

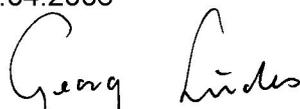
Bebauungsplan 5578 / 41
„Ehemaliger Güterbahnhof Derendorf“

Lufthygienisches Gutachten

Auftragsnummer: 13541

Datum: 03.04.2006

Bearbeiter:


Dipl.-Met. Georg Ludes

INHALTSVERZEICHNIS

1	PLANVORHABEN UND AUFGABENSTELLUNG.....	3
2	ALLGEMEINE HINTERGRUNDINFORMATIONEN	4
2.1	Stickstoffdioxid (NO ₂)	4
2.2	Feinstaub (PM ₁₀)	5
3	BEWERTUNGSMAßSTAB.....	7
4	EINGANGSDATEN.....	8
4.1	Emissionen.....	8
4.1.1	Methodik bei der Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen	8
4.1.2	Daten zum Verkehrsaufkommen.....	9
4.2	Meteorologische Eingangsdaten	11
4.3	Hintergrundbelastung	11
5	IMMISSIONSPROGNOSE.....	12
5.1	Rechenmodell	12
5.2	Methodik zur Bestimmung der Immissionskenngrößen	13
5.3	Ergebnisse	15
5.3.1	NO ₂	15
5.3.2	PM ₁₀	16
5.3.3	Zusammenfassung	17
5.3.4	Planungsempfehlung.....	17
6	ZUSAMMENFASSUNG	18
	LITERATUR	20

ANHANG

1 Planvorhaben und Aufgabenstellung

In zentraler Lage der Stadt Düsseldorf wird das Gelände des ehemaligen Güterbahnhofs Düsseldorf-Derendorf mit der städtebaulichen Rahmenplanung neu gestaltet.

Das Plangebiet der „Neuen Düsseldorfer Stadtquartiere“ erstreckt sich westlich der Eisenbahnstrecke Düsseldorf – Duisburg zwischen den Straßen im Wehrhahn im Süden bis zur Heinrich-Erhardt-Straße im Norden. Für die Erschließung des Plangebietes ist der Neubau einer vierspurigen Entlastungsstraße parallel zur Bahnstrecke geplant.

Aufgrund der Lage des Plangebietes, der geplanten Bebauung und des zu erwartenden Verkehrsaufkommens auf der neuen Entlastungsstraße sind lufthygienische Auswirkungen im Plangebiet und im näheren Umfeld zu erwarten. In der hier vorgestellten Untersuchung werden die NO₂- und Feinstaub-Immissionen im Plangebiet und der näheren Umgebung mit Hilfe von Simulationsrechnungen bestimmt und anhand der Grenzwerte der 22. BImSchV bewertet.

Bei den lufthygienischen Untersuchungen wurden zwei Verkehrsszenarien analysiert:

- **Variante 1:** Die Entlastungsstraße wird südlich am Knotenpunkt Adler Straße – Am-Wehrhahn, und nördlich an die Heinrich-Erhardt-Straße angebunden.
- **Variante 1A:** Entlastungsstraße wird über die Straße Am Wehrhahn hinaus nach Süden verlängert. Die nördliche Anbindung entspricht der bei der Variante 1.

Die Ausbreitungsrechnungen wurden mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechenmodell MISKAM durchgeführt, welches die Auswirkungen veränderter Emissionen und Bebauungsgeometrien auf die Immissionssituation detailliert berücksichtigt. In die Berechnungen fließen die unterschiedlichen Verkehrssituationen der einzelnen Varianten ein.

Die zugehörigen Emissionen wurden fahstreifengenau ermittelt. Hierbei wurde als Bezugsjahr für die Emissionsfaktoren das Jahr 2010 zugrunde gelegt, weil die Grenzwerte für NO₂ ab dem Jahr 2010 ohne Toleranzmargen gültig sind (vgl. Abschnitt 3).

Neben den Luftschadstoff-Immissionen, die durch den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet verursacht werden, wurden auch die Immissionsbeiträge durch Quellen außerhalb des Untersuchungsgebietes - die so genannte Hintergrundbelastung - berücksichtigt.

Aufgrund der Größe des Untersuchungsraumes, der sich in die Teilgebiete B, C und D gliedert, wurden die Berechnungen in zwei sich überschneidenden Rechengebieten durchgeführt.

Das Plangebiet und die Abgrenzungen der Rechengebiete sind auf der Abb. 1 im Anhang dargestellt.

2 Allgemeine Hintergrundinformationen

2.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffoxide (NO_x) ist eine zusammenfassende Bezeichnung für Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂). 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, kurzlebigen Abgasemissionsprodukt ein "Verkehrsindikator". Die Konzentration von NO₂ als sekundärem, vergleichsweise stabilem und schädlicherem Umwandlungsprodukt ist eher ein Maß für die Auswirkungen des Verkehrs im Zusammenspiel der zugrunde liegenden Einflussgrößen. NO₂ 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 (Bronchitiker 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 (PM₁₀)

Feinstäube werden anhand ihres Durchmessers in drei Kategorien unterteilt:

Inhalierbarer Feinstaub PM ₁₀ *:	< 10 µm
Lungengängiger Feinstaub PM _{2,5} *:	< 2,5 µm
Ultrafeine Partikel UP:	< 0,1 µm

*PM: Particulate Matter

Feine Teilchen (von weniger als 2,5 µm Durchmesser) und ultrafeine Teilchen (bis unter 0,1 µm 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 (SO₂), Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (VOC), Nitrat und Ammoniak (NH₃), 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 hohen Sekundäraerosol-Konzentrationen.

Grundsätzlich bestimmen drei Komponenten die Zusammensetzung von Feinstaub:

Die kohlenstoffhaltige Komponente setzt sich zusammen aus dem organisch gebundenen 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 Elemente 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 PM₁₀, 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, um so 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

Die NO₂- und PM₁₀-Immissionen (Feinstaub mit einem mittleren aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm) sind für das gesamte Untersuchungsgebiet in feiner räumlicher Auflösung zu ermitteln und zu bewerten.

Durch die EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie [1] und die zugehörigen Tochterrichtlinien [2] und [3] wurden europaweit gültige **Grenzwerte** für Immissionen durch Luftschadstoffe festgeschrieben, die auch kleinräumig einzuhalten sind. Durch eine Novellierung der 22. BImSchV [4] wurden diese Grenzwerte in Nationales Recht überführt und sind seither als Bewertungsmaßstab heranzuziehen (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Grenzwerte der verkehrsrelevanten Schadstoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 22. BImSchV [4]

PM ₁₀ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]
Jahresmittel	Tagesmittel	Jahresmittel	Max. 1h-Wert
40	50*	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 NO₂ sind bis zum Jahr 2010, die Grenzwerte für PM₁₀ sind seit diesem Jahr einzuhalten.
- Für den Jahresmittelwert der NO₂-Immissionen beträgt die Toleranzmarge gegenwärtig 10 µg/m³. Sie reduziert sich bis zum 1. Januar 2010 stufenweise um jährlich 2 µg/m³.
- Für den maximalen 1h-Wert der NO₂-Immissionen beträgt die Toleranzmarge zur Zeit 50 µg/m³. Sie reduziert sich bis zum 1. Januar 2010 stufenweise um jährlich 10 µg/m³.

Allgemein ist zu beachten, dass die oben genannten Grenzwerte nur für Bereiche gelten, an denen sich Menschen aufhalten. Aufgrund der unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen entfalten die oben genannten Grenzwerte erst dann ihre rechtliche Wirkung, wenn die Aufenthaltsdauer in dem Bereich mit Grenzwertüberschreitungen in etwa dem Mittelungszeitraum des betreffenden Grenzwertes entspricht.

4 Eingangsdaten

4.1 Emissionen

4.1.1 Methodik bei der Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen

Die Emissionsberechnungen erfolgten mit dem vom Ingenieurbüro simuPLAN entwickelten Emissionsmodell *KFZEMISS*. Dieses Programm entspricht den Vorgaben der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 7 [5] und verwendet die im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) [6] zusammengestellten Emissionsdaten.

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 [6] sind keine Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln von PM₁₀ enthalten. In neuesten Untersuchungen [7] werden die in der Tab. 2 aufgeführten Emissionsfaktoren für das Aufwirbeln vorgeschlagen. Die für die innerörtlichen Straßen angegebenen Emissionsfaktoren wurden bei der Bestimmung der PM₁₀-Emissionen verwendet.

Tab. 2: PM₁₀-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebe (Auf/Ab) differenziert nach Verkehrssituation (aus [7])

Verkehrssituation (nach HBEFA)	Tempo- limit [km/h]	Anteil Konstantfahrt (nach HBEFA) [%]	Standanteil (nach HBEFA) [%]	Emissionsfaktor für PM ₁₀ - Auf/Ab Je Kfz [mg/km]	
				Pkw u. LNfz	LKW
AB>120	—			22	200
AB_120	120			22	200
AB100	100			22	200
AB_80	80			22	200
AB_60	60			22	200
AB_StGo	—			22	200
AO1	100	60	1	22	200
AO2	100	53	1	22	200
AO3	100	28	1	22	200
Tunnel_AB_100	100			10	200
Tunnel_AB_80	80			10	200
Tunnel_AB_60	60			10	200
Tunnel_IO_HVS>50	60	46	1	10	200
IO_HVS>50	60	46	1	22	200
HVS1	50	46	1	22	200
HVS2	50	52	1	30	300
HVS3	50	44	7	40	380
LSA1	50	44	7	40	380
HVS4	50	37	14	50	450
LSA2	50	32	20	60	600
LSA3	50	28	26	90	800
IO_Kern	50	23	33	90	800
IO_NS_dicht	30	32	5	90	800

4.1.2 Daten zum Verkehrsaufkommen

Die Berechnung der Schadstoffemissionen erfolgte auf der Grundlage von Verkehrsdaten, die vom Amt für Verkehrsmanagement der Stadt Düsseldorf zur Verfügung gestellt wurden (siehe Tab. 3).

Tab. 3: Daten der wichtigsten Straßen für die beiden untersuchten Verkehrsvarianten

Nr.	Straßenabschnitt Bezeichnung	DTV-Wert ¹ [Kfz / Tag]		SNfz > 3,5 t [%]	
		Variante 1	Variante 1A	Variante 1	Variante 1A
1	Entlastungsstraße von Ausbauanfang bis Schirmerstraße	22.500	15.500	4	4
2	Entlastungsstraße südlich Parallelerschließung Plangebiet B	23.500	36.000	4	4
3	Entlastungsstraße Bereich Parallelerschließung Plangebiet B im	19.500	32.500	4	4
4	Entlastungsstraße Franklinbrücke bis Rampen Jülicher Straße	18.500	31.000	4	4
5	Entlastungsstraße Rampen Jülicher Str. bis Wohnerschließung	16.500	24.500	4	4
6	Entlastungsstraße Jülicher Straße bis Münsterstraße	18.000	26.500	4	4
7	Entlastungsstraße Münsterstraße bis Heinrich-Erhardt-Straße	18.500	23.500	4	4
8	Am Wehrhahn westlich Adlerstraße	23.000	22.500	2	2
9	Am Wehrhahn östlich Adlerstraße	33.000	32.000	2	2
10	Adlerstraße westlich d. Ausbauanfangs Entlastungsstraße	12.500	12.500	3	3
11	Adlerstraße des Ausbauanfangs Entlastungsstraße östlich	32.500	23.000	4	4
12	Bagelstraße	7.500	6.500	1	1
13	Moltkestraße	11.000	11.000	2	2
14	Franklinbrücke	14.500	13.500	1	1
15	Jülicher Straße westlich der Entlastungsstraße	17.500	20.500	1	1
16	Jülicher Straße zwischen den Rampen der Entlastungsstraße	16.000	16.000	1	1
17	Jülicher Straße östlich der Entlastungsstraße	17.000	20.000	1	1
18	Münster Straße westlich der Entlastungsstraße	21.000	22.500	4	4
19	Münster Straße östlich der Entlastungsstraße	20.000	21.500	5	5
20	Rethelstraße zwischen Franklinbrücke und Ahnfeldstraße	13.500	12.500	2	2

¹ DTV-Wert – mittleres tägliches Verkehrsaufkommen (über alle Tage des Jahres gemittelt)

Für den Lkw-Anteil im Nachtzeitraum wurde in Anlehnung an die RLS-90 durchweg ein Wert von 3 % angesetzt.

4.1.3 Ergebnisse der Emissionsberechnungen

Auf der Basis der oben angegebenen Methodik, Daten und Annahmen wurden mit Hilfe von synthetischen Tagesganglinien des Verkehrsaufkommens (aus [8]) die NO_x- und PM₁₀-Emissionen bestimmt. Hierbei wurden in Abstimmung mit dem Umweltamt der Stadt Solingen für beide Szenarien die Emissionsfaktoren des Bezugsjahres 2010 verwendet. Die ermittelten Emissionsraten sind in der Tab. 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Mittlere Emissionsraten auf den Straßen des Untersuchungsgebietes

Straßenabschnitt		NO _x		PM ₁₀	
		[g/(h·km)]		[g/(h·km)]	
Nr.	Bezeichnung	Variante 1	Variante 1A	Variante 1	Variante 1A
1	Entlastungsstraße von Ausbauanfang bis Schirmerstraße	397	268	61,7	40,5
2	Entlastungsstraße südlich Parallelerschließung Plangebiet B	348	551	46,5	78,4
3	Entlastungsstraße Bereich Parallelerschließung Plangebiet B	289	497	37,5	70,8
4	Entlastungsstraße Franklinbrücke bis Rampen Jülicher Straße	272	473	35,3	66,4
5	Entlastungsstraße Rampen Jülicher Str. bis Wohnerschließung	243	374	31,5	52,5
6	Entlastungsstraße Jülicher Straße bis Münsterstraße	266	444	34,4	56,8
7	Entlastungsstraße Münsterstraße bis Heinrich-Erhardt-Straße	268	347	34,3	45,8
8	Am Wehrhahn westlich Adlerstraße	290	284	43,9	42,5
9	Am Wehrhahn östlich Adlerstraße	387	374	72,9	69,6
10	Adlerstraße westlich d. Ausbauanfangs Entlastungsstraße	160	160	21,1	21,1
11	Adlerstraße östlich des Ausbauanfangs Entlastungsstraße	544	385	95,8	67,8
12	Bagelstraße	74	64	11,4	9,8
13	Moltkestraße	132	132	22,0	22,0
14	Franklinbrücke	142	132	23,2	21,5
15	Jülicher Straße westlich der Entlastungsstraße	169	198	26,8	32,0
16	Jülicher Straße zwischen den Rampen der Entlastungsstraße	156	171	25,6	28,1
17	Jülicher Straße östlich der Entlastungsstraße	171	215	27,4	34,0
18	Münster Straße westlich der Entlastungsstraße	330	357	50,3	55,8
19	Münster Straße östlich der Entlastungsstraße	348	383	49,9	56,3
20	Rethelstraße zwischen Franklinbrücke und Ahnfeldstraße	158	144	25,6	23,0

4.2 Meteorologische Eingangsdaten

Die Ermittlung der Jahreskenngrößen der Schadstoffe erfolgte auf der Grundlage einer langjährigen Windstatistik einer meteorologischen Station, die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) am Düsseldorfer Flughafen betrieben wird. Die Wetterdaten dieser Station, die sich ca. 5 km nord-nordwestlich des Plangebietes befindet, repräsentieren aufgrund der freien Lage sehr gut die übergeordneten Windverhältnisse für den Untersuchungsraum.

Die Abb. 4 im Anhang stellt die Windrichtungsverteilung der Station „Flughafen-Düsseldorf“ dar.

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 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.

Für NO₂ und PM₁₀ wurden die Werte der gegenwärtigen lokalen Hintergrundbelastung (Bezugsjahr 2005) auf der Grundlage der Jahreskenngrößen der LUQS-Messstation Düsseldorf-Lörick aus den Jahren 2000 bis 2004 abgeschätzt ([9]).

Die Hintergrundbelastung für das Jahr 2010 wurde auf der Grundlage von Prognosewerten abgeschätzt, die mit Hilfe von Modellrechnungen zur gegenwärtigen und zukünftigen Verteilung der großräumigen Hintergrundbelastung in Nordrhein-Westfalen ermittelt wurden. Die Rechnungen wurden von Prof. Dr. Ebel an der Universität Köln für die Jahre 2002, 2005 und 2010 mit dem Rechenmodell EURAD durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Simulationen flossen unter anderem in Luftreinhaltepläne für die Städte Düsseldorf [10], Hagen [11] und Duisburg [12] ein.

Tab. 5: Hintergrundbelastungswerte für das Untersuchungsgebiet in µg/m³

Jahr	NO₂ Jahresmittelwert	NO₂ 98-Perzentil*	PM₁₀ Jahresmittelwert
2005	31	73	24
2010	26	61	21

* 98 Prozent der Halbstundenmittelwerte des betreffenden Jahres liegen unterhalb dieses Wertes.

5 Immissionsprognose

5.1 Rechenmodell

Die Berechnung der PM₁₀-Immissionen erfolgte mit der aktuellen Version 4.2.2 des Rechenmodells MISKAM [13]. 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 vorliegt, werden als undurchlässig gekennzeichnet. Die Rechenzellgitter wurden mit Hilfe eines von simuPLAN entwickelten Gittergenerierungsprogrammes auf der Basis der digitalisierten Gebäude und Straßenspuren erzeugt.

Die Kenndaten der verwendeten Rechengitter sind in der Tabelle 6 zusammen gestellt.

Tab. 6: Kenndaten der Rechengitter

Rechengebiet	Anzahl und Abstand der Gitterpunkte			Gesamtzahl Gitterpunkte (gerundet)
	x-Richtung	y-Richtung	z-Richtung	
Nord	329 2,00 m	623 2,00 m	22 3,00 m	4.509.000
Süd	304 2,00 m	501 2,00 m	25 3,00 m	3.808.000

5.2 Methodik zur Bestimmung der Immissionskenngrößen

Die Jahresmittelwerte für PM₁₀ und NO₂ 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 Abb. 4 zeigt exemplarisch für einen Ausschnitt des südlichen Rechengebietes die bodennahen Windfelder bei einem übergeordneten Wind aus Südwest (oben) bzw. Süd-Südost (unten). Die Abbildung verdeutlicht, dass die bodennahen Windverhältnisse in starkem Maße von den Bebauungsstrukturen geprägt werden. Auf engem Raum kann es zu stark wechselnden Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten durch Kanalisierung, Umlenkung, Windabschirmung und Windstau kommen. Mit Ausnahme weniger, eng begrenzter Bereiche liegen die Windgeschwindigkeiten unter den Freilandwerten.

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.

PM₁₀ kann in der betrachteten Raum-Zeitskala als chemisch inert angesehen werden. Für NO₂ müssen jedoch bei der Bestimmung des Jahresmittelwertes neben der Quellstärke, dem Transport und der Turbulenz auch schnell ablaufende chemische Umwandlungsprozesse berücksichtigt werden, bei denen es zu einer teilweisen Umwandlung von NO in NO₂ kommt. Die Intensität des Umwandlungsprozesses ist von einer Vielzahl von Parametern – z. B. der Temperatur, der kurzwelligen Strahlungsintensität sowie den Hintergrundbelastungen von NO, NO₂ 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.

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

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 NO₂-Jahresmittelwerte wurden die Koeffizienten des Stadtyps 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 NO₂-Werte resultieren. Die Koeffizienten lauten A=67,70; B=84,77 und C=0,0698. Die Standardabweichung der Regression beträgt 3,992 (siehe [14]).

Nach der 22. BImSchV dürfen die NO₂-Stundenmittelwerte maximal 18-mal in einem Jahr den Wert von 200 µg/m³ überschreiten. Eine Abschätzung der Überschreitungshäufigkeit kann unter den folgenden Annahmen durchgeführt werden:

- Die NO₂-Stundenwerte eines Jahres lassen sich durch eine Lognormalverteilung approximieren.
- Bei unterschiedlichem Mittelwert sind die Lognormalverteilungen ähnlich. Das Verhältnis von Perzentil und Mittelwert ist somit konstant.

Unter Zugrunde legen dieser Annahmen ist es möglich, bei Kenntnis eines Mittelwertes und eines zugehörigen Perzentils im Untersuchungsgebiet für alle Mittelwerte die Standardabweichung zu bestimmen und anschließend die jeweiligen Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Schwellwertes von 200 µg/m³ zu ermitteln. Die Basisverteilung wird hier anhand der Hintergrundwerte für das Jahresmittel und das 98-Perzentil (siehe Tabelle 5) generiert.

Für PM₁₀ entspricht die mehr als 35-malige Überschreitung des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ der Beurteilung des 90,4-Perzentils der Jahresverteilung von Tagesmittelwerten in einem Jahr von 365 Tagen. Liegt das 90,4-Perzentil über 50 µg/m³, so überschreiten die Tagesmittelwerte an mehr als 35 Tagen den zulässigen Grenzwert von 50 µg/m³. Die Bestimmung des 90,4-Perzentils erfolgt anhand des PM₁₀-Jahresmittelwertes [PM₁₀] mit Hilfe der linearen Regressionsfunktion (2):

$$90,4\text{-}PM_{10}=1,93 + 1,65 [PM_{10}] \quad (2)$$

Die Standardabweichung der Regression beträgt 5,82 µg/m³ (siehe [14]).

Da die Häufigkeitsverteilung der PM₁₀-Tagesmittelwerte sich gut durch eine Lognormalverteilung abbilden lässt, kann man mit Hilfe der o. g. Beziehung auch die Anzahl der Tage eines Jahres ermitteln, an denen der PM₁₀-Tagesmittelwert 50 µg/m³ überschreitet.

Überschreitet der rechnerisch ermittelte PM₁₀-Jahresmittelwert den Wert von 29,1 µg/m³, so ergeben sich nach (2) an mehr als 35 Tagen Überschreitungen des Grenzwertes für das PM₁₀-Tagesmittel.

5.3 Ergebnisse

Auf der Grundlage der Ausbreitungsrechnungen wurden die Immissionskenngrößen nach der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Methodik ermittelt und grafisch und tabellarisch ausgewertet. Die Lage der Aufpunkte ist auf den Ergebnisgrafiken (siehe Abb. 5 bis Abb. 8) dargestellt.

5.3.1 NO₂

In der Tab. 7 sind für NO₂ die Immissionskenngrößen, die für die am höchsten belasteten Aufpunkte ermittelt wurden, zusammengestellt.

Tab. 7: Prognostizierte Kenngrößen der NO₂-Immissionen
 Grenzwertüberschreitungen sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Aufpunkt	Jahresmittelwert in µg/m ³		Anzahl der Stunden > 200 µg/m ³	
	Variante 1	Variante 1A	Variante 1	Variante 1A
P1	35,5	35,8	0,6	0,7
P2	35,9	37,1	0,7	1,4
P3	35,1	39,5	0,6	2,3
P4	39,2	36,3	2,2	0,8
P5	34,6	34,9	0,4	0,5
P6	35,6	37,4	0,6	1,7
P7	33,4	33,5	0,3	0,3
P8	32,5	33,3	0,2	0,3
P9	32,5	35,6	0,2	0,7

Die Abb. 5a und 5b sowie die Abb. 6a und 6b stellen für die beiden untersuchten Verkehrsszenarien die räumliche Verteilung der prognostizierten NO₂-Immissionen im Jahresmittel dar. In den rot gefärbten Bereichen werden Überschreitungen des Grenzwertes der 22. BImSchV prognostiziert.

Die Abb. 5a, 5b, 6a und 6b sowie die Tab. 7 zeigen, dass die ermittelten **NO₂-Jahresmittelwerte** bei beiden untersuchten Verkehrsvarianten an den am stärksten beaufschlagten Aufpunkten fast überall deutlich unter dem Grenzwert der 22. BImSchV liegen.

Ein mehr als 18-maliges Überschreiten des Grenzwertes für den **NO₂-Stundenmittelwert** von 200 µg/m³ kann aufgrund der Simulationsergebnisse für beide Verkehrsvariante ausgeschlossen werden (vgl. Tab. 7).

5.3.2 PM₁₀

Die Tab. 8 führt die an den am höchsten belasteten Aufpunkte errechneten Feinstaub-Immissionskenngrößen auf.

Tab. 8: Prognostizierte Kenngrößen der PM₁₀-Immissionen

Grenzwertüberschreitungen sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Aufpunkt	Jahresmittelwert in µg/m ³		Anzahl der Tage > 50 µg/m ³	
	Variante 1	Variante 1A	Variante 1	Variante 1A
P1	25,2	25,1	18,6	18,3
P2	25,8	26,5	20,8	24,0
P3	25,1	27,6	18,4	27,9
P4	27,7	26,1	28,1	21,8
P5	25,3	25,4	18,8	19,2
P6	25,6	26,8	19,9	24,4
P7	24,6	24,7	16,6	17,0
P8	24,7	25,2	16,8	18,5
P9	23,5	25,0	13,2	17,8

Die Abb. 7a und 7b sowie die Abb. 8a und 8b stellen die räumliche Verteilung der jährlichen Überschreitungen des Grenzwertes für den PM₁₀-Tagesmittelwert dar. In den rot dargestellten Bereichen wird der Grenzwert von 50 µg/m³ an mehr als 35 Tagen überschritten.

Die Abb. 7a, 7b, 8a und 8b sowie die Tab. 8 dokumentieren, dass die ermittelten **Jahresmittelwerte der PM₁₀-Immissionen** bei beiden Ausbauvarianten der Entlastungsstraßen überall deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m³ liegen.

Die Überschreitungshäufigkeit der prognostizierten **PM₁₀-Tagesmittelwerte** mit mehr als 50 µg/m³ unterschreitet den maximal zulässigen Wert von 35 Tagen, so dass hierfür die Anforderungen der 22. BImSchV ebenfalls eingehalten sind.

5.3.3 Zusammenfassung

Die wesentlichen Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen (vgl. Tab. 7 und Tab. 8 sowie Abb. 5 bis Abb. 8) lassen sich wie folgt zusammen fassen:

- Eine Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV ist für beide untersuchten Verkehrsvarianten weder an der bestehenden noch an der geplanten Bebauung zu erwarten.
- Die höchsten lufthygienischen Belastungen treten im südlichen Bereich des Untersuchungsraumes auf. Bei der Variante 1 wird aufgrund des starken Verkehrsaufkommens und der engen Straßenführung besonders der Aufpunkt P4 lufthygienisch stark belastet. Deutlich günstiger stellt sich in diesem Bereich die Verkehrsvariante 1A dar, bei der die Entlastungsstraße unter die Brücke Am Wehrhahn weiter nach Süden fortgesetzt wird. Bei dieser Variante belasten hingegen Schadstoffemissionen aus dem verlängerten Abschnitt der Entlastungsstraße den Aufpunkt P3, so dass bei Realisierung dieser Variante hier die höchsten Schadstoffkonzentrationen im Untersuchungsraum zu erwarten sind.
- Die höchsten Immissionen an der für das Baufeld B geplanten Bebauung treten erwartungsgemäß an den Fassaden auf, die zur Entlastungsstraße orientiert sind. Die hier ausgewiesenen Schadstoffkonzentrationen liegen aber aufgrund der relativ guten Austauschbedingungen für beide Ausbauvarianten der Entlastungsstraße deutlich unter den entsprechenden Grenzwerten der 22. BImSchV. Im Bereich der im Baufeld C geplanten Wohnbebauung sind aufgrund des relativ großen Abstandes zur Entlastungsstraße günstige lufthygienische Bedingungen zu erwarten. An der Ostseite der Hochhausbebauung, die im südwestlichen Bereich des Baufeldes D geplant ist, ist mit ähnlichen lufthygienischen Verhältnissen wie im Baufeld B zu rechnen.
- Im Bereich der Grünflächen der Baufelder B und C herrschen relativ günstige lufthygienische Bedingungen. Dies gilt insbesondere für die Verkehrsvariante 1.

Die Lärmimmissionssituation im Bereich der östlich an das Plangebiet angrenzenden Wohnbebauung erfordert Schallschutzmaßnahmen. Es soll daher eine Schallschutzwand an der Ostseite der geplanten Entlastungsstraße errichtet werden, die eine Höhe von bis zu 5,0 m aufweist. Negative lufthygienische Auswirkungen innerhalb und außerhalb des Plangebietes sind gegenüber dem Fall ohne Lärmschutzwand aufgrund der stärkeren vertikalen Vermischung bei Queranströmung ausgeschlossen.

5.3.4 Planungsempfehlung

Sollten im Bereich des Baufeldes B und D im weiteren Planungsfortschritt Tiefgaragen konzipiert werden, so ist deren Fortluft vorzugsweise über Dach abzuführen, um zusätzliche bodennahe Schadstoff-Immissionen zu vermeiden. Bei einer ebenerdigen oder bodennahen Freisetzung der TG-Fortluft sind die Fortluftöffnungen so zu platzieren, dass eine ausreichende Schadstoffverdünnung sicher gestellt ist. Dieser Sachverhalt ist über eine Immissionsprognose nachzuweisen.

6 Zusammenfassung

In zentraler Lage der Stadt Düsseldorf wird das Gelände des ehemaligen Güterbahnhofs Düsseldorf-Derendorf mit der städtebaulichen Rahmenplanung neu gestaltet.

Das Plangebiet der „Neuen Düsseldorfer Stadtquartiere“ erstreckt sich westlich der Eisenbahnstrecke Düsseldorf – Duisburg zwischen den Straßen im Wehrhahn im Süden bis zur Heinrich-Erhardt-Straße im Norden. Für die Erschließung des Plangebietes ist der Neubau einer vierspurigen Entlastungsstraße parallel zur Bahnstrecke geplant. Hierdurch sind lufthygienische Veränderungen im Plangebiet und im näheren Umfeld zu erwarten.

Bei Untersuchungen zu den lufthygienischen Auswirkungen des Straßenverkehrs sind insbesondere die Schadstoffkomponenten Stickstoffdioxid (NO_2) und Feinstaub (PM_{10}) zu betrachten.

NO_2 wirkt als Reizgas auf die Schleimhäute der Atemwege. Akute gesundheitliche Auswirkungen wie z.B. Störungen der Lungenfunktionen sind bei bestimmten Personen (Bronchiatiker und Asthmatiker) ab einem gewissen Belastungsniveau festzustellen. 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.

Die nach der Planungsrealisierung im Plangebiet und der näheren Umgebung zu erwartenden NO_2 - und PM_{10} -Immissionen wurden mit Hilfe des mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechenmodells MISKAM bestimmt und anhand der Grenzwerte der 22. BImSchV bewertet. Allgemein ist zu beachten, dass Grenzwerte der 22. BImSchV nur für Bereiche gelten, an denen sich Menschen aufhalten. Aufgrund der unterschiedlichen gesundheitlichen Auswirkungen entfalten die Grenzwerte erst dann ihre rechtliche Wirkung, wenn die Aufenthaltsdauer in dem Bereich mit Grenzwertüberschreitungen in etwa dem Mittelungszeitraum des betreffenden Grenzwertes entspricht.

Bei den lufthygienischen Untersuchungen wurden zwei Verkehrsszenarien analysiert:

- **Variante 1:** Die neue Entlastungsstraße wird südlich am Knotenpunkt Adler Straße – Am-Wehrhahn und nördlich an die Heinrich-Erhardt-Straße angebunden.
- **Variante 1A:** Die neue Entlastungsstraße wird über die Straße Am Wehrhahn hinaus nach Süden verlängert. Die nördliche Anbindung entspricht der bei der Variante 1.

Die verkehrsbedingten Emissionen wurden für beide Szenarien fahrstreifengenau ermittelt. Hierbei wurden die Emissionsfaktoren des Bezugsjahres 2010 verwendet.

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

Die wesentlichen Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen (vgl. Tab. 9 und Tab. 10 sowie Abb. 5 bis Abb. 8) lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Eine Überschreitung der Grenzwerte der 22. BImSchV ist für beide untersuchten Verkehrsvarianten weder an der bestehenden noch an der geplanten Bebauung zu erwarten.
- Die höchsten lufthygienischen Belastungen treten im südlichen Bereich des Untersuchungsraumes auf. Bei der Variante 1 wird aufgrund des starken Verkehrsaufkommens und des relativ engen Straßenquerschnittes besonders der Aufpunkt P4 lufthygienisch stark belastet. Bei der Variante 1A verlagert sich der Belastungsschwerpunkt zum Aufpunkt P3.
- Die höchsten Immissionen an der für das Baufeld B geplanten Bebauung treten erwartungsgemäß an den Fassaden auf, die zur Entlastungsstraße orientiert sind. Die hier maximal ausgewiesenen Immissionswerte liegen aber aufgrund der relativ guten Austauschbedingungen deutlich unter den Grenzwerten der 22. BImSchV. Im Bereich der im Baufeld C geplanten Wohnbebauung sind günstige lufthygienische Bedingungen zu erwarten. An der Ostseite der Hochhausbebauung, die im südwestlichen Bereich des Baufeldes D geplant ist, ist mit ähnlichen lufthygienischen Verhältnissen wie im Baufeld B zu rechnen.
- Im Bereich der Grünflächen der Baufelder B und C herrschen relativ günstige lufthygienische Bedingungen. Dies gilt insbesondere für die Verkehrsvariante 1.

Die Lärmimmissionssituation im Bereich der östlich an das Plangebiet angrenzenden Wohnbebauung erfordert Schallschutzmaßnahmen. Es soll daher eine Schallschutzwand an der Ostseite der geplanten Entlastungsstraße errichtet werden, die eine Höhe von bis zu 5,0 m aufweist. Negative lufthygienische Auswirkungen innerhalb und außerhalb des Plangebietes sind gegenüber dem Fall ohne Lärmschutzwand aufgrund der stärkeren vertikalen Vermischung bei Queranströmung ausgeschlossen.

Werden im Bereich der Baufeldes B und D im weiteren Planungsfortschritt Tiefgaragen konzipiert, so ist deren Fortluft vorzugsweise über Dach abzuführen, um zusätzliche bodennahe Schadstoff-Immissionen zu vermeiden. Bei einer ebenerdigen oder bodennahen Freisetzung der TG-Fortluft sind die Fortluftöffnungen so zu platzieren, dass eine ausreichende Schadstoffverdünnung sicher gestellt ist. Dieser Sachverhalt ist über eine Immissionsprognose nachzuweisen.

Literatur

- [1] Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität, vom 27. September 1996.
- [2] 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.
- [3] Richtlinie 2000/30/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 13.12.2000.
- [4] 22. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV –) vom 11.09.2002, BGBl. I, S. 3626.
- [5] VDI 3782, Blatt 7 – Kfz-Emissionsbestimmung, Kommission Reinhaltung der Luft: November 2003.
- [6] INFRAS (2004): Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- [7] Düring, I., Lohmeyer, A.: Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, Kommission Reinhaltung der Luft - Schriftenreihe 33, 2004.
- [8] Heusch, H. u. Boesefeldt, J.: Hochrechnungsfaktoren für manuelle und automatische Kurzzeitmessungen im Innerortsbereich (FE-Nr. 77 224/93), im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Aachen im Juni 1995.
- [9] Jahresberichte des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen -> <http://www.lua.nrw.de>
- [10] Bezirksregierung Düsseldorf: Luftreinhalteplan Düsseldorf – Südliche Innenstadt, 2004.
- [11] Bezirksregierung Arnsberg: Luftreinhalteplan für den Bereich Hagen Innenstadt, 2004.
- [12] Bezirksregierung Düsseldorf: Luftreinhalteplan für den Bereich Duisburg-Nord, 2004.
- [13] Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells, Dissertationsarbeit zur Erlangung des Grades „Doktor der Naturwissenschaften“ am Fachbereich Physik der Johannes Gutenberg - Universität Mainz.
- [14] Diegmann, V.: IMMIS Luft - Handbuch zur Version 3.1, Juni 2004.

Bebauungsplan 5578/41 „Ehemaliger Güterbahnhof Derendorf“

Lufthygienisches Gutachten

Ingenieurbüro simuPLAN, Anhang zum Bericht vom 03.04.06

simuPLAN[®]

Dipl. Met. Georg Ludes

Ingenieurbüro für Numerische Simulation

Anhang

Pläne und Grafiken zum Bericht

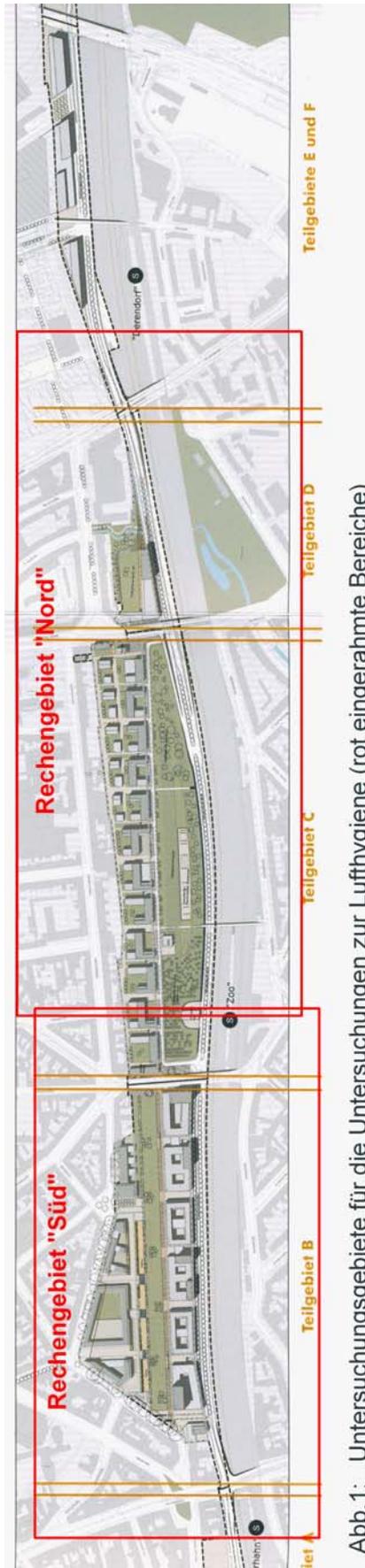


Abb. 1: Untersuchungsgebiete für die Untersuchungen zur Lufthygiene (rot eingerahmte Bereiche)

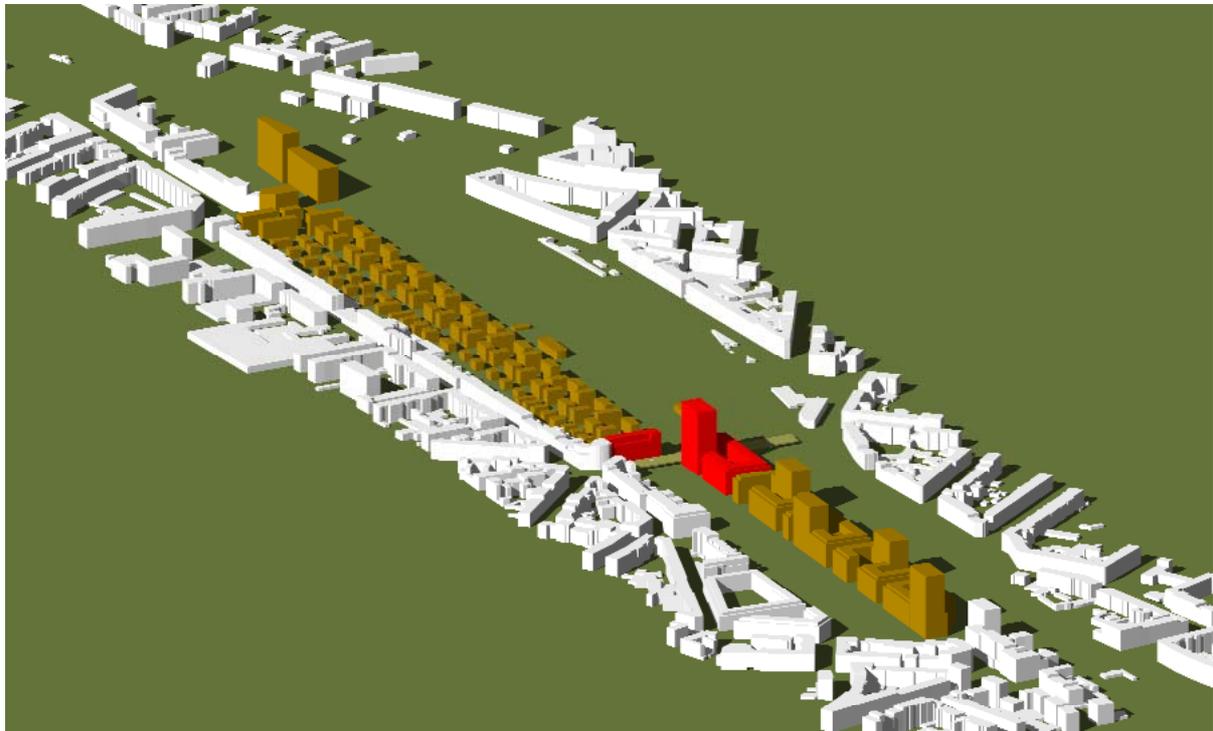


Abb. 2: 3d-CAD-Ansichten

oben: Gesamtbereich

unten: Bebauung im Baufeld B (Engstelle an Franklinbrücke links oben)

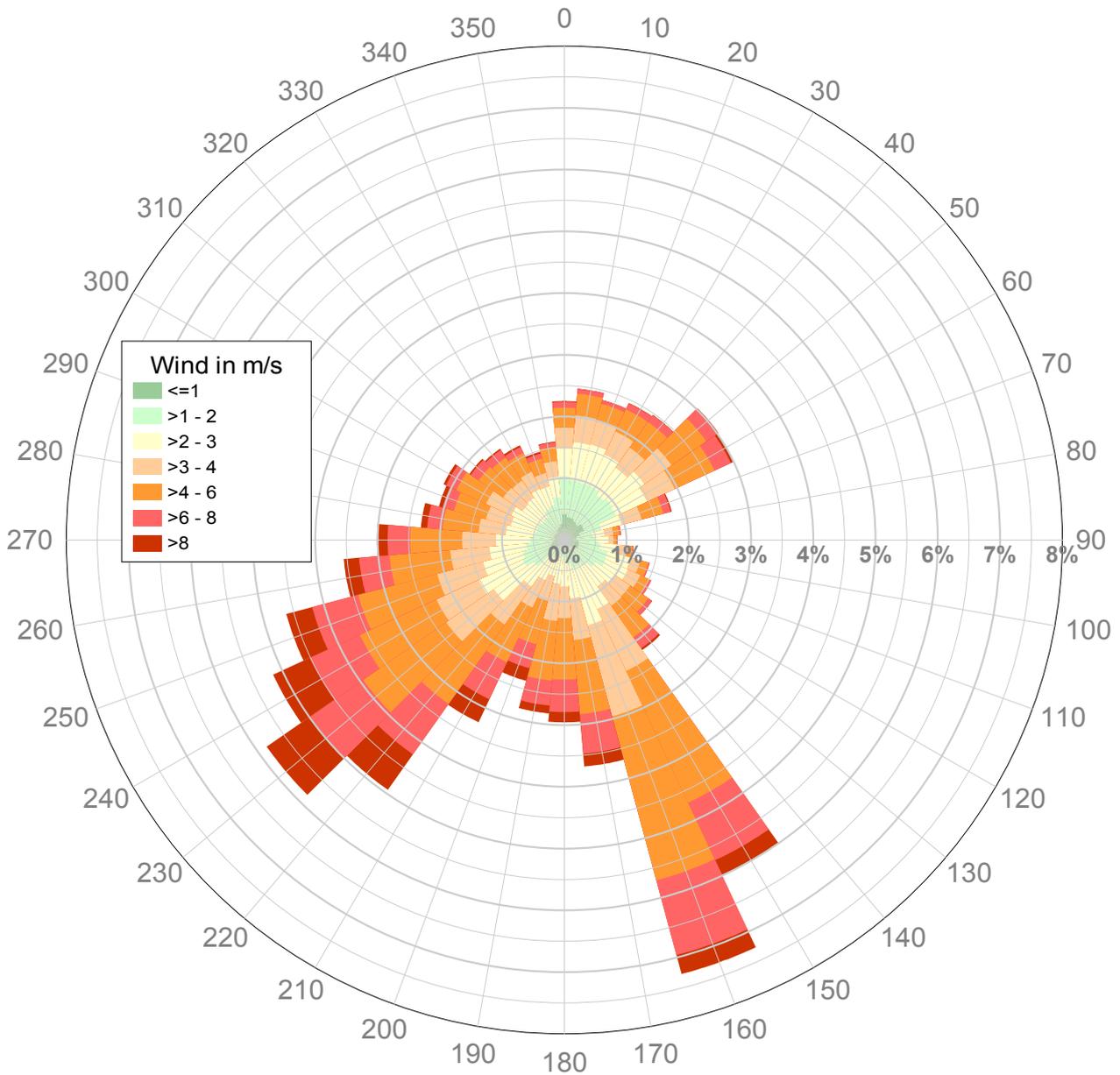


Abb. 3: Windrichtungsverteilung der DWD-Station am Düsseldorfer Flughafen

Meßzeitraum: 01.01.1984 bis 31.12.2003

Anemometerhöhe: 10,3 m ü. Grund

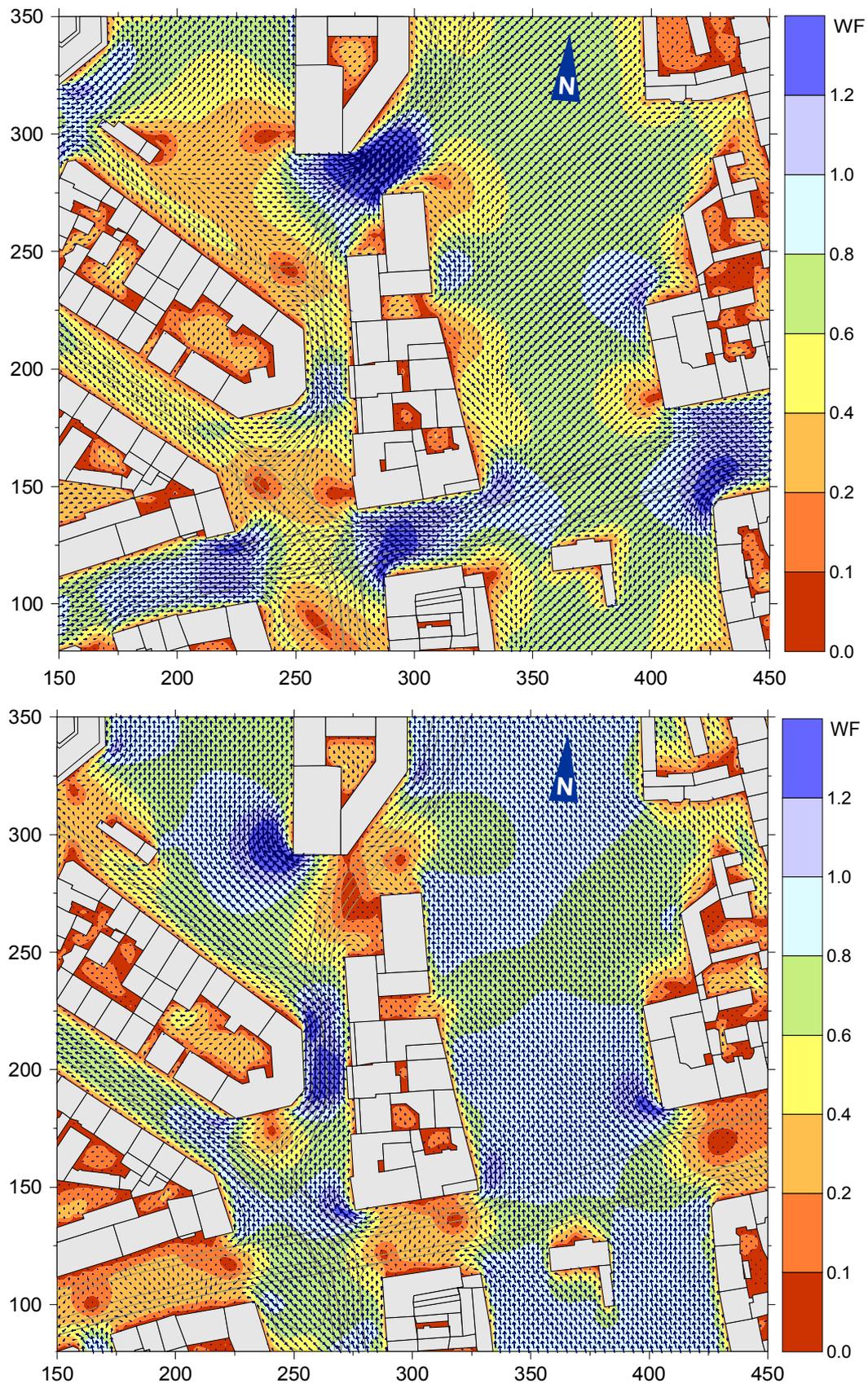


Abb. 4: Bodennahe Windfelder bei Südwestwind (oben) und Süd-Südostwind (unten)
WF- Verhältnis der lokalen Windgeschwindigkeit zur Freilandwindgeschwindigkeit in 1,5 m ü. Grund

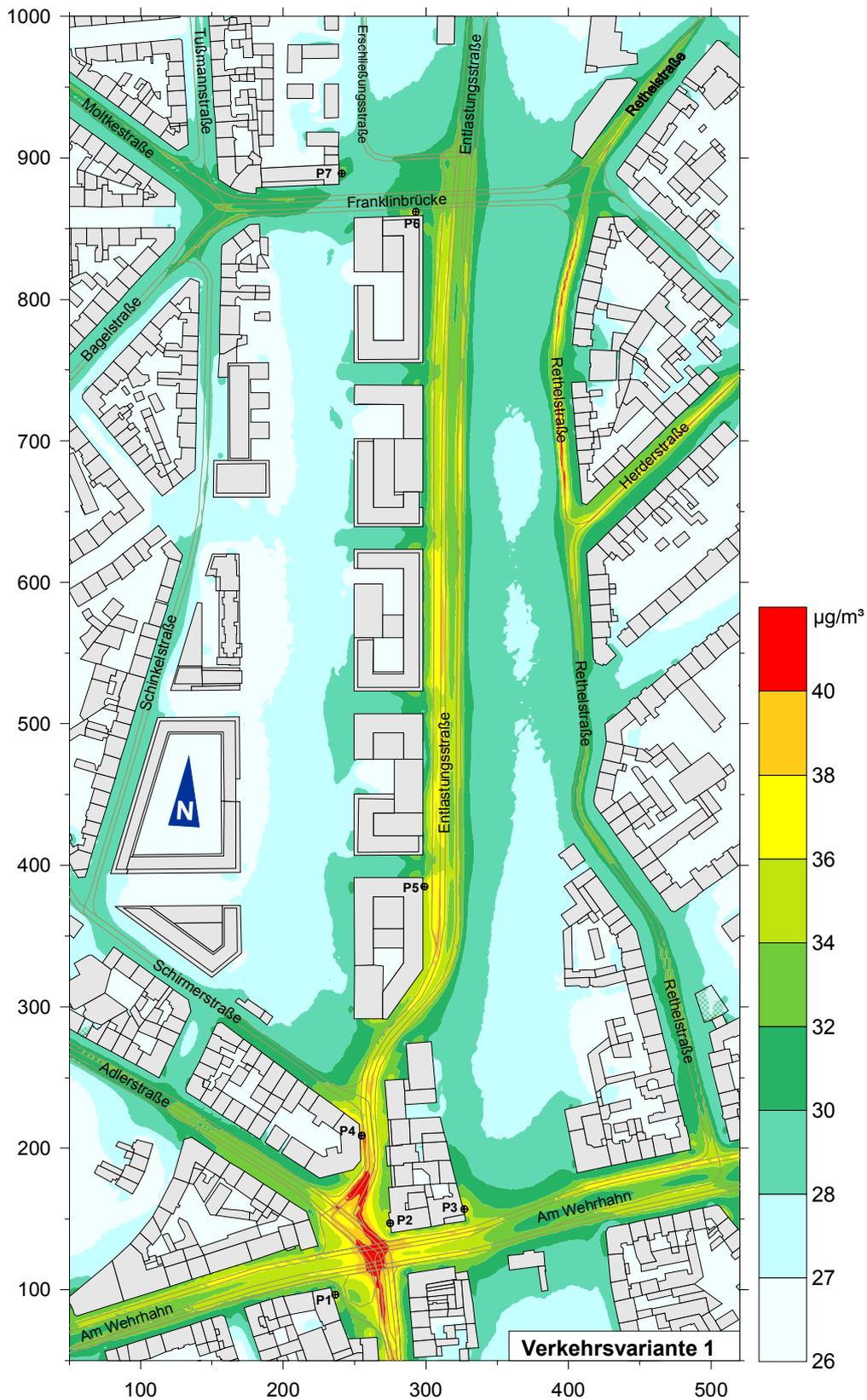


Abb. 5a: Verkehrsvariante 1 - Südlicher Untersuchungsbereich
Räumliche Verteilung der NO₂-Immissionen im Jahresmittel in µg/m³

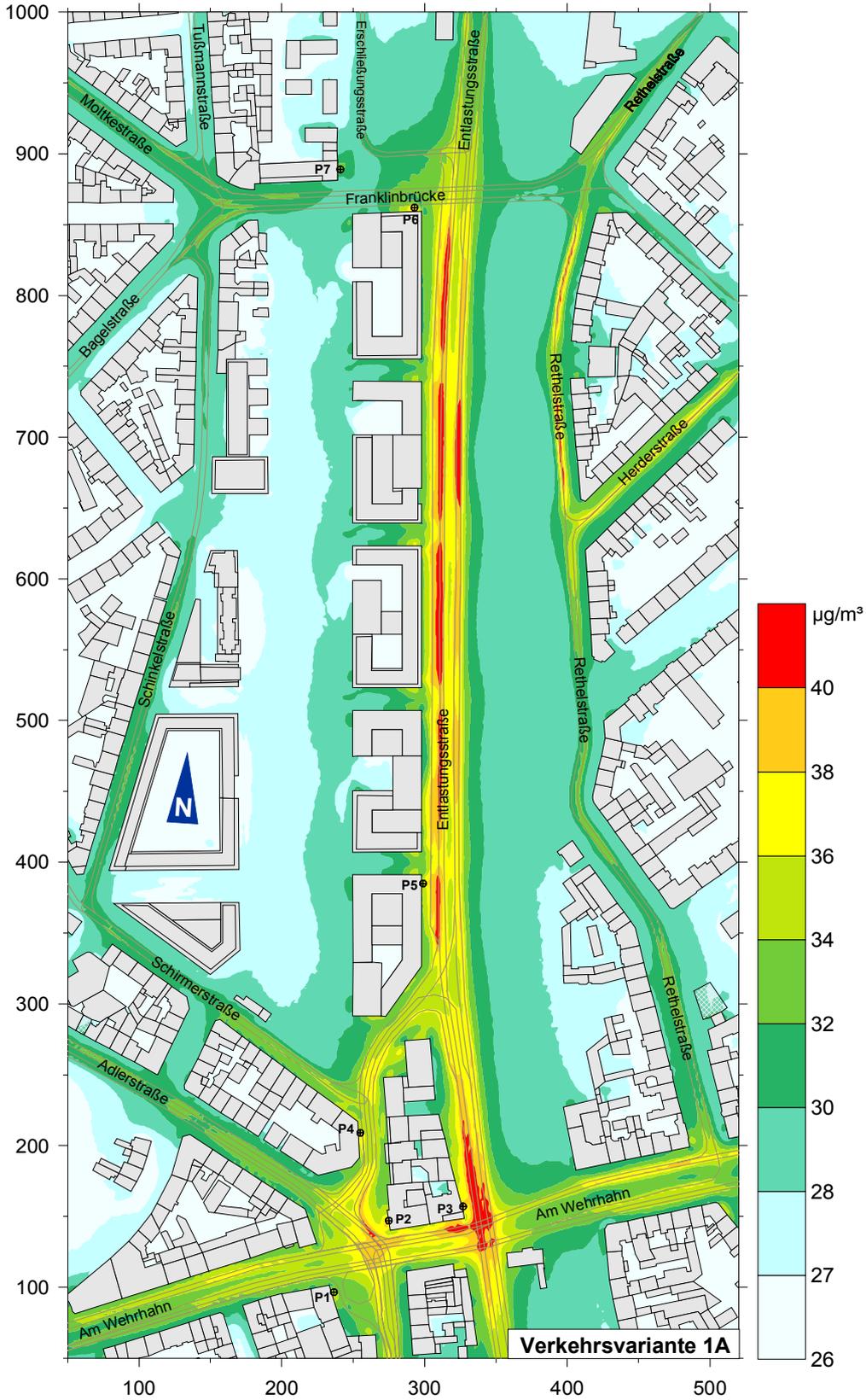


Abb. 5b: Verkehrsvariante 1A - Südlicher Untersuchungsbereich
Räumliche Verteilung der NO₂-Immissionen im Jahresmittel in µg/m³

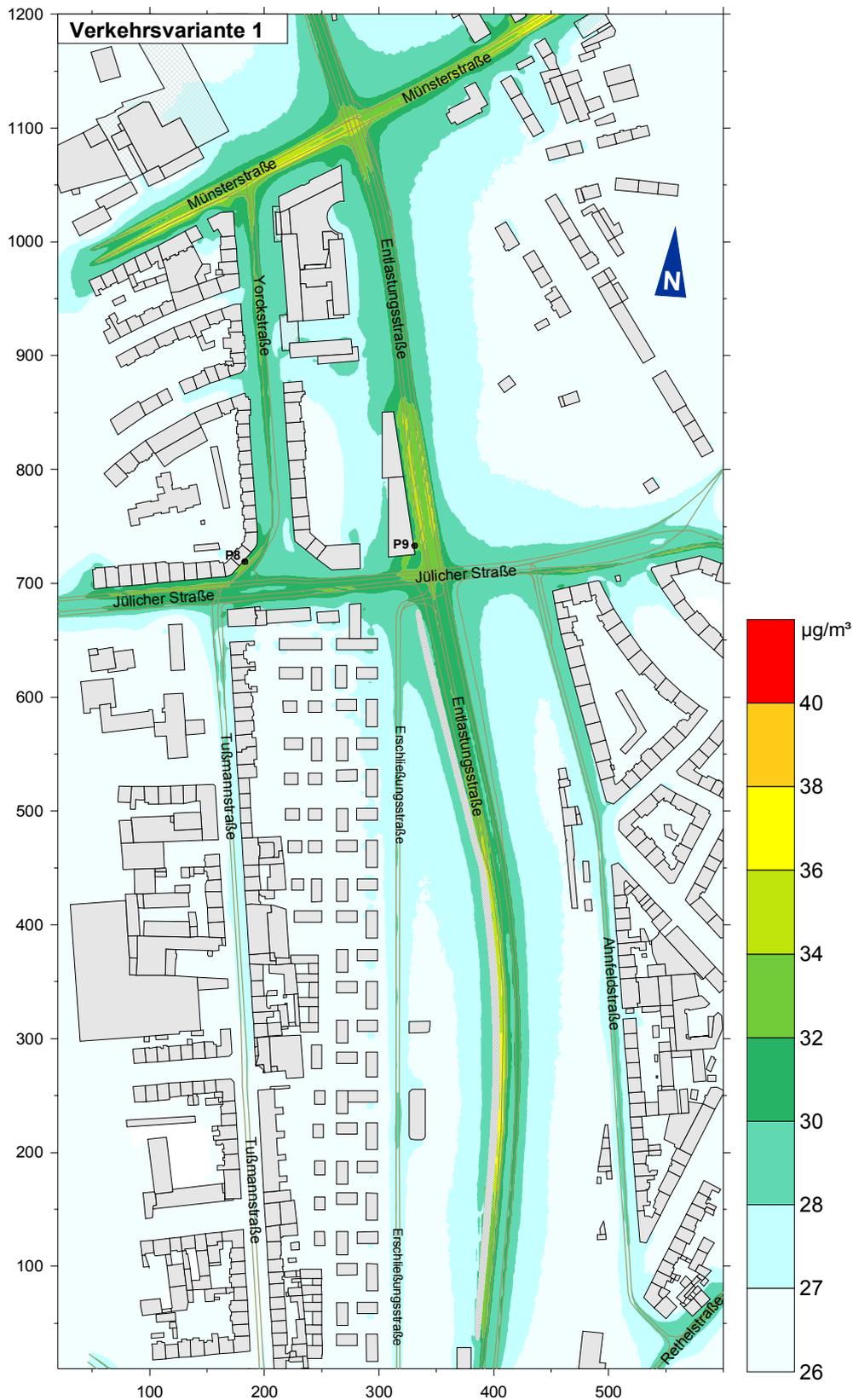


Abb. 6a: Verkehrsvariante 1 - Nördlicher Untersuchungsbereich

Räumliche Verteilung der NO₂-Immissionen im Jahresmittel in µg/m³

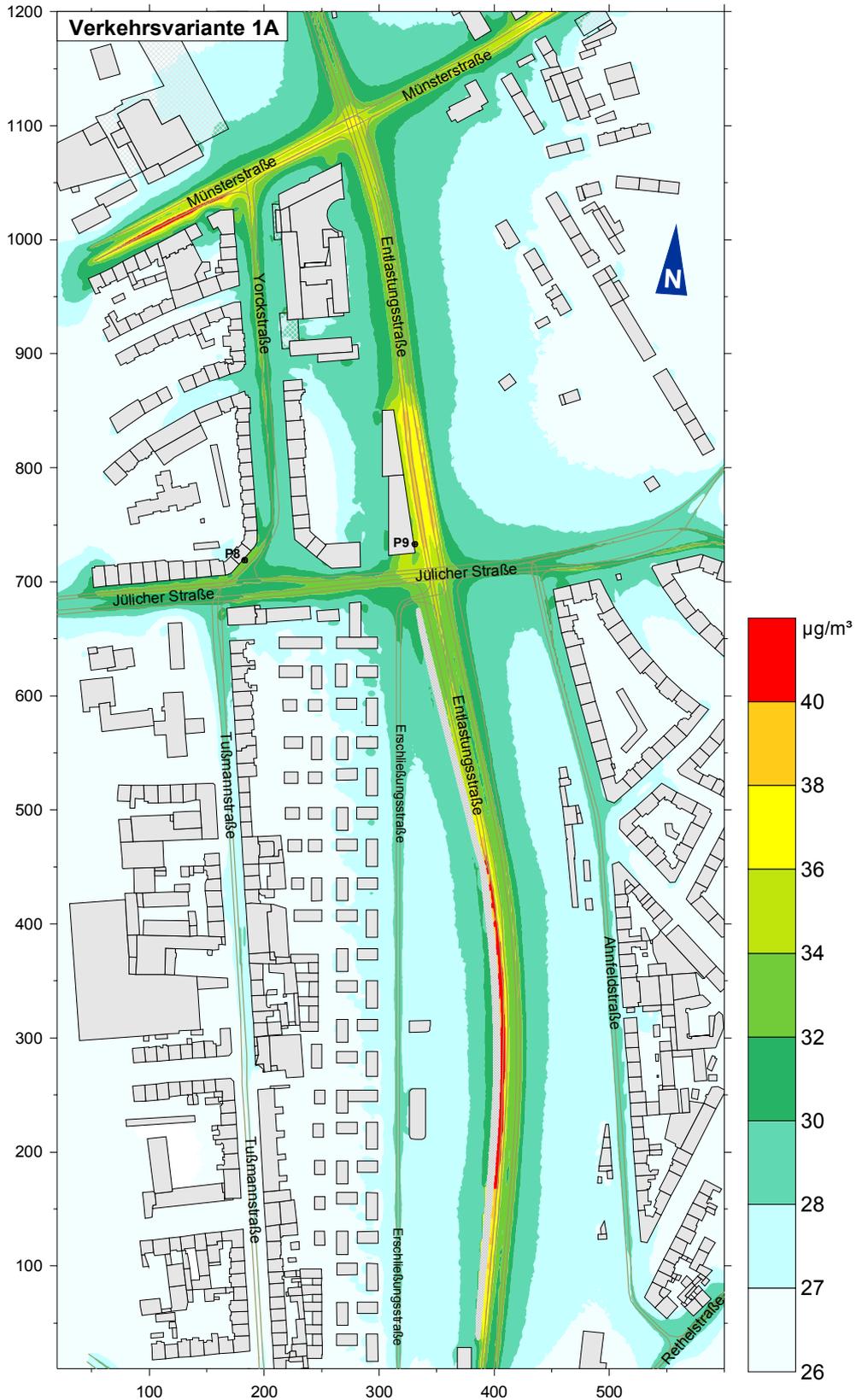


Abb. 6b: Verkehrsvariante 1A - Nördlicher Untersuchungsbereich
Räumliche Verteilung der NO₂-Immissionen im Jahresmittel in µg/m³

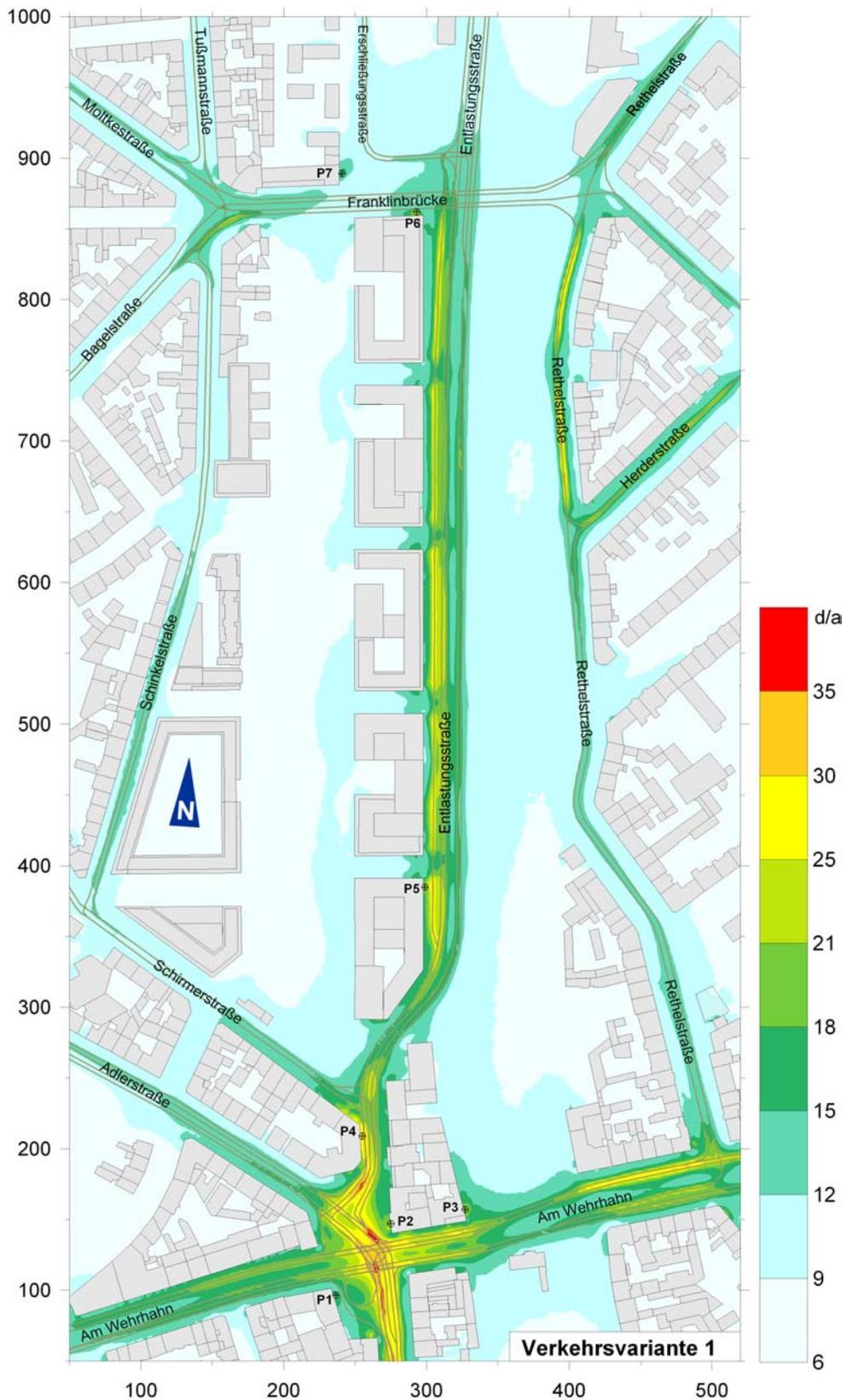


Abb. 7a: Verkehrsvariante 1 - Südlicher Untersuchungsbereich
Anzahl der Tage mit PM_{10} -Mittelwerten von mehr als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

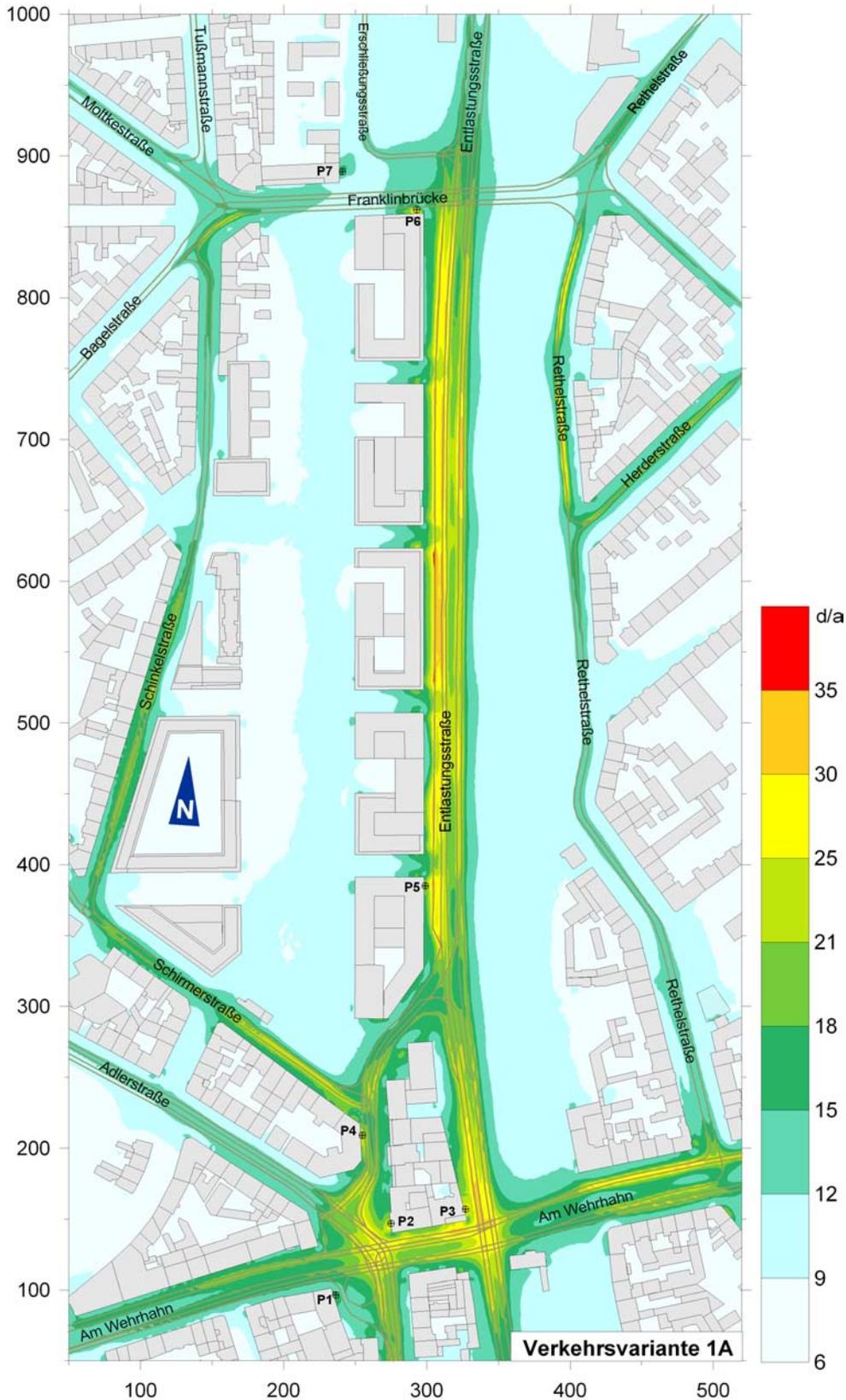


Abb. 7b: Verkehrsvariante 1A - Südlicher Untersuchungsbereich
Anzahl der Tage mit PM₁₀-Mittelwerten von mehr als 50 µg/m³

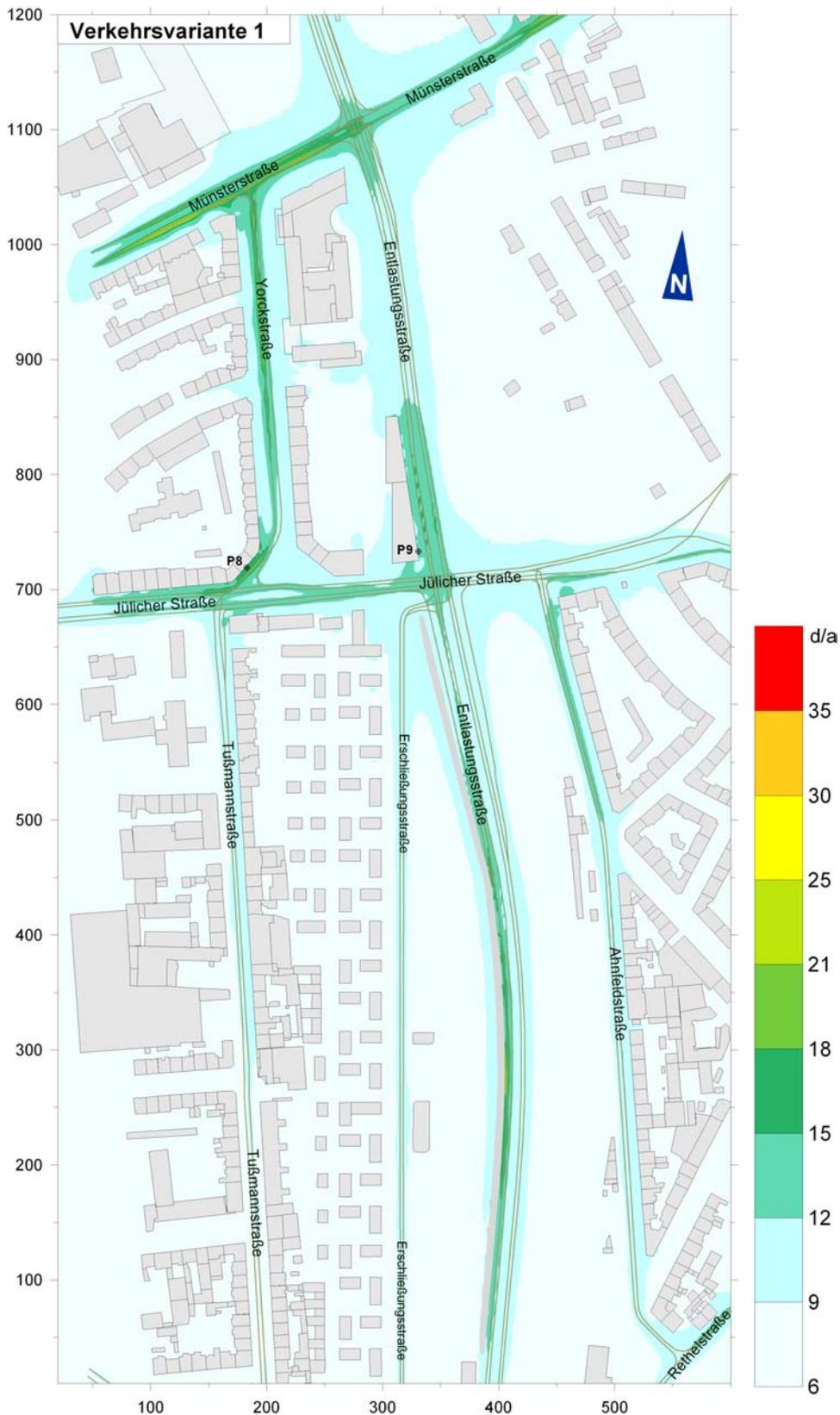


Abb. 8a: Variante 1 - Nördlicher Untersuchungsbereich
Anzahl der Tage mit PM₁₀-Mittelwerten von mehr als 50 µg/m³

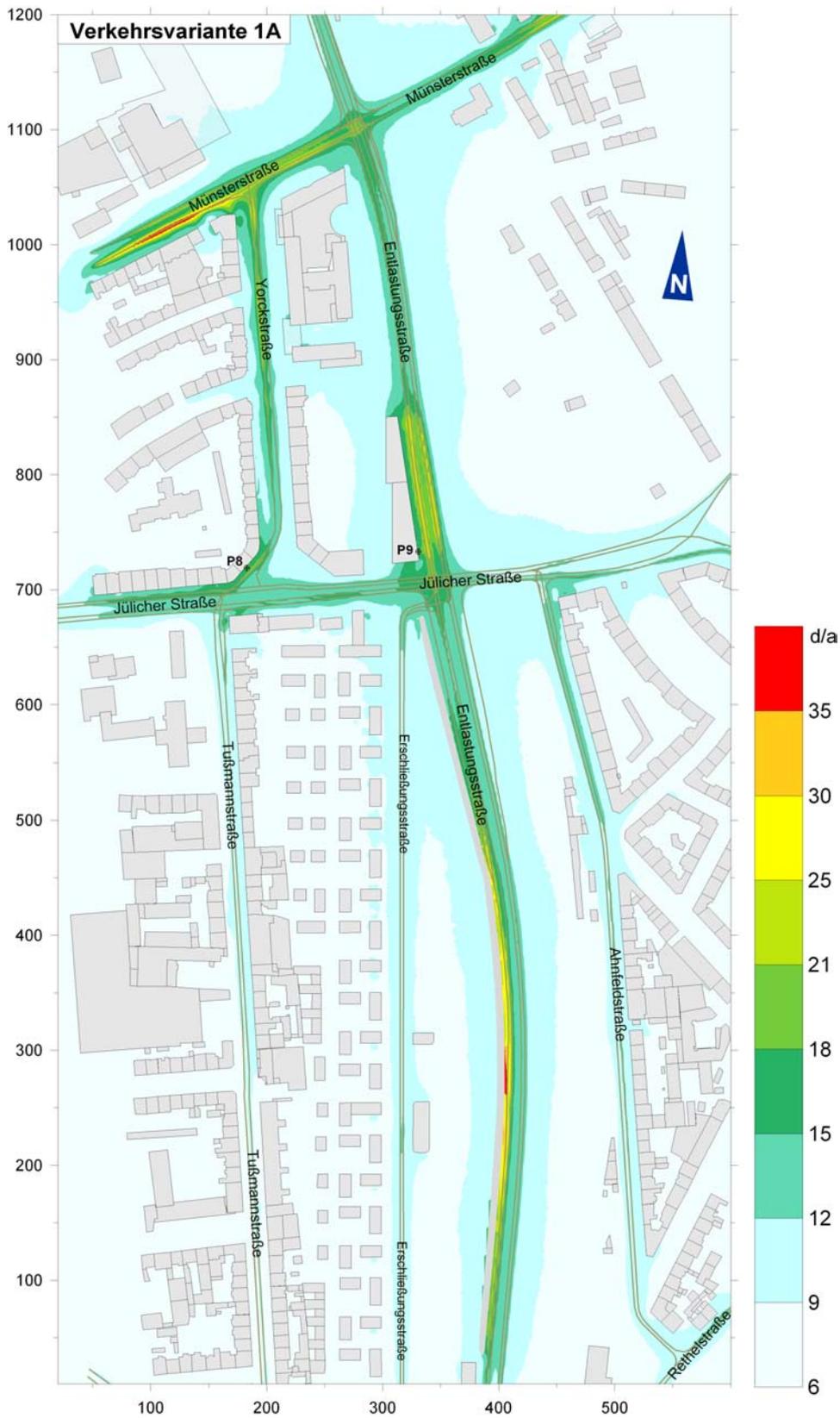


Abb. 8b: Variante 1A - Nördlicher Untersuchungsbereich
Anzahl der Tage mit PM₁₀-Mittelwerten von mehr als 50 µg/m³