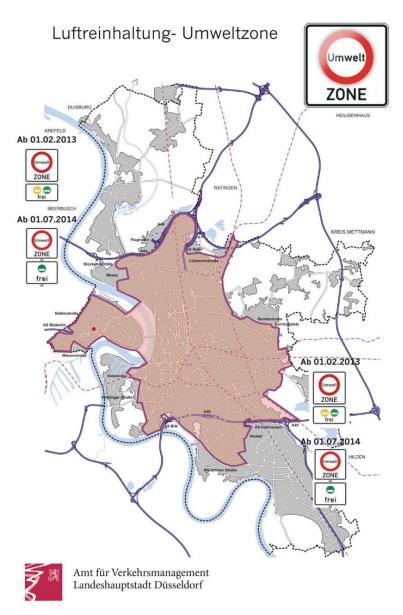


Abbildung 4.2: Übersicht der Düsseldorfer Umweltzone mit Lage des Untersuchungsgebietes (roter Punkt), *Quelle: [Stadt Düsseldorf 2013]* 



## 4.1.1.6 Emissionsfaktoren für Aufwirbeln und Abrieb von PM<sub>10</sub>

Bei PM<sub>10</sub>-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. Im Handbuch für Emissionsfaktoren 3.1 [INFRAS 2010] sind keine Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln von PM<sub>10</sub> enthalten. In einer aktuellen Untersuchung [Lohmeyer 2011] werden die in der Tabelle 4.2 aufgeführten Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln und den Abrieb vorgeschlagen. Diese wurden bei der Bestimmung der PM<sub>10</sub>-Emissionen verwendet.

Tabelle 4.2: PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebe (Auf/Ab) differenziert nach Verkehrssituation (Quelle: [LOHMEYER 2011])

HBEFA 3.1	PM10 Auf/Ab für LV mg/km	PM10 Auf/Ab für SV 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	1200
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	1200
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	1200
Agglo/Erschließung/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1200
Agglo/FernstrCity/xx/flüssig unabhängig vom Tempolimit	26	100
Agglo/ FernstrCity/xx/dicht unabhängig vom Tempolimit	33	350
Agglo/ FernstrCity/xx/gesättigt unabhängig vom Tempolimit	40	700
Agglo/ FernstrCity/xx/StGo unabhängig vom Tempolimit	45	1200



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

Für den Schadstoff  $PM_{2,5}$  werden in [INFRAS 2010] keine Emissionsfaktoren ausgewiesen. Die ausgewiesenen Abgaspartikelemissionen sind jedoch vollständig der Fraktion  $PM_{2,5}$  zuzuordnen.

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 (s. Tabelle 4.3).

Tabelle 4.3: PM<sub>2.5</sub>-Emissionsfaktoren für den Abrieb nach CORINAIR

	<b>PM</b> <sub>2,5</sub> in g km <sup>-1</sup>							
Fahrzeugart	Abrieb							
	Reifen	Brems	Straße	Gesamt				
Pkw	0,0045	0,0029	0,0041	0,0114				
INfz ≤ 3,5t	0,0071	0,0046	0,0041	0,0157				
sNfz > 3,5t	0,0189	0,0127	0,0205	0,0522				



# 4.1.2 Zusammenfassende Darstellung der Eingangsdaten

In den Tabellen auf den nachfolgenden Seiten sind die relevanten Eingangsparameter für die Emissionsberechnung zusammengestellt. Die räumliche Einordnung der Querschnitte kann mittels der Abbildung 4.3 vorgenommen werden.

Tabelle 4.4: Eingangsdaten für die Emissionsberechnung im Prognosenullfall und Planfall

Straßenquerschnitt	Plant	iall	Gang Nr.	Verkehrssituation nach
Bezeichnung	DTV [Kfz/Tag]	sNfz [%]	Kaltstart- Faktor	HBEFA [INFRAS 2010]
Q1 - Heerdter Landstraße	12.900	6,5	4	Agglo/HVS/50
Q2 - Krefelder Straße südl. B7	3.500	9,3	5	Agglo/HVS/50
Q3 - Schiessstraße	3.500	6,2	5	Agglo/HVS/50
Q4 – Brüsseler Straße westl. Heerdter Lohweg	108.500	4,2	3	Agglo/FernStr-Nat./80
Q5 - Nikolaus-Knoop Platz	16.400	4,7	4	Agglo/HVS/50
Q6 - Pariser Straße	18.700	4,2	4	Agglo/HVS/50
Q7 - geplante AS B7	11.700	4,3	4	Agglo/HVS/50
Q8 - geplante Trasse westl. Heerdter Lohweg	5.700	2,5	3	Agglo/HVS/50
Q9 - Heerdter Lohweg nördl. Viersener Straße	13.600	4,6	4	Agglo/HVS/50
Q10 - Heerdter Lohweg nördl. Brüsseler Straße	14.100	4,4	4	Agglo/HVS/50
Q11 - Heerdter Lohweg südl. Brüsseler Straße	15.500	4,7	4	Agglo/HVS/50
Q12 - Viersener Straße	2.100	0,0	7	Agglo/Erschliessung/30
Q13 – Nrüsseler Straße östl. Heerdter Lohweg	96.400	4,3	3	Agglo/FernStr-Nat./80
Q14 – Auffahrt Richtung Rheinalleetunnel	9.800	1,5	5	Agglo/HVS/50
Q15 - Düsseldorfer Straße	14.200	2,0	4	Agglo/HVS/50
Q16 – Brüsseler Straße, zw. Heerdter Lohweg u. Basisstraße	50.400	5,3	4	Agglo/FernStr-Nat./80
Q17 – L392 zw. Heerdter Dreieck und Rheinalleetunnel	55.800	2,1	3	Agglo/FernStr-Nat./80
Q18 – L392 nördl. Ausfahrt Rheinalleetunnel	66.500	2,2	3	Agglo/FernStr-Nat./80
Q19 - Brüsseler Straße, zw. Heerdter Lohweg u. Basisstraße	58.000	5,3	5	Agglo/FernStr-Nat./80
Q20 – Basisstraße	9.400	4,3	3	Agglo/HVS/50
Q21 – Prinzenallee	11.500	1,9	3	Agglo/HVS/50
Q22 – Brüsseler Straße, nördl. Basisstraße	64.700	5,1		Agglo/FernStr-Nat./80

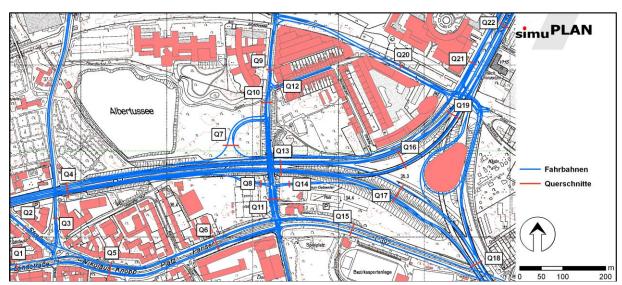


Abbildung 4.3: Lage der Querschnitte im Untersuchungsgebiet



# 4.1.3 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  $NO_{X^-}$ ,  $PM_{10^-}$  und  $PM_{2,5}$ -emissionen bestimmt. Die Tabelle 4.5 zeigt die so berechneten Emissionen.

Tabelle 4.5: Ergebnisse der Emissionsberechnung

Straßenquerschnitt	<b>Planfall</b> Angaben in [g/(h-km)]				
Bezeichnung	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>		
Q1 - Heerdter Landstraße	213,1	24,0	9,8		
Q2 - Krefelder Straße südl. B7	63,0	5,9	2,8		
Q3 - Schiessstraße	52,6	5,4	2,6		
Q4 – Brüsseler Straße westl. Heerdter Lohweg	1152,3	170,3	74,9		
Q5 - Nikolaus-Knoop Platz	230,3	26,1	11,7		
Q6 - Pariser Straße	255,0	29,5	13,1		
Q7 - geplante AS B7	167,6	19,7	8,3		
Q8 - geplante Trasse westl. Heerdter Lohweg	71,6	9,1	3,8		
Q9 - Heerdter Lohweg nördl. Viersener Straße	199,4	23,4	9,8		
Q10 - Heerdter Lohweg nördl. Brüsseler Straße	170,6	22,9	9,7		
Q11 - Heerdter Lohweg südl. Brüsseler Straße	217,5	26,2	11,2		
Q12 - Viersener Straße	31,2	2,8	1,4		
Q13 – Brüsseler Straße östl. Heerdter Lohweg	988,1	151,3	66,4		
Q14 – Auffahrt Richtung Rheinalleetunnel	110,7	13,7	6,3		
Q15 - Düsseldorfer Straße	170,2	21,4	9,3		
Q16 – Brüsseler Straße, zw. Heerdter Lohweg u. Basisstraße	699,9	82,5	36,9		
Q17 – L392 zw. Heerdter Dreieck und Rheinalleetunnel	608,4	82,8	36,6		
Q18 – L392 nördl. Ausfahrt Rheinalleetunnel	630,5	97,9	42,8		
Q19 - Brüsseler Straße, zw. Heerdter Lohweg u. Basisstraße	619,3	93,7	41,3		
Q20 – Basisstraße	131,6	14,9	6,6		
Q21 – Prinzenallee	129,7	16,2	7,5		
Q22 – Brüsseler Straße, nördl. Basisstraße	580,5	102,5	44,3		



# 4.2 Meteorologische Eingangsdaten

Die Jahreskenngrößen der Schadstoffe wurden in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Düsseldorf auf der Grundlage einer langjährigen Windstatistik der Wetterstation Düsseldorf-Flughafen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ermittelt. Die Station befindet sich etwa 6 km nordöstlich des Untersuchungsgebietes und gibt aufgrund der räumlichen Nähe gut die übergeordneten Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet wieder.

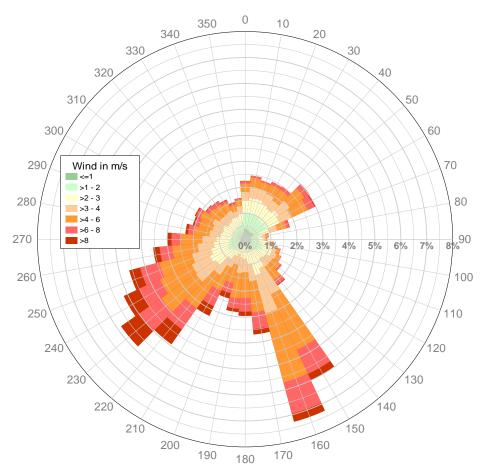


Abbildung 4.4: Windrichtungsverteilung an der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen

Messzeitraum: 01.01.1984 bis 31.12.2003 Jahresmittelwert der Windgeschwindigkeit: 3,9 m/s

Die Abbildung 4.4 stellt die Windrichtungsverteilung aus dem 20-jährigen Messzeitraum (1984 bis 2003) dar. Es wird deutlich, dass der Überdachwind im Untersuchungsgebiet bevorzugt aus südwestlichen Richtungen weht. Die Leitwirkung des Rheines bewirkt ein zweites, eng begrenztes Windrichtungsmaximum im Bereich der Windrichtungen 150° und 160° (Südsüdost).



# 4.3 Hintergrundbelastung

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

Zur PM-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.

In Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Düsseldorf wurden für die Schadstoffe NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> Hintergrundbelastungswerte aus dem aktuellen Luftreinhalteplan [LRP Düsseldorf 2013] verwendet. Aufgrund fehlender Angaben für den Schadstoff PM<sub>2,5</sub> wurde ein Wert in Höhe von 70% der PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung angesetzt. Dieser Faktor wurde aus dem Verhältnis vom PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert zum PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwert an umliegenden LANUV-Stationen mit Messung der PM<sub>2,5</sub>-Hintergrundbelastung abgeleitet.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die zur Bestimmung der Gesamtbelastung verwendeten Hintergrundbelastungswerte.

Tabelle 4.6: Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet

Hintergrundbelastung					
	[µg/m³]				
NO <sub>2</sub> -JMW	26,0				
PM <sub>10</sub> -JMW	24,0				
PM <sub>2,5</sub> -JMW	16,8				



# 5 Immissionsprognose

## 5.1 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.

Die Modellrechnungen erfordern die Definition eines Rechengebietes und eine Aufteilung dieses Gebietes in viele quaderförmige Rechenzellen. Zellen, in denen Bebauung oder Topographie vorliegt, werden als undurchlässig gekennzeichnet. Die Grundrisse und Höhen der bestehenden Bebauung wurden aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Planunterlagen entnommen. Die Gebäudehöhen wurden im Rahmen einer Ortsbegehung überprüft.

Im Umfeld der Planung existieren zwei weitere Bebauungspläne, die in naher Zukunft umgesetzt werden könnten. Dies ist zum einen der B-Plan "Heerdter Lohweg" östlich des Heerdter Lohweges und zum anderen der B-Plan "Am Heerdter Krankenhaus" südlich der Pariser Straße. Da bislang nur B-Plan "Am Heerdter Krankenhaus" rechtskräftig, ist wurde in Abstimmung mit dem Planungsamt der Stadt Düsseldorf nur die geplante Bebauung dieses B-Planes in den Wind- und Ausbreitungsberechnungen berücksichtigt.

Das in die Windfeldberechnung eingeflossene 3d-Modell zeigt die Abbildung 5.1 auf der nachfolgenden Seite.

Das Rechenzellgitter wurde mit Hilfe eines von simuPLAN entwickelten Gittergenerierungsprogrammes auf der Basis der digitalisierten Gebäude und Straßenspuren erzeugt.

Die horizontale Auflösung der verwendeten Rechengitter beträgt 2,0 m. In z-Richtung wurde in Bodennähe ein Gitter mit einer Auflösung von 0,6 m realisiert. Die Kenndaten des verwendeten Rechengitters sind in der Tabelle 5.1 zusammengestellt.

Tabelle 5.1: Kenndaten des Rechengitters

Anzahl und	Gitterpunktanzahl		
x-Richtung	y-Richtung	z-Richtung	
2,0m	2,0m	0,6m*	
700	550	22	8.470.000

<sup>\*</sup> Variabel, mit der Höhe zunehmend



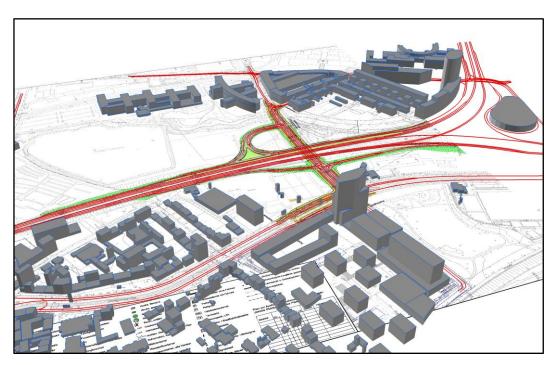


Abbildung 5.1: Dreidimensionales Modell für die Windfeldberechnung



# 5.2 Methodik zur Bestimmung der Immissionskenngrößen

Die Jahresmittelwerte für PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, und PM<sub>2,5</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.

## 5.2.1 Umwandlung von NO<sub>X</sub> zu NO<sub>2</sub>

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<sub>1</sub> NO<sub>2</sub> und Ozon - abhängig.

Die Einbindung der komplexen photochemischen Umwandlung in die Ausbreitungsrechnung wird durch die Bestimmung des Jahresmittelwertes mittels der Regressionsbeziehung gemäß Gl. (1) vermieden.

$$[NO_2] = \frac{A \cdot [NO_X]}{B + [NO_Y]} + C \cdot [NO_X]$$
(1)

Die IVU Umwelt GmbH führte im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA F&E-Projekt 20042265) statistische Auswertungen für viele Messstationen durch, die jeweils den Typen Stadt, Land und Verkehr zugeordnet wurden. Für jeden dieser Typen wurden die Werte der oben genannten Konstanten A, B und C ermittelt.

Bei der Bestimmung der  $NO_2$ -Jahresmittelwerte wurden die Koeffizienten des Stadttyps verwendet, da hierfür ein erheblich umfangreicheres Datenkollektiv vorliegt als beim Typ Verkehr und im Sinne einer "Worst-Case"-Rechnung bei hohen  $NO_X$ -Immissionen höhere  $NO_2$ -Werte resultieren. Die Koeffizienten lauten A=67,70; B=84,77 und C=0,0698. Die Standardabweichung der Regression beträgt 3,992 (siehe [IVU 2005]).



Nach dieser Formel ist bis zu einem NOx-Jahresmittelwert von 88 µg/m³ keine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes zu erwarten (s. Abbildung 5.2).

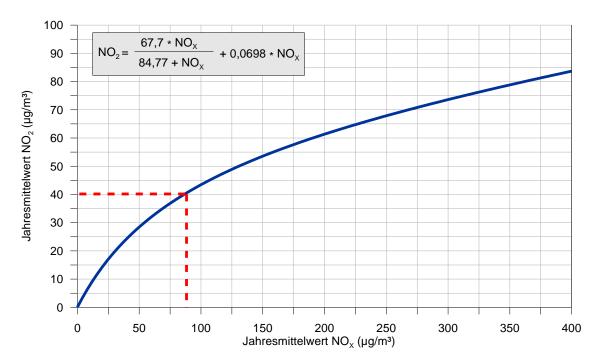


Abbildung 5.2: Statistischer Zusammenhang zwischen den Jahresmittelwerten von  $NO_{\chi}$  und  $NO_{\chi}$  (Typ Stadt)

# 5.2.2 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 µg/m³ 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 2005]. Passt man die logistische Funktion

$$P_{19h>200} = \frac{1}{1 + e^{-(A + B[NO_X])}}$$
 (2)

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 (s. Abbildung 5.3).

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

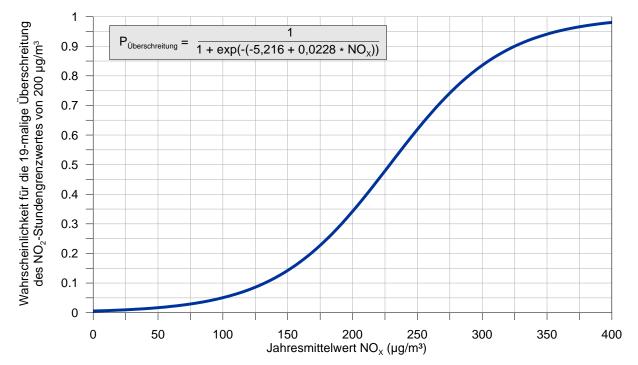


Abbildung 5.3: Empirische Wahrscheinlichkeit der mindestens 19-maligen Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwertes als Funktion des Jahresmittelwertes von NO<sub>X</sub>

# 5.2.3 Bestimmung der Überschreitungshäufigkeit des PM<sub>10</sub>-Tagesgrenzwertes

Nach Untersuchungen der IVU Umwelt GmbH [IVU 2005] existiert eine recht gute Korrelation für den Zusammenhang zwischen dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert und der Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwert-Grenzwertes.

Eine Abschätzung der jährlichen Überschreitungstage  $ND_J > 50$  aus dem  $PM_{10}$ -Jahresmittelwert  $[PM_{10}]$  ermöglicht hiernach die folgende Funktion (siehe auch Abbildung 5.4):

$$ND_{I} > 50 = 10,51413 - 1,98711 \cdot [PM_{10}] + 0,09389 \cdot [PM_{10}]^{2}$$
 (3)

Bei Anwendung dieser Funktion wird bis zu einem  $PM_{10}$ -Jahresmittelwert von 30  $\mu g/m^3$  der Grenzwert von 35 Überschreitungen nicht überschritten.



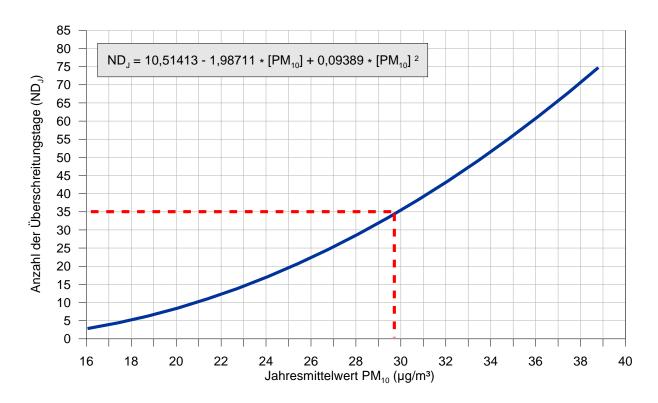


Abbildung 5.4: Bestimmung der Anzahl der PM<sub>10</sub>-Überschreitungstage aus dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert

Die Auswertung der  $PM_{10}$ -Messungen der letzten Jahre an über 1.000 Messstellen im gesamten Bundesgebiet hat gezeigt, dass ab einem Jahresmittelwert von 30  $\mu$ g/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  $PM_{10}$  zwischen 29  $\mu$ g/m³ und 30  $\mu$ g/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  $PM_{10}$ -Tagesmittel zu überschreiten.



# 6 Ergebnisse

Auf der Grundlage der Ausbreitungsrechnungen wurden die Immissionskenngrößen nach der in Kapitel 5.2 beschriebenen Methodik ermittelt und grafisch sowie an lufthygienisch stark belasteten Aufpunkten tabellarisch in Bodennähe ausgewertet. Die Lage der Aufpunkte ist den Ergebnisgrafiken 6.1 und 6.2 zu entnehmen.

Schadstoff-Konzentrationen werden gemäß der EU-Richtlinie auf ganze Stellen gerundet. Eine Überschreitung wird dann angenommen, wenn dieser gerundete Wert den erlaubten Grenzwert überschreitet. Daraus folgt, dass z. B. bei  $NO_2$  ein berechneter Jahresmittelwert von 40,4  $\mu$ g/m³ auf 40  $\mu$ g/m³ gerundet und damit nicht als Überschreitung des Grenzwertes gewertet wird.

Tabelle 6.1: Prognostizierte Immissionskenngrößen in einer Höhe von 2m über Grund Grenzwertüberschreitungen sind durch Fettdruck gekennzeichnet

Aufpunkt	NO <sub>2</sub>		PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>
	Jahresmittel in µg/m³	P <sub>19h&gt;200</sub> in %*	Jahresmittel in µg/m³	Tagesmittelwerte > 50 μg/m³	Jahresmittel in µg/m³
P1	39,2	3,4	30,8	38	19,7
P2	37,2	3,0	29,0	32	19,0
P3	34,3	2,4	27,2	26	18,2
P4	33,8	2,3	26,6	24	18,0
P5	35,6	2,6	27,5	27	18,3
P6	40,4	3,8	29,1	32	19,0
P7	36,2	2,8	28,5	30	18,8
P8	35,9	2,7	28,2	29	18,6
P9	36,1	2,7	28,3	29	18,7
P10	33,9	2,3	26,5	24	17,9

Die Werte der Tabelle 6.1 und die Abbildung 6.1 zeigen, dass der Grenzwert zum  $NO_2$ -Jahresmittel von 40  $\mu$ g/m³ im Untersuchungsgebiet größtenteils eingehalten wird. Die Belastungssituation im Untersuchungsgebiet wird insbesondere durch die hohe Verkehrsbelastung auf der Brüsseler Straße geprägt.

NO<sub>2</sub>-Konzentrationen oberhalb des zulässigen Grenzwertes beschränken sich auf die nicht beurteilungsrelevanten Fahrbahnen der Straßen, insbesondere der verkehrlich hochbelasteten Brüsseler Straße. Aufgrund der kaum vorhandenen Bebauung im Umfeld der geplanten Anschlussstelle und den hieraus resultierenden günstigen Austauschbedingungen nimmt die NO<sub>2</sub>-Konzentration mit zunehmendem Abstand zur



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

Brüsseler Straße schnell ab. So werden bei freier Ausbreitung im Abstand von etwa 30m zum äußeren Fahrbahnrand der Brüsseler Straße  $NO_2$ -Konzentrationen von ca. 36  $\mu$ g/m³ und in einem Abstand von 60m  $NO_2$ -Konzentrationen von 33  $\mu$ g/m³ prognostiziert.

Aufgrund der Nähe zu den Fahrbahnen der Brüsseler Straße und der geplanten Anschlussstelle sowie den aufgrund des Vodafone-Gebäudekomplexes eingeschränkten Durchlüftungsverhältnissen werden entlang der Fassade der Vodafone-Gebäude relativ hohe NO<sub>2</sub>-Konzentrationen berechnet. Mit maximal 39,2 μg/m³ am Aufpunkt P1 an der südöstlichen Ecke des Gebäudekomplexes wird der Grenzwert zum NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert jedoch den Berechnungen zufolge eingehalten.

Aufgrund der ausreichenden Entfernung zur Brüsseler Straße sowie der nur geringen eigenen Verkehrsbelastung wird der NO<sub>2</sub>-Grenzwert in der Viersener Straße und der Neuwerker Straße deutlich eingehalten. Die höchsten NO<sub>2</sub>-Konzentratioen werden hier im Süden der Neuwerker Straße (34,3 μg/m³ am Aufpunkt P3), bzw.im Osten der Viersener Straße (33,8 μg/m³ am Aufpunkt P4) prognostiziert.

Bedingt durch die durchgehende Bebauung beiderseits der Straße sowie die vergleichsweise hohe Verkehrsbelastung werden im Abschnitt Heerdter Lohweg nördlich der Viersener Straße die höchsten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen ausgewiesen. Mit maximal 40,4 µg/m³ am Aufpunkt P6 wird der Grenzwert zum NO<sub>2</sub>-Jahresmittel jedoch auch hier knapp eingehalten.

Mit einer maximalen  $NO_2$ -Konzentration von 36,2  $\mu$ g/m³ am Aufpunkt P7 wird auch an allen Gebäuden südlich der Brüsseler Straße der Grenzwert zum  $NO_2$ -Jahresmittelwert deutlich eingehalten.

Die Wahrscheinlichkeit, dass der NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwert von 200 μg/m³ an mehr als 18 Stunden des Jahres überschritten wird, liegt an allen Aufpunkten bei maximal 3,4% (vgl. Tabelle 6.1). Auswertungen von Messungen aller LANUV-Stationen aus den letzten fünf Jahren [LANUV 2013] zeigen, dass selbst an hoch belasteten Verkehrsstationen mit schlechten Durchlüftungsverhältnissen dieser Grenzwert deutlich eingehalten wurde. Eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwertes kann somit ausgeschlossen werden. Auf eine grafische Darstellung der Ergebnisse wird daher verzichtet.



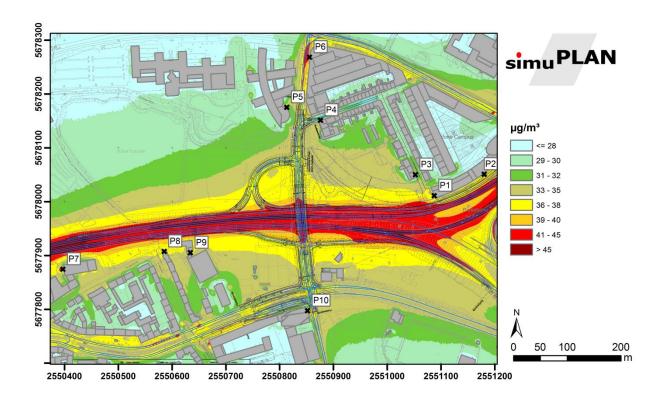


Abbildung 6.1: Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Immissionen in 2m über Grund

Die Werte der Tabelle 6.1 zeigen, dass an allen ausgewiesenen Aufpunkten der Grenzwert zum PM $_{10}$ -Jahresmittel von 40  $\mu g/m^3$  deutlich eingehalten wird. Mit einer maximalen PM $_{10}$ -Konzentration von 30,8  $\mu g/m^3$  am Aufpunkt P1 wird der Grenzwert zu lediglich 77% ausgeschöpft. Auf eine grafische Darstellung wird daher verzichtet.

Kritischer stellt sich hingegen die Immissionssituation in Bezug auf den Grenzwert zur Überschreitungshäufigkeit eines PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ dar (vgl. Tabelle 6.1. und Abbildung 6.2). So wird am Aufpunkt P1 an der südöstlichen Ecke des Vodafone-Gebäudekomplexes die maximal zulässige Anzahl von 35 Überschreitungstagen in einem räumlich eng begrenzten Bereich leicht überschritten. An den in Richtung Nord anschließenden Gebäudefassaden sinkt die Anzahl der Überschreitungstage unter 35. Hier wird der Grenzwert somit rechnerisch eingehalten.

In der Viersener-, bzw. Neuwerker Straße wird mit 26, bzw. 24 Überschreitungstagen die maximal zulässige Anzahl von 35 Überschreitungstagen relativ deutlich unterschritten. Trotz der infolge der engen Bebauungssituation und vergleichsweise hohen Verkehrsbelastung werden auch im Heerdter Lohweg nördlich der Viersener Straße die maximal zulässigen 35 Überschreitungstage nicht überschritten. Gleiches gilt für die Gebäude südlich der Brüsseler Straße.



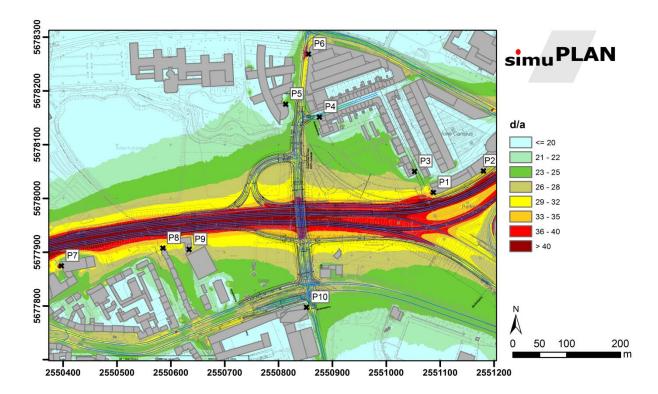


Abbildung 6.2: Anzahl der Tage eines Jahres mit  $PM_{10}$ -Tagesmittelwerten > 50  $\mu g/m^3$  in 2m über Grund

Die Tabelle 6.1 zeigt die berechneten  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen an den ausgewiesenen Aufpunkten. Es wird deutlich, dass mit maximal 19,7  $\mu$ g/m³ am Aufpunkt P1 der Grenzwert von 25  $\mu$ g/m³ im Jahresmittel deutlich eingehalten wird. Auf eine Visualisiserung der Ergebnisse wird daher verzichtet.

Die Realisierung des Bebauungsplanes "Heerdter Lohweg", welcher unter anderem eine geschwungene, baulich geschlossene "Stadtkante" entlang der Brüsseler Straße vorsieht, hätte lufthygienisch positive Effekte für die Wohngebäude in der Viersener Straße und der Neuwerker Straße, da durch die geplante Riegelbebauung die Ausbreitung von Schadstoffen der Brüsseler Straße in Richtung Norden wirksam unterbunden wird. Ähnlich positive Effekte hätten Lärmschutzwände, die möglicherweise im Zuge der Realisierung der Anschlussstelle "Heerdter Lohweg" entlang der Brüsseler Straße angebracht werden.



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

# 7 Zusammenfassung und Bewertung

Im Rahmen des Bauleitplanes "B7 Brüsseler Straße – AS Heerdter Lohweg" soll durch die Landeshauptstadt Düsseldorf westlich des Vodafone-Campus im Stadtteil Düsseldorf-Heerdt eine neue Anschlussstelle zur Bundesstraße B7 geschaffen werden.

Die Planung sieht vor, mit der neuen Anschlussstelle eine direkte Anbindung des Heerdter Lohwegs an die Brüsseler Straße (B7) zu schaffen. Damit soll der Anschluss der im Umfeld des Plangebietes vorhandenen Quartiere an das überörtliche Verkehrsnetz verbessert werden. Der Heerdter Lohweg erhält durch die vorgesehenen Maßnahmen eine Verteilerfunktion und bindet künftig die Verkehre der nördlich und südlich der Brüsseler Straße gelegenen Quartiere an das überörtliche Verkehrsnetz an. Über den Heerdter Lohweg werden des Weiteren die Willstätterstraße, und die Pariser Straße L392 mit der B7 verknüpft.

Zur Beurteilung der Auswirkungen der Planung auf die Luftqualität im Umfeld des Bebauungsplangebietes wurde das Ingenieurbüro simuPLAN beauftragt, die Stickstoffdioxid-(NO<sub>2</sub>) und Feinstaubimmissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) mit Hilfe von Simulationsrechnungen zu bestimmen und anhand der Grenzwerte der 39. BlmSchV zu bewerten (die Lage des Untersuchungsgebietes ist in Abbildung 1.1 durch das blaue Rechteck gekennzeichnet).

Die Konzentrationen weiterer Luftverunreinigungen aus dem Verkehrsbereich, wie z.B. Benzol, Blei (Pb), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) liegen heute aufgrund der bereits ergriffenen Luftreinhaltemaßnahmen auch an höchstbelasteten "Hot Spots" deutlich unterhalb gesundheitsbezogener Grenz- und Richtwerte. Sie wurden daher nicht weiter betrachtet.

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechenmodell MISKAM für den Prognose-Planfall durchgeführt.

**Prognose-Planfall:** Geplante Ausbausituation, Verkehrsbelastung für das Jahr 2025, Emissionsfaktoren für das Jahr 2016

Die durch den Straßenverkehr verursachten Emissionen wurden fahrstreifengenau auf der Grundlage des Handbuchs für Emissionsfaktoren – kurz HBEFA – sowie den prognostizierten Verkehrszahlen für das Jahr 2025 ermittelt. Da mit der Realisierung der Maßnahme nach Auskunft des Auftraggebers frühestens im Jahr 2016 zu rechnen ist, wurden für die Emissionsberechnung die Emissionsfaktoren mit der spezifischen Flottenzusammensetzung für das Jahr 2016 unter Berücksichtigung der im Untersuchungsgebiet geltenden Umweltzonenregelung verwendet. sich Schadstoffausstoß der Fahrzeugflotte infolge verschärfter Abgasnormen in Zukunft deutlich verringern wird, stellt die Berechnung mit Verkehrszahlen für das Jahr 2025 und Emissionsfaktoren für das Jahr 2016 ein Worst-Case-Szenario dar.

Als Grundlage der Ausbreitungsberechnungen wurde eine langjährige meteorologische Statistik der DWD-Station Düsseldorf-Flughafen verwendet.

Neben den Luftschadstoffimmissionen, die durch den Straßenverkehr im Untersuchungs-



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

gebiet verursacht werden, wurden auch die Immissionsbeiträge durch Quellen außerhalb des Untersuchungsgebietes - die so genannte Hintergrundbelastung - berücksichtigt.

Die Hintergrundbelastung für die Luftschadstoffe NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> wurde in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Düsseldorf aus dem aktuellen Luftreinhalteplan entnommen. Für PM<sub>2,5</sub> wurde ein Wert in Höhe von 70% der PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung angesetzt.

Die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen zeigen, dass die im Rahmen dieses Gutachtens überprüften Grenzwerte der 39. BlmSchV (NO $_2$ -Jahresmittelwert, NO $_2$ -Stundengrenzwert, PM $_{10}$ -Jahresmittelwert, PM $_{10}$ -Überschreitungstage und PM $_{2,5}$ -Jahresmittelwert) nach Realisierung der Planung im Jahr 2016 im Umfeld von Wohn- und Geschäftsgebäuden weitestgehend eingehalten werden. Lediglich in einem räumlich eng begrenzten Bereich an der bestehenden Vodafone-Riegelbebauung wird der Grenzwert zur Überschreitungshäufigkeit eines Tagesmittelwertes von 50  $\mu$ g/m³ mit maximal 38 Überschreitungstagen nicht eingehalten.

Die Realisierung des Bebauungsplanes "Heerdter Lohweg", welcher unter anderem eine geschwungene, baulich geschlossene "Stadtkante" entlang der Brüsseler Straße vorsieht, hätte lufthygienisch positive Effekte für die Wohngebäude in der Viersener Straße und der Neuwerker Straße, da durch die geplante Riegelbebauung die Ausbreitung von Schadstoffen der Brüsseler Straße in Richtung Norden wirksam unterbunden wird. Ähnlich positive Effekte hätten Lärmschutzwände, die möglicherweise im Zuge der Realisierung der Anschlussstelle "Heerdter Lohweg" entlang der Brüsseler Straße angebracht werden.

Aus lufthygienischer Sicht bestehen daher gegenüber einer Realisierung der Anschlussstelle "Heerdter Lohweg" keine Vorbehalte.

## B-Plan 5077/057 in Düsseldorf

Untersuchungen zu den Luftschadstoffimmissionen

Bericht vom 24.07.2013



Dipl. Met. Georg Ludes
Ingenieurbüro für Numerische Simulation

# 8 Literaturverzeichnis

# [22. BlmSchV 2002]

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

## [39. BlmSchV 2010]

Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39.BImSchV) vom 25.01.2010, BGBI. 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]

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

#### [DÜRING, LOHMEYER 2004]

Düring, I., Lohmeyer, A.: Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, Kommission Reinhaltung der Luft - Schriftenreihe 33, 2004.

# [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. 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.

## B-Plan 5077/057 in Düsseldorf

Untersuchungen zu den Luftschadstoffimmissionen

Bericht vom 24.07.2013



Dipl. Met. Georg Ludes Ingenieurbüro für Numerische Simulation

#### [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.

#### [HEUSCH, BOESEFELDT 1995]

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

#### [INFRAS 2010]

Keller, M.: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, 2010.

## [IVU 2005]

Diegmann, V.: IMMIS Luft - Handbuch zur Version 3.2, Juli 2005.

# [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

#### [LRP Düsseldorf 2013]

Bezirksregierung Düsseldorf: Luftreinhalteplan Düsseldorf 2013, in der Fassung vom 20.12.2012, Düsseldorf 2013.

## [STADT DUESSELDORF 2013]

Straßenverkehrsamt Landehauptstadt Düsseldorf:

http://www.duesseldorf.de/kfz/feinstaub/001\_umwelt.shtml. Düsseldorf, 2013.

# [VDI 2003]

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