
**Ermittlungen zu Luftschadstoffimmissionen
für den Betrieb des vorhandenen
Kreuzfahrtterminals Hafencity in Hamburg,
Ergänzung für die Prognosejahre 2020 und 2025
und Stellungnahme zu Luftschadstoff-
immissionen durch den Betrieb des
Kreuzfahrtterminals**

Projektnummern: 12110.03 und 12110.05

18. August 2016

Im Auftrag von:
Hafencity Hamburg GmbH
Osakaallee 11
20457 Hamburg

**Ermittlungen zu Luftschadstoffimmissionen
für den Betrieb des vorhandenen
Kreuzfahrtterminals HafenCity in Hamburg,
Ergänzung für die Prognosejahre 2020 und 2025**

Projektnummer: 12110.03

7. Juli 2014

Im Auftrag von:
HafenCity Hamburg GmbH
Osakaallee 11
20457 Hamburg

Dieses Gutachten wurde im Rahmen des erteilten Auftrages für das oben genannte Projekt / Objekt erstellt und unterliegt dem Urheberrecht. Jede anderweitige Verwendung, Mitteilung oder Weitergabe an Dritte sowie die Bereitstellung im Internet – sei es vollständig oder auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Urhebers.

Inhaltsverzeichnis

1.	Anlass und Aufgabenstellung.....	3
2.	Örtliche Situation	4
3.	Untersuchungsrahmen.....	4
3.1.	Untersuchungsszenarien	4
3.2.	Untersuchungsgebiet.....	5
4.	Beurteilungsgrundlagen	5
5.	Emissionen	7
5.1.	Schiffsverkehr.....	7
5.1.1.	Allgemeines	7
5.1.2.	Treibstoffarten.....	8
5.1.3.	Emissionen	8
5.2.	Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet.....	9
6.	Immissionen	12
6.1.	Allgemeines.....	12
6.2.	Berechnungsverfahren	13
6.2.1.	Rechenmodell.....	13
6.2.2.	Rechengebiet und Kenngrößen	13
6.2.3.	Quellenmodell.....	15
6.3.	NO-NO ₂ -Konversion	16
6.4.	Hintergrundbelastung	16
6.5.	Immissionen	17
6.5.1.	Allgemeines	17
6.5.2.	Lage der Immissionsorte.....	18
6.5.3.	Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Jahresmittelwert J00).....	18
6.5.4.	Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Stundenmittelwert S18).....	21
6.5.5.	Schwefeldioxid-Belastungen (SO ₂ , Jahresmittelwert J00).....	25
6.5.6.	Schwefeldioxid-Belastungen (SO ₂ , Tagesmittelwert T03).....	27
6.5.7.	Schwefeldioxid-Belastungen (SO ₂ , Stundenmittelwert, S24).....	30
6.5.8.	Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	33

6.5.9.	Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage).....	36
6.5.10.	Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	39
6.6.	Reduktionsfaktoren nach RLuS.....	42
6.7.	Qualität der Prognose	46
7.	Zusammenfassung.....	46
8.	Quellenverzeichnis	49
9.	Anlagenverzeichnis	I

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Rahmen einer aktuellen Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen durch den Betrieb der Kreuzfahrtterminals Altona und HafenCity in Hamburg ermittelt (LAIRM CONSULT GmbH, 28. März 2013) [45]. Dabei wurde das Betriebsjahr 2015 exemplarisch zugrunde gelegt. Die Emissionen wurden einer Studie des Instituts für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL, Bremen) entnommen, in der unter Berücksichtigung der Schiffsanläufe, Aggregatauslastungen und Kraftstoffverbräuche eine Berechnung der schiffsbedingten Luftschadstoffemissionen an den Kreuzfahrtterminals Hamburg Altona und HafenCity durchgeführt wurde. Darüber hinaus wurden die Kaminhöhen der Schiffe erfasst. Bei der Luftschadstoff-Ausbreitungsberechnung wurde die geplante Bebauung in der HafenCity detailliert berücksichtigt, die Schiffskörper jedoch nicht. Die Ermittlungen haben sich auf die Emissionen während der Liegezeiten beschränkt, die An- und Ablegemanöver sowie die Schiffsfahrten wurden nicht einbezogen.

Gegenüber einem früheren Gutachten vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2006) [47] für das Kreuzfahrtterminal HafenCity ergeben sich in der aktuellen Untersuchung überwiegend deutlich geringere Luftschadstoffimmissionen. Dies kann u.a. durch geringere Emissionen bzw. den Ansatz höherer Quellhöhen (Kaminhöhen) erklärt werden, die vom Büro ISL für die konkreten Schiffe detailliert ermittelt worden sind. Bei dem Gutachten von Lohmeyer wurden jedoch auch die Schiffskörper als Baukörper berücksichtigt. Das aktuelle Gutachten [45] ist demgegenüber von vertikal ausgedehnten Quellen zur Berücksichtigung des Downwash-Effekts ausgegangen (halbe bis volle Kaminhöhe).

In einem früheren Ergänzungsgutachten [46] wurden im Gegensatz zur oben genannten Untersuchung [45] die Modellierung der Schiffskörper als Baukörper sowie die An- und Ablegemanöver der Kreuzfahrtschiffe berücksichtigt. Die Untersuchung wurde für das Prognosejahr 2015 durchgeführt, wobei 102 Schiffsanläufe berücksichtigt wurden. Als Ergebnis wird der NO_2 -Grenzwert für den Jahresmittelwert an den Gebäuden in direkter Nachbarschaft zum Chicagokai knapp unterschritten. An den weiteren untersuchten Einzelpunkten im Untersuchungsgebiet treten keine Grenzwertüberschreitungen des NO_2 -Jahresmittelwertes auf. Für die Schadstoffkomponenten SO_2 , Feinstaub der Größenklassen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ und NO_2 -Stundenmittelwerte sind keine Grenzwertüberschreitungen an schutzbedürftiger Bebauung zu erwarten.

Die hier vorliegende Untersuchung umfasst die zusätzliche Prüfung für mehr Schiffsanläufe für kommende Prognosejahre. Es werden auf Wunsch der HafenCity GmbH die Betriebsjahre 2020 und 2025 mit erhöhten Schiffsanläufen von 150 bzw. 200 Kreuzfahrtschiffen am Kreuzfahrtterminal HafenCity zugrunde gelegt. Dies entspricht einem „worst case“ Szenario, da auf Seiten der Hamburg Port Authority (HPA) von lediglich 110 bis 115 Schiffen für die Jahre 2020 bzw. 2025 ausgegangen wird. Es sind neben den Jahresmittelwerten auch die Kurzzeitbelastungen von Interesse, da während der Liegezeiten zwischen Schiffskörper und Hafenrandbebauung eine Schlucht entsteht, in der eine schlechte Durchlüftungssituation vorherrscht. Das städtebauliche Ziel besteht darin, bei Bestätigung geringerer Luftschadstoffbelastungen in zusätzlichen Bereichen der HafenCity be-

stehende planungsrechtliche Restriktionen (Ausschluss Wohnen, Vorgaben zur Gebäudebelüftung) zurückzunehmen.

Die Berechnungen umfassen als maßgebliche Leitkomponenten die Schadstoffe Stickoxid (NO_x) / Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂) und Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5}.

2. Örtliche Situation

Das Kreuzfahrterminal Hafencity befindet sich in der westlichen Hafencity. Das Terminal am Chicagokai verfügt über zwei Liegeplätze mit einer Länge von 330 Metern sowie 295 Metern. Eine ausgeprägte Geländetopographie ist nicht vorhanden. Die nächstgelegene schutzbedürftige Bebauung am „Strandkai“ sowie am „Überseequartier“ befindet sich künftig unmittelbar nördlich des Terminals. In diesem Bereich befinden sich teils hohe Gebäude mit derzeitiger Büronutzung. Aktuell sind diese Bereiche noch nicht vollständig bebaut.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten können den Plänen der Anlage A 1 entnommen werden.

3. Untersuchungsrahmen

3.1. Untersuchungsszenarien

Die vorliegende Untersuchung umfasst folgende Modellierungsansätze:

- Fall 1 (Prognosejahr 2020):
 - Berücksichtigung der Schiffskörper als Baukörper während der Liegezeiten;
 - 150 Kreuzfahrtschiffe pro Jahr
 - Berücksichtigung der An- und Ablegemanöver und der Zu- und Abfahrten (ohne Schiffskörper);
- Fall 2 (Prognosejahr 2025):
 - Berücksichtigung der Schiffskörper als Baukörper während der Liegezeiten;
 - 200 Kreuzfahrtschiffe pro Jahr
 - Berücksichtigung der An- und Ablegemanöver und der Zu- und Abfahrten (ohne Schiffskörper).

3.2. Untersuchungsgebiet

Die Berechnung der Luftschadstoffimmissionen erfolgte flächendeckend für das Untersuchungsgebiet, welches eine räumliche Ausdehnung von 1.200 m x 800 m besitzt. Ergänzend werden die Immissionen an einigen maßgeblichen Immissionsorten betrachtet. Die in Abstimmung mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt gewählten Immissionsorte befinden sich exemplarisch an hohen Gebäuden bzw. an Gebäuden in unmittelbarer Nähe zu den Terminals, da dort die höchsten Immissionen durch die Liegezeiten bzw. die Zu- und Abfahrten der Kreuzfahrtschiffe zu erwarten sind.

Die Lage der Untersuchungsgebiete sowie die Bezeichnungen der Immissionsorte kann den Lageplänen der Anlage A 1 entnommen werden.

4. Beurteilungsgrundlagen

Die Beurteilung von Luftverunreinigungen erfolgt anhand der Immissionswerte aus den geltenden Regelwerken (39. BImSchV, EU-Richtlinien). Die Umsetzung der aktuellen Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [14] der Europäischen Union ist durch die 39. BImSchV [5] erfolgt.

In der Tabelle 1 sind die aktuellen Grenzwerte zum Schutz des Menschen aufgeführt.

Tabelle 1: Beurteilungsrelevante Immissionswerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] zum Schutz des Menschen

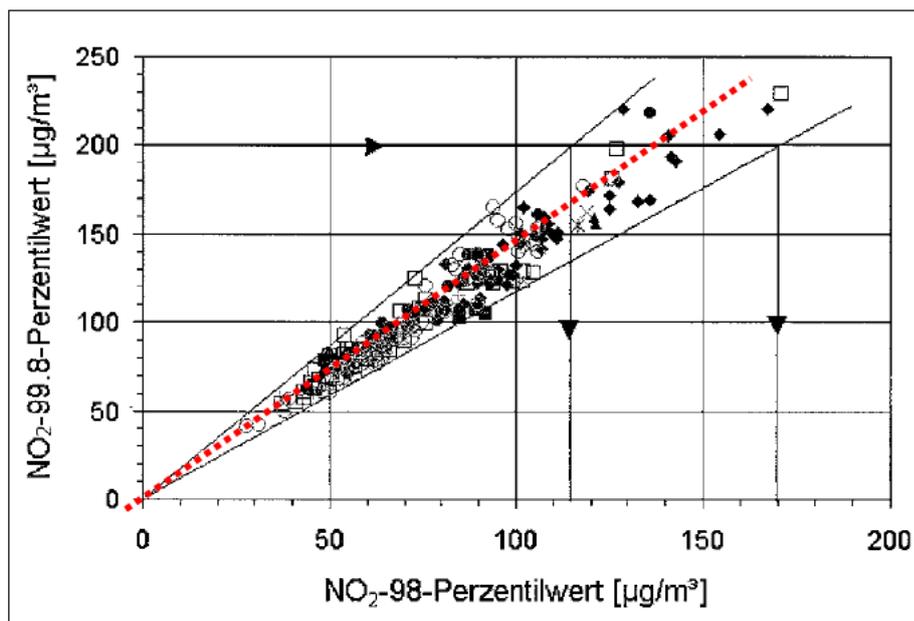
Luftschadstoff	Bezugszeitraum	Immissionswerte		
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
NO ₂	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2010)
	1 Stunde	200	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2010), max. 18 Überschreitungen im Jahr
SO ₂	24 Stunden	125	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 3 Überschreitungen im Jahr
	1 Stunde	350	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 24 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub (PM ₁₀)	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005)
	24 Stunden	50	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 35 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub (PM _{2,5})	Jahresmittel	25	39. BImSchV	Zielwert (seit 2010)
		25		Grenzwert (ab 2015)

Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der Neufassung der 39. BImSchV von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt.

Die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen werden gemäß 39. BImSchV mit einem Kurzzeitbelastungswert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ beurteilt, der als Stundenmittel 18-mal pro Jahr überschritten werden darf. Die rechnerische Bestimmung ist gleichbedeutend mit der Bestimmung eines 99,8-Perzentilwertes. Die Anzahl der Grenzwert-Überschreitungen

kann messtechnisch leicht ermittelt werden, eine rechnerische Prognose ist jedoch nur durch aufwändige Zeitreihenberechnungen möglich. Alternativ kann der 99,8-Perzentilwert anhand von Naturmessdaten aus der Größe des 98-Perzents geschätzt werden (s. Abbildung 1).

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen 98-Perzentil und 99,8-Perzentil der NO_2 -Belastungen, basierend auf der Auswertung von Naturmessdaten, nach [29] (gilt nicht bei einzelnen Punktquellen (Schornstein))



Für die Schwefeldioxid-Belastungen wurden in der 39. BImSchV zum Schutz des Menschen neue Kurzzeitbelastungswerte festgelegt: Der 1-Stunden-Grenzwert beträgt $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 24 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr, der 24-Stunden-Grenzwert $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 3 zugelassenen Überschreitungen im Jahr.

Für den Jahresmittelwert der PM_{10} -Feinstaubimmissionen ist in der 39. BImSchV ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt. Der 24-Stunden-Mittelwert der PM_{10} -Immissionen darf zusätzlich einen Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 35-mal überschreiten.

Zur Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten der Tagesmittelwerte aus den Jahresmittelwerten der PM_{10} -Gesamtbelastungen stehen verschiedenen Ansätze zur Verfügung.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt, 2005 [26]) wurde aus zahlreichen Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden und eine Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt („best fit“). Die zulässige Anzahl von 35 Tagen im Jahr wird demnach erst bei Jahresmittelwerten von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr überschritten. Dieser Ansatz zur Bestimmung der PM_{10} -Kurzzeitbelastung wurde in der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt. Im Vergleich mit Messwerten der lufthygienischen Überwachung in Hamburg ist eine gute Übereinstimmung mit diesem Ansatz gegeben.

Weiterhin wurde von der EU die Einführung eines Grenzwertes für Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser von $2,5\ \mu\text{m}$ und kleiner ($\text{PM}_{2,5}$) beschlossen [14]. Für den Jahresmittelwert der $\text{PM}_{2,5}$ -Feinstaubbelastungen ist dementsprechend in der 39. BImSchV ab 2015 ein Grenzwert von $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorgesehen.

5. Emissionen

5.1. Schiffsverkehr

5.1.1. Allgemeines

Die Energieversorgung eines Schiffes erfolgt in der Regel durch drei bis vier verschiedene Aggregattypen:

- Hauptmaschine(n) (Antriebsmotor für Propeller und Wellengenerator): Dauerbetrieb auf See, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt,
- Hilfsdiesel (2 bis 4 Maschinen, elektrische Versorgung): Auf See laufen die Hilfsdiesel nicht, wenn es einen Wellengenerator/Verstellpropeller gibt, Teil- oder Vollastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt;
- Abgaskessel (nicht immer installiert, Wärmeerzeugung): Läuft auf See mit Abgasen von Haupt- und Hilfsmotoren, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt;
- Hilfskessel (Wärmeerzeugung): Läuft auf See meist nicht, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt.

Neuere Schiffe sind mit einem dieselelektrischen Antrieb ausgerüstet. Diese Antriebsart wird bei Kreuzfahrtschiffen bevorzugt eingesetzt. Hilfsdiesel sind bei diesen Schiffen nicht installiert, da auch im Hafen die Hauptmaschine (meist 4 Einzelaggregate) die Stromerzeugung übernimmt.

Abgasemissionen lassen sich mithilfe von motorspezifischen Emissionsfaktoren ermitteln, die üblicherweise in Bezug auf die erbrachte Motorleistung oder den Treibstoffverbrauch angegeben werden. Zur Berechnung der Emissionen sind daher neben den Emissionsfaktoren auch Angaben über den Betriebszustand der Antriebsaggregate erforderlich, insbesondere zur Auslastung. Da sowohl die Emissionsfaktoren als auch die Auslastungsgrade je nach Betriebszustand, Motorenkonzept und/oder Schiffstyp schwanken, sind für die Schiffsemissionen im Einzelfall größere Abweichungen vom Mittelwert möglich.

In einer Studie des Instituts für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL, Bremen) [43] erfolgte unter Berücksichtigung der Schiffsanläufe, Aggregatauslastungen und Kraftstoffverbräuche eine Berechnung der schiffsbedingten Luftschadstoffemissionen durch die Liegezeiten am Kreuzfahrtterminal HafenCity. Dabei wurden die ermittelten Emissionen für den Normalbetrieb sowie für verschiedene Energieminderungskonzepte zusammengestellt. Die Emissionen für den Manöverbetrieb der Kreuzfahrtschiffe vom bzw. zum Terminal HafenCity wurden von der Hamburg Port Authority (HPA) berechnet [44]. Aus diesen Da-

ten wurden die schiffsgenauen Emissionen für die Einzelanläufe zurückgerechnet. Zur sicheren Seite wurde davon ausgegangen, dass der Manöverbetrieb vollständig innerhalb des Rechengebietes stattfindet, auch wenn tatsächlich ein Teil der Fahrt außerhalb verläuft.

5.1.2. Treibstoffarten

Als Treibstoffarten werden für die Schiffsaggregate Schweröl („residual oil“, RO), Marinedieselöl (MDO) und Marinegasöl (MGO) eingesetzt. Hinsichtlich der Abgasemissionen ist der wesentliche Unterschied im Schwefelgehalt gegeben, da bei der Verbrennung in erster Näherung der gesamte Schwefel im Treibstoff in SO₂ umgewandelt wird.

Seit 2006/2007 ist die Nordsee als SO_x-Emissions-Überwachungsgebiet eingestuft, in denen der Schwefelgehalt der Schiffskraftstoffe nur noch maximal 1,5 % betragen darf [12]. Seit 2010 gilt darüber hinaus, dass für Schiffe in Häfen der Europäischen Gemeinschaft während der Liegezeiten nur Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von maximal 0,1 % verwendet werden dürfen, sofern die Liegezeit zwei Stunden und mehr beträgt [12]. In Hamburg ist die Umsetzung dieser Richtlinie 1999/32/EG im Jahr 2010 erfolgt [13].

Im Oktober 2008 wurde eine weitergehende Absenkung des Schwefelgehalts der Treibstoffe in den SO_x-Emissions-Überwachungsgebieten von maximal 1,5 % auf maximal 1,0 % ab dem 1. Juli 2010 und auf maximal 0,1 % ab dem 1. Januar 2015 beschlossen (Anpassung MARPOL, Anhang VI [17]).

Derzeit erfolgt die Umsetzung ins EU-Recht. Die Übertragung ins nationale Recht muss innerhalb 18 Monaten nach EU-Veröffentlichung erfolgen.

In der vorliegenden Untersuchung wurde entsprechend der gesetzlichen Anforderungen sowohl für die Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe als auch bei den Fahrmanövern ein Schwefelgehalt von 0,1 % berücksichtigt.

5.1.3. Emissionen

Die Emissionen während der Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe am Kreuzfahrtterminal HafenCity wurden dem Gutachten des Büros ISL [43] entnommen. Diese wurden als Gesamtemissionen pro Jahr und Schiffsanlauf ermittelt. Für die Emissionen durch den Manöverbetrieb wurden die Berechnungen der HPA [44] unter Angabe der Gesamtemissionen pro Jahr über alle Kreuzfahrtschiffe zugrunde gelegt.

Für die Jahre 2020 und 2025 liegen Prognosen vom ISL für die Schiffsanläufe vor. Einige ältere Schiffe sind darin nicht mehr enthalten, so dass diese durch ein neues Standard-Kreuzfahrtschiff ersetzt worden sind. Auch für die weiteren zusätzlichen Schiffsanläufe wird von einem typischen Standard-Kreuzfahrtschiff ausgegangen.

Es werden die für den Schiffsverkehr relevanten Schadstoffkomponenten NO_x/NO₂, SO₂ und Feinstaub betrachtet. Es wird von dem konservativen Ansatz ausgegangen, dass der

Feinstaub im Abgas von Verbrennungsmotoren zu 100 % durch die PM_{2,5}-Fraktion gegeben ist, also auch zu 100 % im PM₁₀-Anteil enthalten ist [28].

Da das Terminal in der HafenCity zwei Liegeplätze besitzt, wurde die jährliche Belegung getrennt für den westlichen und den östlichen Anleger berücksichtigt.

Die ISL-Studie [43] beinhaltet zudem eine Ermittlung der Schornsteinhöhen für die verschiedenen Schiffsgrößen. In der vorliegenden Untersuchung wurde aufgrund der Modellierung der Schiffsbaukörper für alle Schiffe eine Schornsteinhöhe von 45 m angesetzt.

Eine Zusammenstellung der Schiffsanläufe sowie der Gesamtemissionen für die Prognosejahre 2020 und 2025 sind in der Anlage A 2 dargestellt.

Die ermittelten Emissionen dienen als Basis für die Verknüpfung mit dem stundenfeinen Modelljahr der Schiffsbewegungen und Liegezeiten. Mit diesen Ansätzen wurde für jede Luftschadstoffkomponente eine Jahresganglinie erstellt, die als Emissionszeitreihe bei der Ausbreitungsberechnung berücksichtigt wird.

5.2. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet

Zur Abschätzung der Größe der Luftschadstoffemissionen durch die Kreuzfahrtschiffe innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden die Gesamtemissionen während der Liegezeiten [43] und die Manövriervorgänge [44] bilanziert. Dabei wurden die beiden Kreuzfahrtterminals zum Vergleich detailliert angegeben. Weitere Emissionsquellen wie z.B. Straßenverkehr wurden nicht berücksichtigt.

Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen für das Kreuzfahrtterminal HafenCity sind in der Tabelle 2 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen die Abbildungen 2 bis 4.

Folgende Ergebnisse sind festzuhalten:

Durch die Kreuzfahrtschiffe wird 2020 mit etwa 127 Tonnen pro Jahr und 2025 mit etwa 173 Tonnen pro Jahr am meisten NO_x emittiert. Die SO₂-Emissionen betragen im Gegensatz dazu 2020 rund 5 Tonnen im Jahr und 2025 circa 6 Tonnen pro Jahr. Die Feinstaubemissionen betragen 2020 etwa 2 Tonnen pro Jahr und 2025 etwa 3 Tonnen pro Jahr. Dabei wird jeweils der maßgebliche Anteil durch die Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe verursacht. Die Zu- und Abfahrten tragen weniger zu den Gesamtemissionen bei. Die Anteile der Manövriervorgänge an den Gesamtemissionen liegen je nach Schadstoffkomponente zwischen etwa 8 % und 14 %. Die Gesamtzunahmen von 2015 auf 2020 betragen, je nach Schadstoff, zwischen ca. 45 % und ca. 53 %. Von 2015 auf 2025 ist mit Zuwächsen von etwa 87 % bis 110 % zu rechnen.

Tabelle 2: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quelle	Kreuzfahrtterminal Hafencity								
	Emission 2015 [t/a]	Emission 2020 [t/a]	Zunahmen 2020 vs. 2015 [t/a]		Emission 2025 [t/a]	Zunahmen 2025 vs. 2015 [t/a]		Zunahmen 2025 vs. 2020 [t/a]	
Stickoxide (NOx)									
Gesamt	83,04	126,62	43,58	52,5%	172,87	89,83	108,2%	46,25	36,5%
Liegezeit	69,53	108,56	39,03	56,1%	150,63	81,09	116,6%	42,06	38,7%
Manöver	13,51	18,06	4,55	33,7%	22,25	8,74	64,7%	4,19	23,2%
Schwefeldioxyde (SO₂)									
Gesamt	2,98	4,57	1,59	53,2%	6,26	3,28	110,0%	1,69	37,1%
Liegezeit	2,60	4,06	1,46	56,1%	5,64	3,03	116,6%	1,58	38,8%
Manöver	0,38	0,51	0,13	33,7%	0,63	0,25	64,7%	0,12	23,2%
Feinstaub PM₁₀ und PM_{2,5}									
Gesamt	1,55	2,25	0,70	45,1%	2,90	1,35	87,1%	0,65	28,9%
Liegezeit	1,41	2,06	0,65	46,3%	2,67	1,26	89,3%	0,61	29,4%
Manöver	0,14	0,19	0,05	33,7%	0,23	0,09	64,7%	0,04	23,2%

Abbildung 2: Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

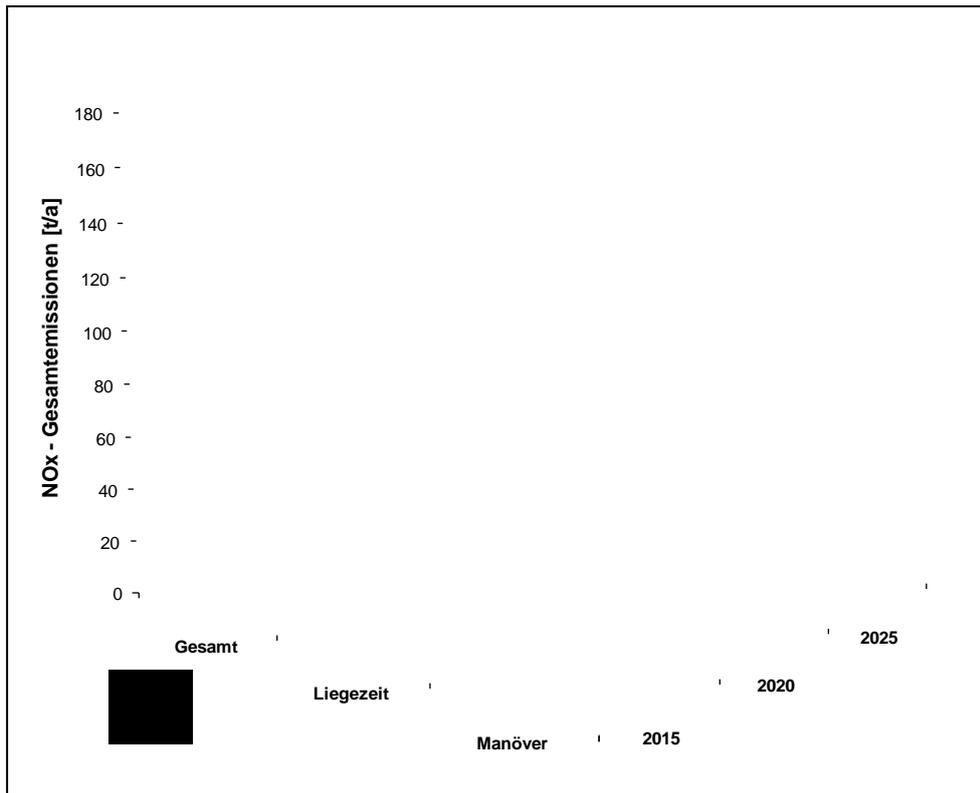


Abbildung 3: Schwefeldioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

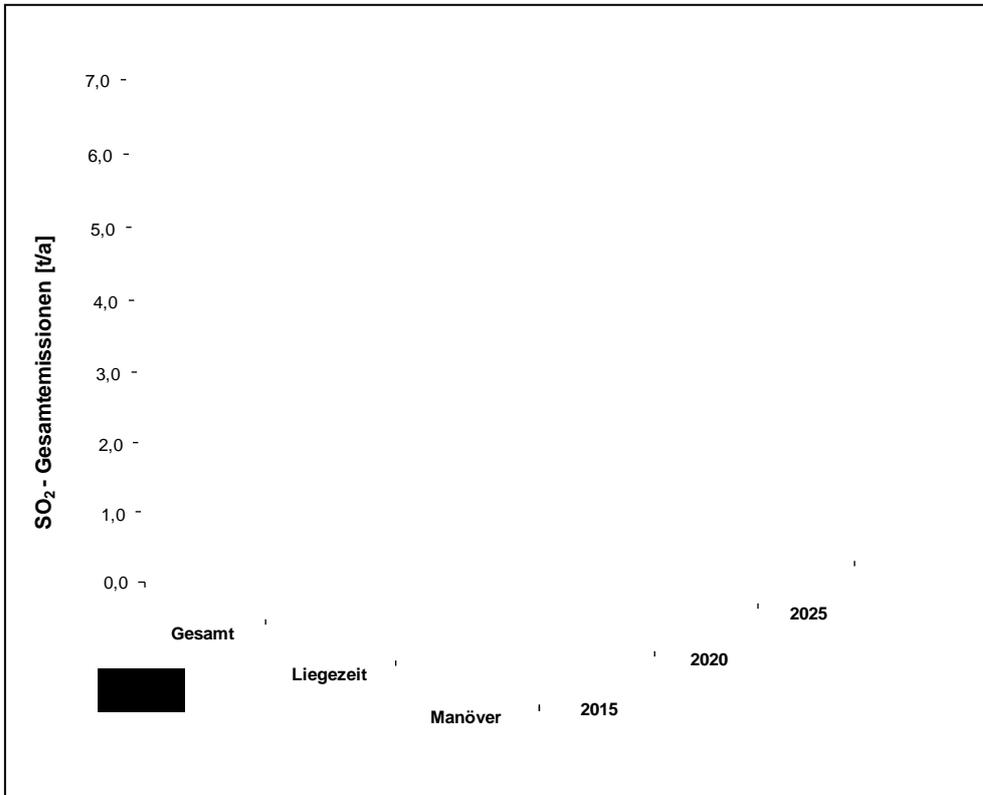
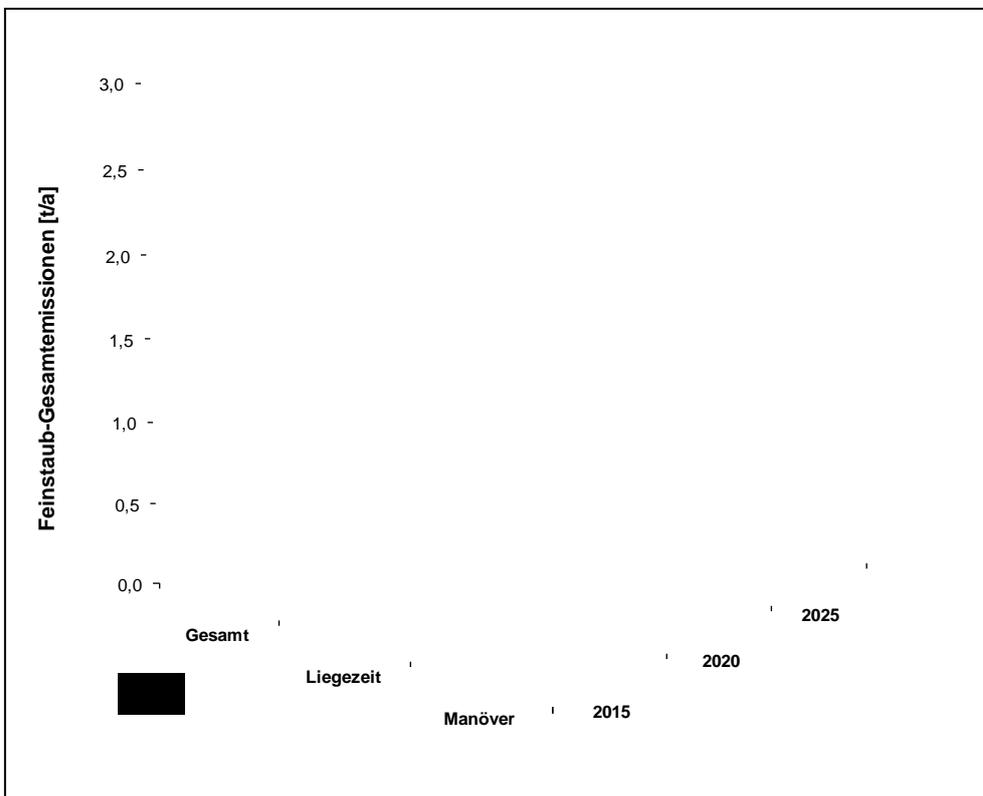


Abbildung 4: Feinstaub-Emissionen (PM₁₀ und PM_{2,5}) im Untersuchungsgebiet [t/a]



6. Immissionen

6.1. Allgemeines

Luftschadstoffemissionen werden durch turbulente Transportvorgänge in der Atmosphäre in Immissionen umgewandelt. Diese Vorgänge sind in der Regel sehr komplex und stellen in der Praxis hohe Anforderungen an das Ausbreitungsmodell.

Zur Ermittlung der großräumigen Schadstoff-Konzentrationen ist eine Ausbreitungsrechnung erforderlich, die u. a. alle maßgeblichen Quellen sowie die meteorologischen Randbedingungen (Windrichtungen und -geschwindigkeiten, Luftschichtungen, Inversionswetterlagen etc.) berücksichtigen muss. Je nach Aufgabenstellung und Detaillierungsgrad gibt es derzeit mehrere verschiedene Modellansätze. In der Regel werden die genaue Bebauungsstruktur und Geländetopografie nur pauschal berücksichtigt. Eine explizite Berechnung der Strömungsverhältnisse an Hindernissen und Geländestrukturen ist derzeit bei vertretbarem Rechenzeitaufwand nur in kleinem Maßstab möglich. Dennoch ist auch mit „einfachen“ Ausbreitungsmodellen (Gelände ohne Bebauung) häufig eine Berechnung der Schadstoffausbreitung mit ausreichender Genauigkeit möglich, was durch den Vergleich mit Messdaten bestätigt wird.

Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexen Modellen (z.B. MISKAM [19]) erfolgen.

Die TA Luft [6] beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [20], mit dem die Berechnung von Zeitreihen und die Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten von Tages- und Stundenmittelwerten möglich ist. Dieses Modell wird überwiegend für die Beurteilung von Industrieanlagen (hohe Quellen, Schornsteine) angewandt, kann aber auch für niedrige und/oder diffuse Quellen herangezogen werden.

Da Zeitreihenberechnungen mit AUSTAL2000 sehr zeitaufwändig sind, insbesondere bei Berücksichtigung von Bebauung und/oder Geländetopographie, muss bei der Festlegung des Rechengebietes ein Kompromiss zwischen Auflösung und Rechenzeit gefunden werden. Es ist jedoch möglich, mit geschachtelten Netzen zu arbeiten, um größere Untersuchungsgebiete zu realisieren. Die Berücksichtigung von Bebauung und/oder Geländetopographie ist jedoch nur im innersten Rechengebiet möglich.

Die Berechnung der Windfelder bei Bebauungssituationen kann grundsätzlich mit einem diagnostischen Modell wie z. B. TALdia (in AUSTAL2000 implementiert) oder mit einem prognostischen Modell wie z. B. MISKAM erfolgen. Prognostische Modelle sind diagnostischen Modellen in der Regel überlegen. Teilweise haben diese Modelle jedoch auch Nachteile, die die Konformität zu den Anforderungen der TA Luft teilweise verletzen. Die gleichzeitige Berücksichtigung von Bebauung und Gelände bei der Windfeldberechnung ist derzeit mit MISKAM nicht möglich.

6.2. Berechnungsverfahren

6.2.1. Rechenmodell

Im vorliegenden Fall wird die Ermittlung der Luftschadstoffimmissionen durch eine Zeitreihenberechnung mit dem Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 der TA Luft durchgeführt. Mit diesem Vorgehen sind auch Aussagen zu den Kurzzeitbelastungen möglich (Tages- und Stundenmittelwerte). Insbesondere können die Immissionen an festgelegten Monitorpunkten stundengenau für ein Modelljahr ausgewertet werden. Die Auswertung umfasst neben einer flächenhaften Darstellung auch die Angabe der Immissionen an repräsentativen Aufpunkten für verschiedene Geschosse. Basis bildet eine stundenfeine Jahreganglinie der Emissionen für ein Modelljahr unter Berücksichtigung der Fahrpläne und Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe gemäß ISL-Studie [43] sowie des Manöverbetriebs [44].

Für den vorliegenden Fall des Kreuzfahrtterminals in der HafenCity liegt in direkter Nachbarschaft zum Kai künftig ein dicht bebautes Gebiet mit hoher Bebauung vor, so dass der Einfluss der Gebäude auf die Luftströmungen detailliert zu berücksichtigen ist. Daher wird das Modell MISKAM zur Berechnung der Windfelder verwendet. Da zwischen Schiffkörper und Hafenrandbebauung eine Schlucht entsteht, in der eine schlechte Durchlüftungssituation vorherrscht, wurden neben der Berücksichtigung der angrenzenden Bebauung in einem gesonderten Rechenlauf auch die Schiffkörper selbst modelliert. Die mit MISKAM berechneten Windfelder mit und ohne zusätzlichen Schiffkörper können bei der Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL2000 verwendet werden.

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die standortspezifischen meteorologischen Daten berücksichtigt. Diese wurden als stundenfeine Jahreganglinien von einem meteorologischen Dienst bereitgestellt („AKTerm“, s. Anlage A 3). Es wurde die Station Hamburg-Fuhlsbüttel gewählt. Als repräsentatives Jahr zwischen 1997 und 2011 wurde das Jahr 2005 ermittelt [39].

Die Qualität bzw. die Standardabweichung der Simulationsergebnisse mit AUSTAL2000 hängt von der Anzahl der bei der Simulation berücksichtigten Teilchen ab. Die Anzahl der Teilchen kann durch Wahl des Modellparameters „Qualitätsstufe“ beeinflusst werden. Eine Erhöhung wird allerdings durch eine teilweise erheblich längere Rechenzeit erkauft. Im vorliegenden Fall wurde die Qualitätsstufe QS = 2 gewählt, die zu ausreichend niedrigen Standardabweichungen führt. Die Genauigkeitsanforderungen der TA Luft hinsichtlich der statistischen Unsicherheiten werden in den beurteilungsrelevanten Bereichen eingehalten.

6.2.2. Rechengebiet und Kenngrößen

Die Maschenweite des Untersuchungsgebiets am Kreuzfahrtterminal HafenCity beträgt 4 m mit einer Ausdehnung von 1.200 x 800 m.

Das Rechengebiet ist in der Anlage A 1 dargestellt.

Die vertikale Auflösung für das Rechengebiet in der HafenCity wurde aufgrund der Verwendung von externen Windfeldern mit dem prognostischen Windfeldmodell MISKAM gemäß den Anforderungen des Entwurfs der VDI 3783 Blatt 14 [25] gewählt. Hierzu be-

sitzt das vertikale Rechengitter eine feinere Auflösung, so dass zwischen Boden und einer Auswertehöhe von 1,5 m über Grund (Beurteilungspunkt nach der 39. BImSchV) mindestens zwei Gitterpunkte liegen. Die in der vorliegenden Untersuchung ausgewertete Höhe von 1,5 m (Messhöhe zwischen 1,5 m und 4 m nach der 39. BImSchV) befindet sich in Gitterzelle 3 über Grund. Um eine realistischere Anströmung zu erhalten, wurde zudem um das MISKAM Rechengitter ein zusätzliches Vorlaufgebiet mit äußerer Bebauungsstruktur („Rechengebietskragen“) berücksichtigt.

Hinsichtlich der Berücksichtigung nicht detailliert aufgelöster Bebauung sowie des Bewuchses wurde eine Rauigkeitslänge z_0 von 1 m in Ansatz gebracht.

Die Berechnung der Immissionen erfolgte flächendeckend innerhalb des gewählten Rechengebietes. Mit AUSTAL2000 werden als Ergebnisse bestimmte Kenngrößen flächendeckend ausgegeben, für die in der TA Luft und der 39. BImSchV Grenzwerte festgelegt sind. Ergänzend werden die maximalen Stunden- und Tagesmittelwerte dargestellt. Die Ausgabe von Zeitreihen der Immissionen und die Berücksichtigung einer Zeitreihe für die Hintergrundbelastung sind nur an ausgewählten Monitorpunkten möglich. Daher wurden im vorliegenden Fall zusätzliche Monitorpunkte als repräsentative Immissionsorte ausgewählt.

Die im Folgenden betrachteten Kenngrößen sind wie folgt definiert:

- J00: Jahresmittelwert (keine Überschreitung im Jahr);
- TMW: Tagesmittelwert (24 Stunden);
- SMW: Stundenmittelwert;
- T03: Tagesmittelwert, der an 3 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 99,2-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für SO_2);
- T35: Tagesmittelwert, der an 35 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für PM_{10});
- T00: maximaler Tagesmittelwert;
- S18: Stundenmittelwert, der an 18 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für NO_2);
- S24: Stundenmittelwert, der an 24 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,7-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für SO_2);
- S00: maximaler Stundenmittelwert;
- 98-Perzentil: Stundenmittelwert, der an 2 % der Jahresstunden überschritten wird.

6.2.3. Quellenmodell

Die tatsächlichen Quellen während der Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe sind durch die Abgaskamine der Kreuzfahrtschiffe gegeben, welche im vorliegenden Fall als Punktquellen modelliert worden sind. Für die Zu- und Abfahrten erfolgte die Quellmodellierung durch Linienquellen.

Bei den Rechenläufen ohne Modellierung der Schiffskörper als Baukörper (An- und Ablegemanöver) wurden die Quellen vertikal ausgedehnt (s.u.). Im Fall der Berücksichtigung der Schiffskörper (Liegezeiten) wurde entsprechend modellbedingt auf eine Vertikalausdehnung der Linienquellen verzichtet.

Bei Umströmungen eines Hindernisses entstehen typische turbulente Wirbel mit nach unten gerichteten Vertikalwinden im Nachlauf des Hindernisses. Diese Vertikalwinde sorgen dafür, dass Schadstoffkonzentrationen im Hindernisnachlauf in Bodennähe transportiert werden und dort zu Konzentrationserhöhungen führen können (Down-Wash-Effekt). Die Berücksichtigung des Einflusses der Schiffskörper auf die Konzentrationsverteilungen erfolgte für die Fälle ohne explizite Berücksichtigung der Schiffe als Baukörper in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 [24] durch die Benutzung von vertikal ausgedehnten Linienquellen. Durch die vertikal verteilte Emissionsabgabe wird der Down-Wash-Effekt simuliert, so dass eine realistischere Konzentrationsverteilung der Luftschadstoffe ermöglicht wird.

Die Schornsteinhöhen wurden entsprechend den Daten aus dem Gutachten ISL entnommen. Aufgrund der Modellierung der Schiffskörper wurde für alle Schiffe eine Quellhöhe von 45 m angesetzt.

Zur Berücksichtigung der Schiffsbaukörper wurde ein Standardschiff modelliert. Dieses besitzt eine Länge von 250 m und eine Breite von 32 m. Der Baukörper besteht vertikal aus drei Teilen. Der untere Schiffskörper wurde mit einer Höhe von 25 m modelliert, der mittlere Teil und obere mit einer Höhe von 35 m bzw. 40 m, so dass zuzüglich der Kaminhöhen eine Quellhöhe von 45 m erreicht wird. Bei der Berechnung der Windfelder wird vereinfachend davon ausgegangen, dass zwei Standardschiffe am westlichen und östlichen Liegeplatz gleichzeitig anliegen. Es ist davon auszugehen, dass dies den ungünstigeren Fall in Hinblick auf die Schadstoffausbreitung darstellt, als wenn nur ein Schiff am Kai liegt.

Um die Down-Wash-Effekt im Manöverbetrieb zu berücksichtigen, wurden die Quellen von halber Schornsteinhöhe bis zur vollen Schornsteinhöhe (Quelloberkante) modelliert (Quellhöhe: 22,5 m – 45 m).

Für die Emissionen aus Schornsteinen ist mit AUSTAL2000 die Berücksichtigung einer Abgasfahnenüberhöhung durch die mit einem vertikalen Impuls behafteten heißen Abgase möglich. Für die Kreuzfahrtschiffe wird angesetzt, dass die Abwärme der Abgase über Wärmetauscher für die Wärmeerzeugung genutzt wird und die Austrittstemperaturen der Abgase dementsprechend niedrig sind. Auf eine Abgasfahnenüberhöhung wurde im vorliegenden Fall daher verzichtet.

6.3. NO-NO₂-Konversion

Die Abschätzung der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde bisher überwiegend durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg [30] durchgeführt. Die NO₂-Immissionen können gemäß Romberg aus folgenden Formeln ermittelt werden:

$$\text{Jahresmittelwert: } [NO_2] = [NOx] \cdot \left(\frac{103}{[NOx] + 130} + 0,005 \right)$$

$$\text{98-Perzentil: } [NO_2] = [NOx] \cdot \left(\frac{111}{[NOx] + 119} + 0,039 \right)$$

Es werden zunächst die NO_x-Immissionen aller Teilquellen aufsummiert und die entsprechenden Kenngrößen berechnet (Jahresmittelwerte und 98-Perzentile). Die Ermittlung der NO₂-Belastungen erfolgt anschließend gemäß Romberg.

Eine Anpassung der obigen Formeln an sehr hohe Immissionen erfolgte durch Bächlin [34]. Weiterhin wurde ein vereinfachtes chemisches Modell für Straßenschluchten [35], [36] zur Anwendung vorgeschlagen, um die beobachteten hohen Konzentrationen deutlich oberhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³ zu erklären.

Im vorliegenden Fall wird die Umwandlungsmethodik gemäß Romberg zugrunde gelegt, da derart hohe Immissionen hier nicht vorliegen. Mit den anderen Ansätzen ist mit einer deutlichen Überschätzung der Gesamtbelastungen zu rechnen.

6.4. Hintergrundbelastung

Als Hintergrundbelastungen werden diejenigen Immissionen bezeichnet, die ohne den Emissionsbeitrag der im Modell berücksichtigten Quellen vorhanden sind.

Damit werden die nicht explizit einbezogenen Quellen (z.B. gewerbliche und private Emissionen wie z.B. Hausbrand sowie das Straßenverkehrsnetz) indirekt berücksichtigt.

Zur Einschätzung der Hintergrundbelastungen wurden aktuelle Messwerte der Luftüberwachung Hamburg herangezogen [37]. In der Anlage A 4 sind Messergebnisse für die Jahre 2010 und 2011 zusammengefasst. Für zukünftige Jahre ist im Allgemeinen mit sinkenden Hintergrundbelastungen zu rechnen. Dazu stehen je nach Schadstoff gebietsbezogene Reduktionsfaktoren zur Verfügung [21]. In der vorliegenden Untersuchung werden konservative Ansätze ohne Reduktionsfaktoren berücksichtigt. Für Stickstoffdioxid (NO₂) wird als ergänzende Variante zusätzlich der Ansatz mit Reduktionsfaktoren betrachtet (vgl. Abschnitt 6.6). Für die weiteren Schadstoffe ist dies nicht erforderlich, da die Grenzwerte eingehalten werden.

Zur Bestimmung des NO₂-Stundenmittelwertes kann der 99,8-Perzentilwert anhand der Größe des 98-Perzentils berechnet werden (s. Abbildung 1). Für den 98-Perzentil der NO₂-Immissionen wurde ein Schätzwert verwendet, der im Zusammenhang mit dem gewählten Jahresmittelwert repräsentativ ist.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird von folgenden Hintergrundbelastungen ausgegangen (Mittelung über die Jahre 2010/2011 an der Station Sternschanze):

- NO₂ (Jahresmittelwert): 29 µg/m³;
- NO₂ (98-Perzentil): 70 µg/m³;

- NO₂ (99,8-Perzentil, berechnet aus NO₂-98-Perzentil (s. Abbildung 1)): 99,5 µg/m³;
- NO_x (Jahresmittelwert, berechnet aus NO-NO₂-Konversion gemäß Romberg (s. Abschnitt 6.3)): 50 µg/m³;
- PM₁₀ (Jahresmittelwert): 26 µg/m³;
- PM₁₀ (Anzahl der Tagesmittelwerte >50 µg/m³, berechnet nach Ansatz „best fit“(s. Abschnitt 4)): 20 Tage;
- PM_{2,5} (Jahresmittelwert): 16 µg/m³;
- SO₂ (Jahresmittelwert): 4 µg/m³;
- SO₂ (Tagesmittelwert, Kenngröße T03): 20 µg/m³;
- SO₂ (Stundenmittelwert, Kenngröße S24): 38 µg/m³.

Die berechneten Schadstoff-Konzentrationen, die sich durch die im Modell berücksichtigten Schiffsemissionen ergeben, werden „Zusatzbelastungen“ genannt. Für den Fall, dass die Hintergrundbelastungen mit eingerechnet wurden, wird von „Gesamtbelastungen“ gesprochen.

6.5. Immissionen

6.5.1. Allgemeines

Zur Bewertung der Luftschadstoffsituation wurden die Immissionen durch die Liegezeiten am Kreuzfahrtterminal HafenCity für die Jahre 2020 und 2025 unter Berücksichtigung der Schiffsbaukörper während der Liegezeiten berechnet. Die berechneten Immissionen durch die Liegezeiten wurden anschließend jeweils mit der Berechnung für die An- und Ablegemanöver überlagert.

Insgesamt wurde an verschiedenen Immissionsorten der stundenfeine Jahresgang der Luftschadstoffimmissionen für die Luftschadstoffkomponenten Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂) sowie Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} berechnet. Die Lage der Immissionsorte kann den Lageplänen der Anlage A 1 sowie dem Abschnitt 6.5.2 entnommen werden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten für jede Schadstoffkomponente getrennt zusammengefasst.

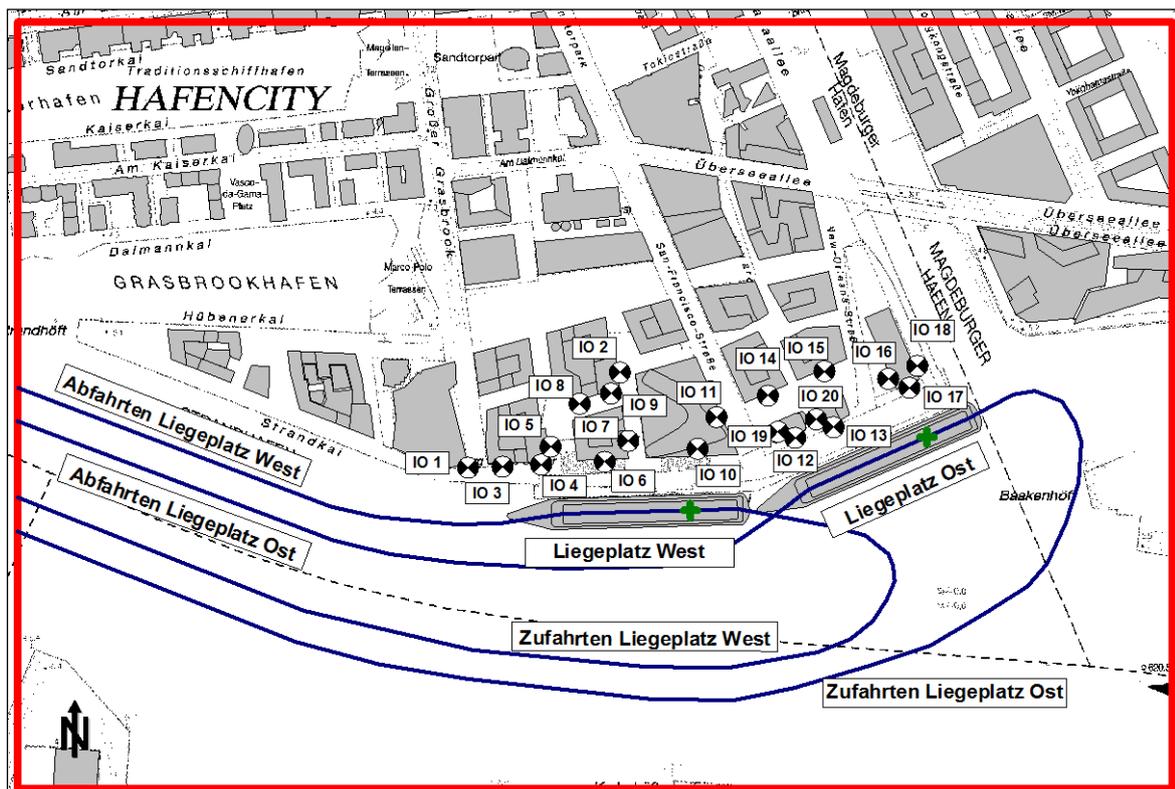
Die Darstellung erfolgt jeweils als Gesamtbelastung für unterschiedliche Höhenschichten, um den Einfluss der Schiffsemissionen aufgrund der Quellhöhe auch für obere Geschosse von Gebäuden abzubilden.

In der Anlage A 6 sind ergänzend flächendeckende Karten für die untersuchten Fälle 1 und 2 dargestellt.

Für Stickstoffdioxid (NO₂) werden die flächendeckenden NO₂-Immissionen als Gesamtbelastungen in den Rasterkarten dargestellt. Neben der Berücksichtigung in Bodennähe erfolgt auch eine Darstellung für obere Höhenschichten, in denen das Konzentrationsmaximum zu erwarten ist. Diese wurden in Abstimmung mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt auf Höhenlevel von 21 m – 24 m und 35 m – 40 m festgelegt.

Die Darstellung der Rasterkarten für die Kenngrößen Schwefeldioxid und Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) umfasst ebenfalls die Gesamtbelastungen im Jahresmittel in Bodennähe (Auswertehöhe 1,5 m) und in den gewählten oberen (s.o.) Höhenschichten.

6.5.2. Lage der Immissionsorte



6.5.3. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Jahresmittelwert J00)

Die aus der Romberg-Konversion ermittelten NO₂-Gesamtbelastungen für das Kreuzfahrtterminal Hafencity sind in der Tabelle 3 und der Abbildung 5 dargestellt. Die NO_x-Immissionen an den untersuchten Einzelpunkten sind in der Anlage A 5.1.1 aufgeführt.

Die Lage der Immissionsorte am Kreuzfahrterminal Hafencity kann dem Lageplan in A 1 und dem Abschnitt 6.5.2 entnommen werden.

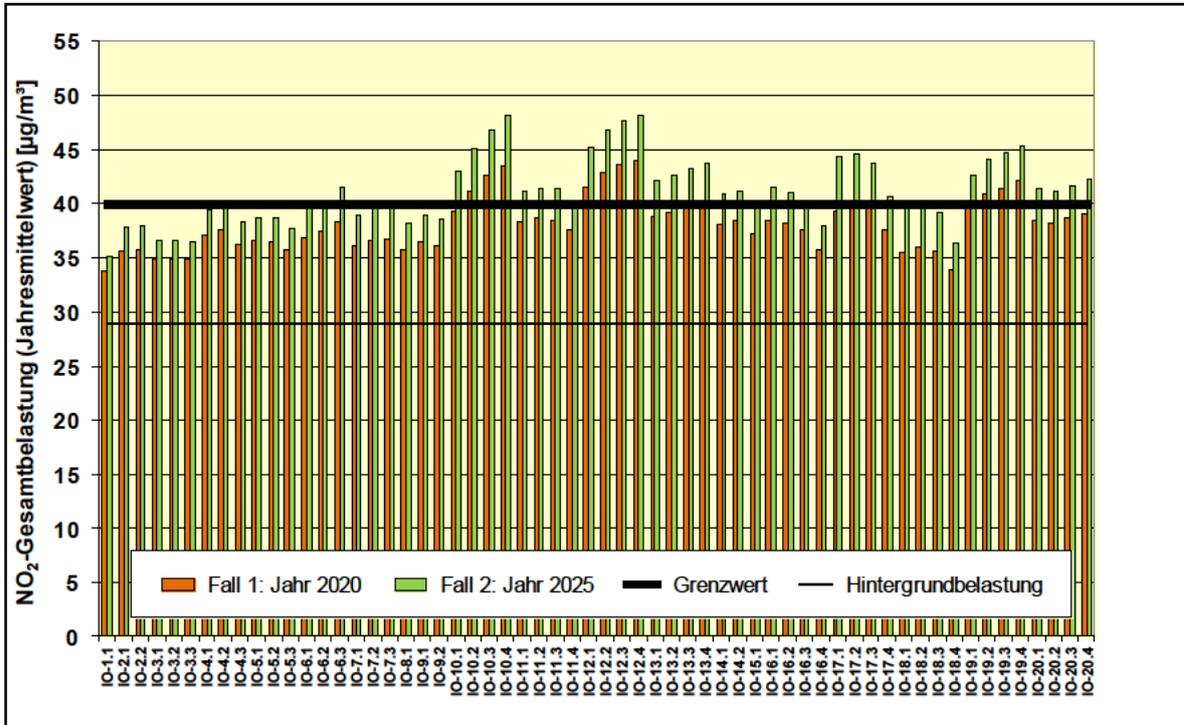
Ergänzende Rasterkarten der NO₂-Gesamtbelastungen für die Auswertehöhen 1,5 m, 22,5 m und 37,5 m zeigen die Rasterkarten der Anlage A 6.1.

Tabelle 3: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	29,0	8,9	33,8	11,5	35,2
IO-2.1	32,5	29,0	12,2	35,6	16,2	37,9
IO-2.2	42,5	29,0	12,5	35,7	16,5	38,0
IO-3.1	13,5	29,0	11,1	34,9	14,1	36,6
IO-3.2	19,5	29,0	10,9	34,9	14,1	36,6
IO-3.3	25,5	29,0	10,9	34,8	13,8	36,5
IO-4.1	28,5	29,0	14,9	37,1	18,9	39,4
IO-4.2	37,5	29,0	15,5	37,5	19,3	39,6
IO-4.3	47,5	29,0	13,3	36,2	17,0	38,3
IO-5.1	28,5	29,0	14,0	36,6	17,7	38,7
IO-5.2	37,5	29,0	13,9	36,5	17,6	38,7
IO-5.3	47,5	29,0	12,5	35,7	16,2	37,8
IO-6.1	13,5	29,0	14,6	36,9	19,3	39,6
IO-6.2	19,5	29,0	15,5	37,4	20,6	40,4
IO-6.3	25,5	29,0	17,1	38,3	22,6	41,6
IO-7.1	13,5	29,0	13,0	36,1	18,3	39,0
IO-7.2	19,5	29,0	14,0	36,6	19,4	39,7
IO-7.3	25,5	29,0	14,3	36,8	19,6	39,8
IO-8.1	25,5	29,0	12,6	35,8	16,7	38,2
IO-9.1	32,5	29,0	13,8	36,5	18,2	39,0
IO-9.2	42,5	29,0	13,0	36,1	17,4	38,5
IO-10.1	19,5	29,0	18,7	39,3	25,1	43,1
IO-10.2	25,5	29,0	21,8	41,1	28,5	45,1
IO-10.3	32,5	29,0	24,3	42,6	31,4	46,9
IO-10.4	37,5	29,0	25,8	43,5	33,4	48,2
IO-11.1	19,5	29,0	17,1	38,3	21,9	41,1
IO-11.2	25,5	29,0	17,7	38,7	22,5	41,5
IO-11.3	32,5	29,0	17,1	38,4	22,3	41,4
IO-11.4	37,5	29,0	15,5	37,5	20,3	40,2

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	29,0	22,6	41,6	28,7	45,3
IO-12.2	32,5	29,0	24,9	42,9	31,3	46,9
IO-12.3	37,5	29,0	26,0	43,6	32,7	47,7
IO-12.4	42,5	29,0	26,5	43,9	33,4	48,2
IO-13.1	19,5	29,0	17,9	38,8	23,5	42,1
IO-13.2	25,5	29,0	18,6	39,2	24,5	42,7
IO-13.3	32,5	29,0	19,5	39,7	25,4	43,3
IO-13.4	37,5	29,0	20,1	40,1	26,2	43,7
IO-14.1	22,5	29,0	16,7	38,1	21,5	40,9
IO-14.2	28,5	29,0	17,2	38,4	21,9	41,1
IO-15.1	28,5	29,0	15,1	37,2	19,7	39,9
IO-16.1	32,5	29,0	17,2	38,4	22,6	41,6
IO-16.2	42,5	29,0	16,7	38,2	21,7	41,0
IO-16.3	55,0	29,0	15,7	37,5	20,2	40,2
IO-16.4	70,0	29,0	12,5	35,7	16,4	38,0
IO-17.1	32,5	29,0	18,8	39,3	27,3	44,4
IO-17.2	42,5	29,0	19,5	39,7	27,5	44,6
IO-17.3	55,0	29,0	19,6	39,8	26,2	43,7
IO-17.4	70,0	29,0	15,7	37,6	21,1	40,7
IO-18.1	32,5	29,0	12,1	35,5	19,4	39,7
IO-18.2	42,5	29,0	12,9	36,0	20,5	40,3
IO-18.3	55,0	29,0	12,2	35,6	18,6	39,2
IO-18.4	70,0	29,0	9,2	33,9	13,6	36,4
IO-19.1	25,5	29,0	19,3	39,6	24,4	42,6
IO-19.2	32,5	29,0	21,5	40,9	26,9	44,2
IO-19.3	37,5	29,0	22,3	41,4	27,8	44,7
IO-19.4	42,5	29,0	23,5	42,1	28,9	45,4
IO-20.1	19,5	29,0	17,2	38,4	22,4	41,5
IO-20.2	25,5	29,0	16,7	38,2	21,8	41,1
IO-20.3	32,5	29,0	17,7	38,7	22,9	41,7
IO-20.4	37,5	29,0	18,4	39,1	23,9	42,3

Abbildung 5: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal HafenCity



Die höchsten NO₂-Immissionen mit bis zu etwa 44 µg/m³ (2020) bzw. 48 µg/m³ (2025) ergeben sich im Nahbereich der Liegeplätze (IO 10 und IO 12), wobei das Konzentrationsmaximum in einer Höhe von 32,5 m vorzufinden ist. Unter Berücksichtigung der gewählten NO₂-Hintergrundkonzentration wird der Grenzwert von 40 µg/m³ somit für den NO₂-Jahresmittelwert an einigen Immissionsorten überschritten.

6.5.4. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Stundenmittelwert S18)

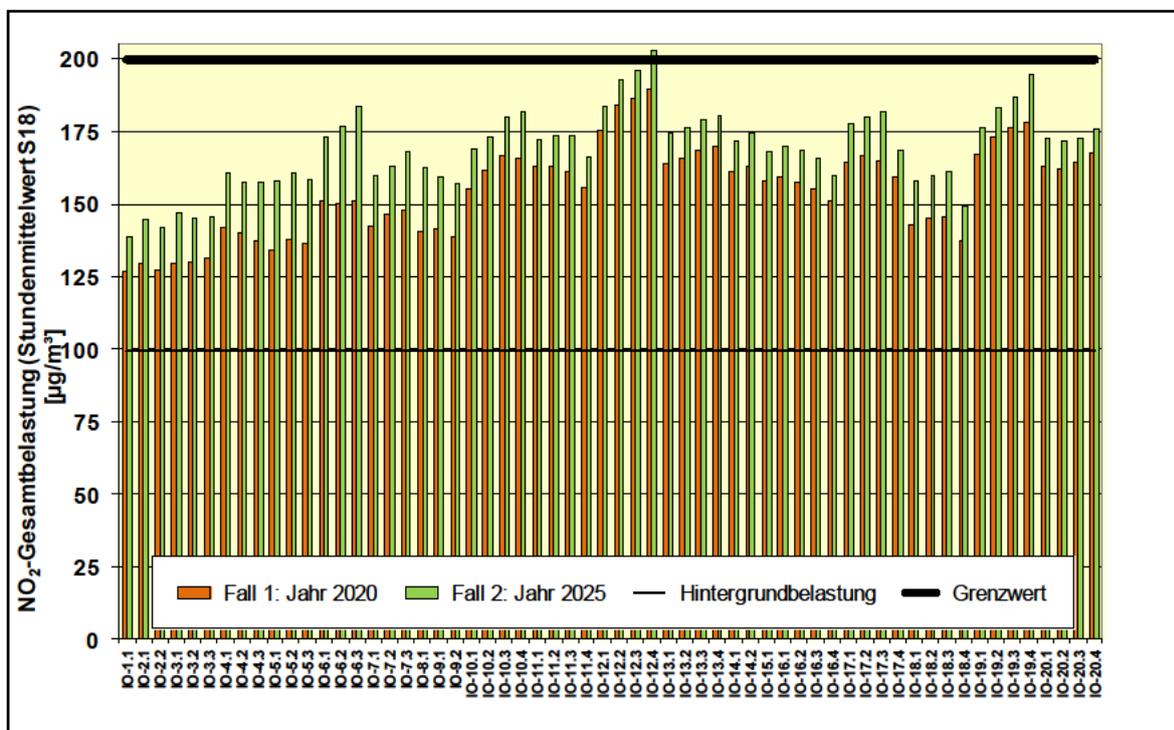
In der 39. BImSchV wurde für Stickstoffdioxid zusätzlich ein Kurzzeitbelastungswert von 200 µg/m³ festgelegt, der als Stundenmittel bis zu 18-mal im Jahr überschritten werden darf (im Folgenden als Kenngröße S18 bezeichnet). Die rechnerische Bestimmung ist gleichbedeutend mit der Bestimmung eines 99,8-Perzentilwertes. Anhand von Naturmessdaten kann der 99,8-Perzentilwert aus der Größe des 98-Perzentils unter Berücksichtigung der mittleren Steigung geschätzt werden (vgl. Abbildung 1). Der 98-Perzentil für NO₂ wurde aus der NO_x-Belastung nach der Romberg-Formel (siehe Abschnitt 6.3) berechnet. Die 98-Perzentile der NO_x-Gesamtbelastungen wurden zur sicheren Seite durch eine Addition der Zusatzbelastungen und der Hintergrundbelastung ermittelt. Dies stellt eine bewusste Überschätzung dar. Die entsprechenden Ergebnisse für die 98-Perzentilwerte der NO_x-Immissionen sind in Anlage A 5.1.2 dargestellt.

Tabelle 4: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18), Kreuzfahrtterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Stundenmittelwert S18) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	99,5	87,4	127,0	110,3	138,8
IO-2.1	32,5	99,5	93,4	129,9	120,7	145,0
IO-2.2	42,5	99,5	88,0	127,3	116,0	142,1
IO-3.1	13,5	99,5	93,4	129,8	123,4	146,8
IO-3.2	19,5	99,5	94,4	130,3	121,4	145,5
IO-3.3	25,5	99,5	96,5	131,4	122,0	145,8
IO-4.1	28,5	99,5	115,4	141,8	142,9	160,6
IO-4.2	37,5	99,5	112,9	140,3	139,5	158,0
IO-4.3	47,5	99,5	107,5	137,2	138,7	157,4
IO-5.1	28,5	99,5	102,6	134,5	139,7	158,1
IO-5.2	37,5	99,5	108,7	137,9	143,4	160,9
IO-5.3	47,5	99,5	105,8	136,3	140,6	158,8
IO-6.1	13,5	99,5	129,9	151,1	158,9	173,4
IO-6.2	19,5	99,5	128,9	150,4	163,4	177,2
IO-6.3	25,5	99,5	130,2	151,3	170,9	183,8
IO-7.1	13,5	99,5	116,2	142,3	142,0	159,9
IO-7.2	19,5	99,5	123,2	146,6	146,5	163,3
IO-7.3	25,5	99,5	124,9	147,7	153,0	168,5
IO-8.1	25,5	99,5	113,4	140,5	145,9	162,9
IO-9.1	32,5	99,5	114,7	141,3	141,3	159,4
IO-9.2	42,5	99,5	109,9	138,5	137,9	156,8
IO-10.1	19,5	99,5	135,7	155,2	154,0	169,3
IO-10.2	25,5	99,5	144,3	161,6	158,6	173,1
IO-10.3	32,5	99,5	150,7	166,7	166,7	180,1
IO-10.4	37,5	99,5	149,4	165,6	168,5	181,7
IO-11.1	19,5	99,5	146,2	163,1	158,1	172,7
IO-11.2	25,5	99,5	146,3	163,2	159,1	173,6
IO-11.3	32,5	99,5	143,8	161,2	159,4	173,8
IO-11.4	37,5	99,5	136,3	155,6	150,2	166,2

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Stundenmittelwert S18) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	99,5	161,1	175,3	170,9	183,8
IO-12.2	32,5	99,5	171,1	184,1	181,2	193,1
IO-12.3	37,5	99,5	174,2	186,8	184,8	196,5
IO-12.4	42,5	99,5	177,2	189,5	191,7	203,0
IO-13.1	19,5	99,5	147,3	163,9	160,5	174,8
IO-13.2	25,5	99,5	149,4	165,6	162,3	176,3
IO-13.3	32,5	99,5	153,2	168,7	165,8	179,4
IO-13.4	37,5	99,5	154,7	169,9	167,1	180,4
IO-14.1	22,5	99,5	144,0	161,4	156,8	171,6
IO-14.2	28,5	99,5	146,4	163,3	160,3	174,6
IO-15.1	28,5	99,5	139,7	158,1	152,6	168,2
IO-16.1	32,5	99,5	141,3	159,3	154,6	169,8
IO-16.2	42,5	99,5	139,1	157,7	153,1	168,6
IO-16.3	55,0	99,5	135,6	155,1	149,6	165,8
IO-16.4	70,0	99,5	130,0	151,2	142,3	160,0
IO-17.1	32,5	99,5	147,9	164,5	164,3	178,0
IO-17.2	42,5	99,5	150,7	166,7	166,5	179,9
IO-17.3	55,0	99,5	148,5	164,9	169,1	182,2
IO-17.4	70,0	99,5	141,5	159,5	153,2	168,6
IO-18.1	32,5	99,5	117,3	142,9	139,7	158,1
IO-18.2	42,5	99,5	121,1	145,3	142,3	160,1
IO-18.3	55,0	99,5	122,1	145,9	143,6	161,1
IO-18.4	70,0	99,5	108,1	137,5	127,7	149,6
IO-19.1	25,5	99,5	151,9	167,7	162,2	176,2
IO-19.2	32,5	99,5	158,6	173,2	170,3	183,3
IO-19.3	37,5	99,5	162,0	176,1	174,8	187,3
IO-19.4	42,5	99,5	164,5	178,2	182,9	194,7
IO-20.1	19,5	99,5	146,5	163,3	158,3	172,9
IO-20.2	25,5	99,5	144,8	162,0	156,6	171,5
IO-20.3	32,5	99,5	147,8	164,3	158,3	172,9
IO-20.4	37,5	99,5	152,1	167,8	161,7	175,8

Abbildung 6: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18), Kreuzfahrtterminal Hafencity



Sofern die Kenngröße S18 unterhalb des Immissionsgrenzwertes von 200 µg/m³ liegt, ist davon auszugehen, dass die zulässige Überschreitungshäufigkeit von 18 Stunden im Jahr eingehalten wird.

In der Tabelle 4 und der Abbildung 6 sind die NO₂-Kurzzeitbelastungen für das Kreuzfahrtterminal Hafencity aufgeführt.

Die Lage der Immissionsorte kann dem Lageplan A 1 in und Abschnitt 6.5.2 entnommen werden.

Insgesamt ergeben sich für den Stundenmittelwert maximale NO₂-Belastungen bis zu etwa 190 µg/m³ für das Jahr 2020 an der Bebauung nördlich des östlichen Liegeplatzes (IO 12). An den weiteren untersuchten Einzelpunkten treten geringere NO₂-Immissionen auf. Somit wird in diesem Fall der Grenzwert für den NO₂-Stundenmittelwert von 200 µg/m³ nicht überschritten.

Für das Jahr 2025 beträgt der maximale NO₂-Stundenmittelwert 203 µg/m³ und liegt somit über dem Grenzwert von 200 µg/m³. Dies betrifft ebenfalls die Bebauung direkt nördlich des Chicagokais (IO 12).

6.5.5. Schwefeldioxid-Belastungen (SO₂, Jahresmittelwert J00)

Flächendeckende Ergebnisse der bodennahen SO₂-Zusatzbelastung sind in den Rasterkarten der Anlage A 6.2 dargestellt.

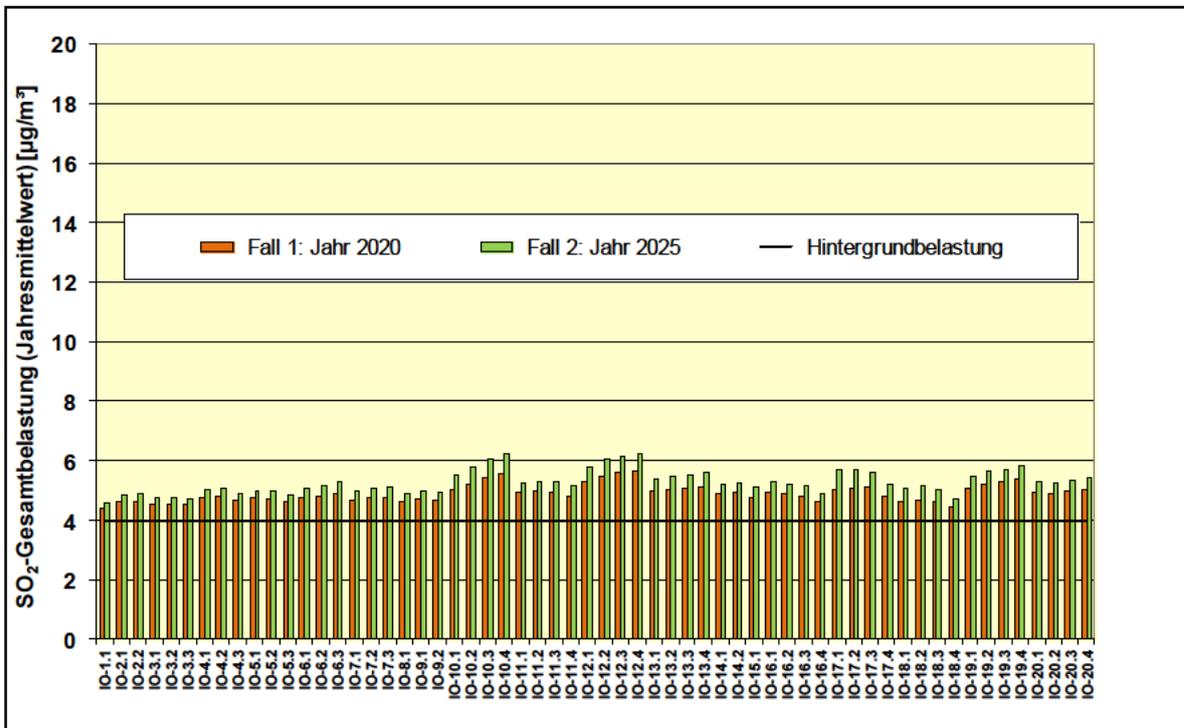
Ergebnisse der SO₂-Gesamtbelastung an den ausgewählten Einzelpunkten sind in der Tabelle 5 und in der Abbildung 7 zu finden.

Tabelle 5: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	4,0	0,4	4,4	0,6	4,6
IO-2.1	32,5	4,0	0,6	4,6	0,9	4,9
IO-2.2	42,5	4,0	0,7	4,7	0,9	4,9
IO-3.1	13,5	4,0	0,6	4,6	0,7	4,7
IO-3.2	19,5	4,0	0,6	4,6	0,7	4,7
IO-3.3	25,5	4,0	0,6	4,6	0,7	4,7
IO-4.1	28,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-4.2	37,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-4.3	47,5	4,0	0,7	4,7	0,9	4,9
IO-5.1	28,5	4,0	0,7	4,7	1,0	5,0
IO-5.2	37,5	4,0	0,7	4,7	1,0	5,0
IO-5.3	47,5	4,0	0,6	4,6	0,9	4,9
IO-6.1	13,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-6.2	19,5	4,0	0,8	4,8	1,2	5,2
IO-6.3	25,5	4,0	0,9	4,9	1,3	5,3
IO-7.1	13,5	4,0	0,7	4,7	1,0	5,0
IO-7.2	19,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-7.3	25,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-8.1	25,5	4,0	0,7	4,7	0,9	4,9
IO-9.1	32,5	4,0	0,7	4,7	1,0	5,0
IO-9.2	42,5	4,0	0,7	4,7	1,0	5,0
IO-10.1	19,5	4,0	1,0	5,0	1,5	5,5
IO-10.2	25,5	4,0	1,3	5,3	1,8	5,8
IO-10.3	32,5	4,0	1,5	5,5	2,1	6,1
IO-10.4	37,5	4,0	1,6	5,6	2,3	6,3
IO-11.1	19,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-11.2	25,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-11.3	32,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-11.4	37,5	4,0	0,8	4,8	1,2	5,2

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	4,0	1,3	5,3	1,8	5,8
IO-12.2	32,5	4,0	1,5	5,5	2,1	6,1
IO-12.3	37,5	4,0	1,6	5,6	2,2	6,2
IO-12.4	42,5	4,0	1,6	5,6	2,3	6,3
IO-13.1	19,5	4,0	1,0	5,0	1,4	5,4
IO-13.2	25,5	4,0	1,0	5,0	1,5	5,5
IO-13.3	32,5	4,0	1,1	5,1	1,6	5,6
IO-13.4	37,5	4,0	1,1	5,1	1,6	5,6
IO-14.1	22,5	4,0	0,9	4,9	1,3	5,3
IO-14.2	28,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-15.1	28,5	4,0	0,8	4,8	1,1	5,1
IO-16.1	32,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-16.2	42,5	4,0	0,9	4,9	1,3	5,3
IO-16.3	55,0	4,0	0,9	4,9	1,2	5,2
IO-16.4	70,0	4,0	0,7	4,7	0,9	4,9
IO-17.1	32,5	4,0	1,1	5,1	1,7	5,7
IO-17.2	42,5	4,0	1,1	5,1	1,7	5,7
IO-17.3	55,0	4,0	1,1	5,1	1,6	5,6
IO-17.4	70,0	4,0	0,9	4,9	1,2	5,2
IO-18.1	32,5	4,0	0,6	4,6	1,1	5,1
IO-18.2	42,5	4,0	0,7	4,7	1,2	5,2
IO-18.3	55,0	4,0	0,6	4,6	1,0	5,0
IO-18.4	70,0	4,0	0,5	4,5	0,7	4,7
IO-19.1	25,5	4,0	1,1	5,1	1,5	5,5
IO-19.2	32,5	4,0	1,3	5,3	1,7	5,7
IO-19.3	37,5	4,0	1,3	5,3	1,8	5,8
IO-19.4	42,5	4,0	1,4	5,4	1,8	5,8
IO-20.1	19,5	4,0	1,0	5,0	1,3	5,3
IO-20.2	25,5	4,0	0,9	4,9	1,3	5,3
IO-20.3	32,5	4,0	1,0	5,0	1,4	5,4
IO-20.4	37,5	4,0	1,0	5,0	1,4	5,4

Abbildung 7: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal HafenCity



Die SO₂-Gesamtbelastungen liegen in beiden untersuchten Fällen nur gering über der Hintergrundbelastung. Für das Jahr 2020 ergeben sich maximale SO₂-Jahresmittelwerte von 5,6 µg/m³. Für das Jahr 2025 betragen die SO₂-Immissionen bis zu 6,3 µg/m³. Somit werden nur geringe zusätzliche Immissionen durch die Liegezeiten der Schiffe und die An- und Ablegemanöver im Hafen hervorgerufen.

6.5.6. Schwefeldioxid-Belastungen (SO₂, Tagesmittelwert T03)

Die Kenngröße T03 beschreibt den Tagesmittelwert, der an 3 Tagen im Jahr überschritten wird (99,2-Perzentil der Tagesmittelwerte).

Zeitreihen für die Hintergrundbelastung liegen nicht vor, so dass eine detaillierte stunden-genaue Auswertung nicht erfolgen kann. Daher erfolgt eine Abschätzung unter Berücksichtigung einer pauschalen Hintergrundbelastung von 20 µg/m³, die zur berechneten Zusatzbelastung addiert wird (siehe Abschnitt 6.4). Diese Methode stellt eine bewusste Überschätzung dar, da sich bei einer detaillierten statistischen Auswertung niedrigere Werte ergeben. Dementsprechend werden die ermittelten Gesamtbelastungen im Sinne eines konservativen Ergebnisses die zu erwartende tatsächliche Situation überschätzen.

Die Ergebnisse der SO₂-Tagesmittelwerte sind in der Tabelle 6 und der Abbildung 8 dargestellt.

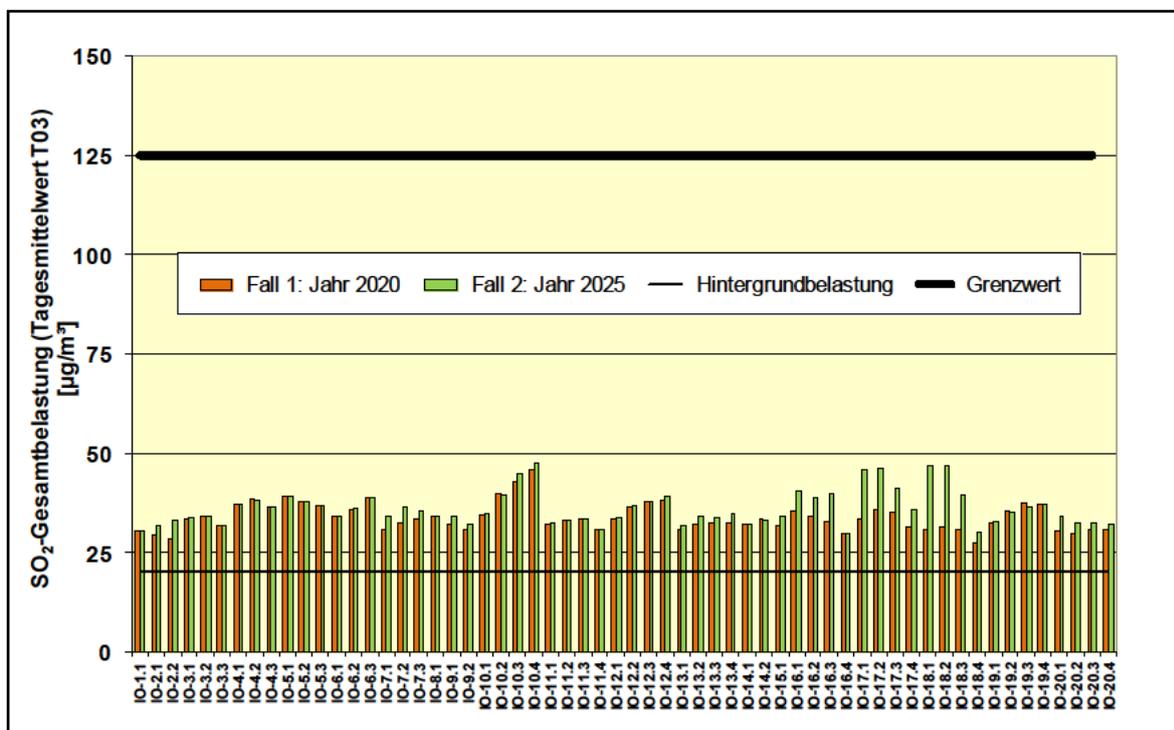
Für die Kenngröße T03 ergeben sich für das Jahr 2020 maximale SO₂-Tagesmittelwerte von ca. 46 µg/m³ und für das Jahr 2025 bis zu 48 µg/m³. Der Grenzwert für den SO₂-Tagesmittelwert von 125 µg/m³ wird dementsprechend unter Verwendung der gewählten Hintergrundbelastung deutlich unterschritten.

Tabelle 6: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Tagesmittelwert T03), Kreuzfahrtterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Tagesmittelwert T03) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	20,0	10,3	30,3	10,3	30,3
IO-2.1	32,5	20,0	9,5	29,5	12,0	32,0
IO-2.2	42,5	20,0	8,4	28,4	13,1	33,1
IO-3.1	13,5	20,0	13,5	33,5	13,7	33,7
IO-3.2	19,5	20,0	13,9	33,9	13,9	33,9
IO-3.3	25,5	20,0	12,0	32,0	12,0	32,0
IO-4.1	28,5	20,0	17,1	37,1	17,0	37,0
IO-4.2	37,5	20,0	18,5	38,5	18,3	38,3
IO-4.3	47,5	20,0	16,5	36,5	16,5	36,5
IO-5.1	28,5	20,0	19,1	39,1	19,1	39,1
IO-5.2	37,5	20,0	18,0	38,0	18,0	38,0
IO-5.3	47,5	20,0	16,7	36,7	16,7	36,7
IO-6.1	13,5	20,0	14,5	34,5	14,5	34,5
IO-6.2	19,5	20,0	16,0	36,0	16,3	36,3
IO-6.3	25,5	20,0	18,8	38,8	18,8	38,8
IO-7.1	13,5	20,0	10,6	30,6	14,3	34,3
IO-7.2	19,5	20,0	12,6	32,6	16,5	36,5
IO-7.3	25,5	20,0	13,5	33,5	15,7	35,7
IO-8.1	25,5	20,0	14,0	34,0	14,0	34,0
IO-9.1	32,5	20,0	12,3	32,3	13,9	33,9
IO-9.2	42,5	20,0	10,8	30,8	12,3	32,3
IO-10.1	19,5	20,0	14,6	34,6	14,9	34,9
IO-10.2	25,5	20,0	19,8	39,8	19,7	39,7
IO-10.3	32,5	20,0	22,9	42,9	24,7	44,7
IO-10.4	37,5	20,0	26,0	46,0	27,5	47,5
IO-11.1	19,5	20,0	12,1	32,1	12,5	32,5
IO-11.2	25,5	20,0	13,1	33,1	13,1	33,1
IO-11.3	32,5	20,0	13,4	33,4	13,4	33,4
IO-11.4	37,5	20,0	10,9	30,9	11,1	31,1

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Tagesmittelwert T03) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	20,0	13,3	33,3	13,8	33,8
IO-12.2	32,5	20,0	16,4	36,4	16,7	36,7
IO-12.3	37,5	20,0	18,0	38,0	17,9	37,9
IO-12.4	42,5	20,0	18,3	38,3	19,2	39,2
IO-13.1	19,5	20,0	11,0	31,0	11,8	31,8
IO-13.2	25,5	20,0	12,2	32,2	14,1	34,1
IO-13.3	32,5	20,0	12,4	32,4	13,7	33,7
IO-13.4	37,5	20,0	12,6	32,6	14,9	34,9
IO-14.1	22,5	20,0	12,1	32,1	12,1	32,1
IO-14.2	28,5	20,0	13,4	33,4	13,2	33,2
IO-15.1	28,5	20,0	12,0	32,0	14,4	34,4
IO-16.1	32,5	20,0	15,7	35,7	20,3	40,3
IO-16.2	42,5	20,0	14,0	34,0	19,0	39,0
IO-16.3	55,0	20,0	13,0	33,0	19,9	39,9
IO-16.4	70,0	20,0	9,7	29,7	9,7	29,7
IO-17.1	32,5	20,0	13,6	33,6	25,8	45,8
IO-17.2	42,5	20,0	15,7	35,7	26,4	46,4
IO-17.3	55,0	20,0	15,2	35,2	21,1	41,1
IO-17.4	70,0	20,0	11,6	31,6	15,7	35,7
IO-18.1	32,5	20,0	10,7	30,7	26,9	46,9
IO-18.2	42,5	20,0	11,5	31,5	26,9	46,9
IO-18.3	55,0	20,0	11,0	31,0	19,4	39,4
IO-18.4	70,0	20,0	7,6	27,6	9,9	29,9
IO-19.1	25,5	20,0	12,6	32,6	12,9	32,9
IO-19.2	32,5	20,0	15,5	35,5	15,2	35,2
IO-19.3	37,5	20,0	17,3	37,3	16,3	36,3
IO-19.4	42,5	20,0	17,2	37,2	17,0	37,0
IO-20.1	19,5	20,0	10,3	30,3	14,0	34,0
IO-20.2	25,5	20,0	9,7	29,7	12,6	32,6
IO-20.3	32,5	20,0	10,9	30,9	12,5	32,5
IO-20.4	37,5	20,0	10,9	30,9	12,1	32,1

Abbildung 8: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Tagesmittelwert T03), Kreuzfahrtterminal Hafencity



6.5.7. Schwefeldioxid-Belastungen (SO₂, Stundenmittelwert, S24)

Die Kenngröße S24 dient zur Beurteilung der Kurzzeitbelastungen und beschreibt den Stundenmittelwert, der an 24 Tagen im Jahr überschritten wird (99,7-Perzentil der Stundenmittelwerte).

Zeitreihen für die Hintergrundbelastung liegen nicht vor, so dass eine detaillierte stundengenaue Auswertung nicht erfolgen kann. Daher erfolgt eine Abschätzung unter Berücksichtigung einer pauschalen Hintergrundbelastung von 38 µg/m³, die zur berechneten Zusatzbelastung addiert wird (siehe Abschnitt 6.4). Diese Methode stellt eine bewusste Überschätzung dar, da sich bei einer detaillierten statistischen Auswertung niedrigere Werte ergeben. Dementsprechend werden die ermittelten Gesamtbelastungen im Sinne eines konservativen Ergebnisses die zu erwartende tatsächliche Situation überschätzen.

In der Tabelle 7 und der Abbildung 9 sind die SO₂-Stundenmittelwerte für das Kreuzfahrtterminal Hafencity zusammengefasst.

Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung von 38 µg/m³ ergeben sich die höchsten Gesamtbelastungen mit bis zu ca. 130 µg/m³ im Jahr 2020 an der Bebauung unmittelbar nördlich des westlichen Liegeplatzes (IO 10). Im Jahr 2025 treten die maximalen SO₂-Stundenmittelwerte ebenfalls an der Bebauung nördlich des westlichen Liegeplatzes (IO 10) mit Werten von bis zu 151 µg/m³ auf. An den weiteren untersuchten Einzelpunkten im Untersuchungsgebiet sind geringere SO₂-Stundenmittelwerte zu erwarten.

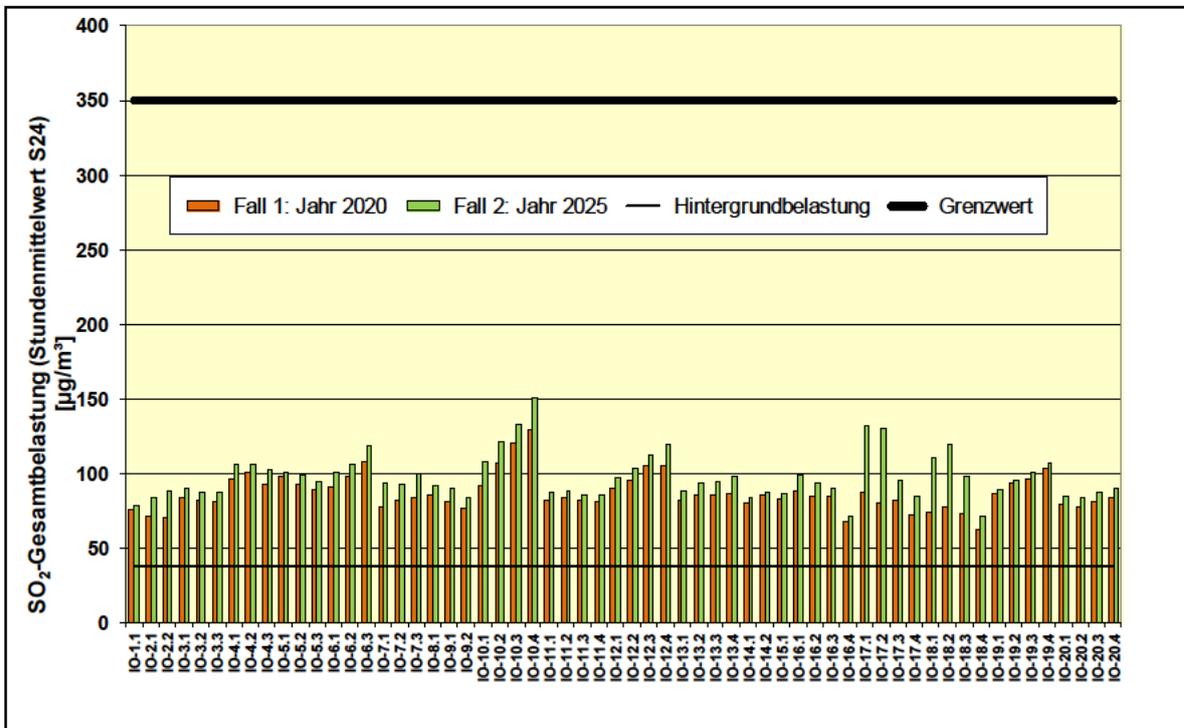
Somit wird in beiden Untersuchungsfällen der Immissionsgrenzwert des SO₂-Stundenmittelwertes von 350 µg/m³ an allen Immissionsorten nicht erreicht.

Tabelle 7: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S24), Kreuzfahrtterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Stundenmittelwert S24) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2025		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	38,0	38,4	76,4	40,5	78,5
IO-2.1	32,5	38,0	33,2	71,2	46,3	84,3
IO-2.2	42,5	38,0	32,8	70,8	50,2	88,2
IO-3.1	13,5	38,0	45,7	83,7	52,2	90,2
IO-3.2	19,5	38,0	44,1	82,1	49,7	87,7
IO-3.3	25,5	38,0	43,2	81,2	50,0	88,0
IO-4.1	28,5	38,0	58,5	96,5	68,7	106,7
IO-4.2	37,5	38,0	62,8	100,8	68,4	106,4
IO-4.3	47,5	38,0	54,3	92,3	65,1	103,1
IO-5.1	28,5	38,0	60,4	98,4	63,0	101,0
IO-5.2	37,5	38,0	55,3	93,3	61,1	99,1
IO-5.3	47,5	38,0	51,3	89,3	56,8	94,8
IO-6.1	13,5	38,0	52,9	90,9	62,9	100,9
IO-6.2	19,5	38,0	60,1	98,1	68,1	106,1
IO-6.3	25,5	38,0	69,9	107,9	80,2	118,2
IO-7.1	13,5	38,0	39,8	77,8	56,4	94,4
IO-7.2	19,5	38,0	43,8	81,8	55,1	93,1
IO-7.3	25,5	38,0	46,3	84,3	61,8	99,8
IO-8.1	25,5	38,0	47,7	85,7	53,8	91,8
IO-9.1	32,5	38,0	43,1	81,1	52,0	90,0
IO-9.2	42,5	38,0	38,9	76,9	45,6	83,6
IO-10.1	19,5	38,0	53,5	91,5	69,6	107,6
IO-10.2	25,5	38,0	68,9	106,9	82,7	120,7
IO-10.3	32,5	38,0	81,9	119,9	95,1	133,1
IO-10.4	37,5	38,0	91,5	129,5	113,0	151,0
IO-11.1	19,5	38,0	43,9	81,9	49,5	87,5
IO-11.2	25,5	38,0	46,5	84,5	50,8	88,8
IO-11.3	32,5	38,0	43,5	81,5	47,8	85,8
IO-11.4	37,5	38,0	43,1	81,1	47,6	85,6

Immissionsort	Höhe [m]	SO ₂ -Immissionen (Stundenmittelwert S24) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2025		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	38,0	52,4	90,4	59,0	97,0
IO-12.2	32,5	38,0	57,9	95,9	65,9	103,9
IO-12.3	37,5	38,0	67,7	105,7	74,8	112,8
IO-12.4	42,5	38,0	67,8	105,8	81,2	119,2
IO-13.1	19,5	38,0	43,9	81,9	50,3	88,3
IO-13.2	25,5	38,0	48,0	86,0	56,5	94,5
IO-13.3	32,5	38,0	48,2	86,2	57,3	95,3
IO-13.4	37,5	38,0	48,6	86,6	60,1	98,1
IO-14.1	22,5	38,0	42,2	80,2	45,9	83,9
IO-14.2	28,5	38,0	47,8	85,8	49,6	87,6
IO-15.1	28,5	38,0	44,9	82,9	49,2	87,2
IO-16.1	32,5	38,0	50,7	88,7	60,7	98,7
IO-16.2	42,5	38,0	47,2	85,2	55,8	93,8
IO-16.3	55,0	38,0	46,7	84,7	51,8	89,8
IO-16.4	70,0	38,0	29,9	67,9	33,0	71,0
IO-17.1	32,5	38,0	49,5	87,5	94,4	132,4
IO-17.2	42,5	38,0	42,5	80,5	92,4	130,4
IO-17.3	55,0	38,0	44,2	82,2	58,1	96,1
IO-17.4	70,0	38,0	34,4	72,4	47,0	85,0
IO-18.1	32,5	38,0	36,4	74,4	72,7	110,7
IO-18.2	42,5	38,0	39,6	77,6	81,6	119,6
IO-18.3	55,0	38,0	34,8	72,8	60,4	98,4
IO-18.4	70,0	38,0	24,1	62,1	33,2	71,2
IO-19.1	25,5	38,0	49,1	87,1	51,4	89,4
IO-19.2	32,5	38,0	56,0	94,0	57,6	95,6
IO-19.3	37,5	38,0	58,5	96,5	62,9	100,9
IO-19.4	42,5	38,0	65,6	103,6	69,0	107,0
IO-20.1	19,5	38,0	41,5	79,5	46,8	84,8
IO-20.2	25,5	38,0	39,9	77,9	45,1	83,1
IO-20.3	32,5	38,0	42,9	80,9	49,6	87,6
IO-20.4	37,5	38,0	45,1	83,1	51,7	89,7

Abbildung 9: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S24), Kreuzfahrtterminal Hafencity



6.5.8. Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Eine flächenhafte Darstellung der PM₁₀-Zusatzbelastung findet sich in den Rasterkarten der Anlage A 6.3. Die Ergebnisse der PM₁₀-Gesamtbelastungen für die untersuchten Immissionsorte sind in der Tabelle 8 sowie in der Abbildung 10 dargestellt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass an allen Einzelpunkten und in allen Höhenschichten die Zusatzbelastungen für das Jahr 2020 unterhalb 1 µg/m³ liegen. Für das Jahr 2025 liegen die Zusatzbelastungen nur knapp oberhalb von 1 µg/m³.

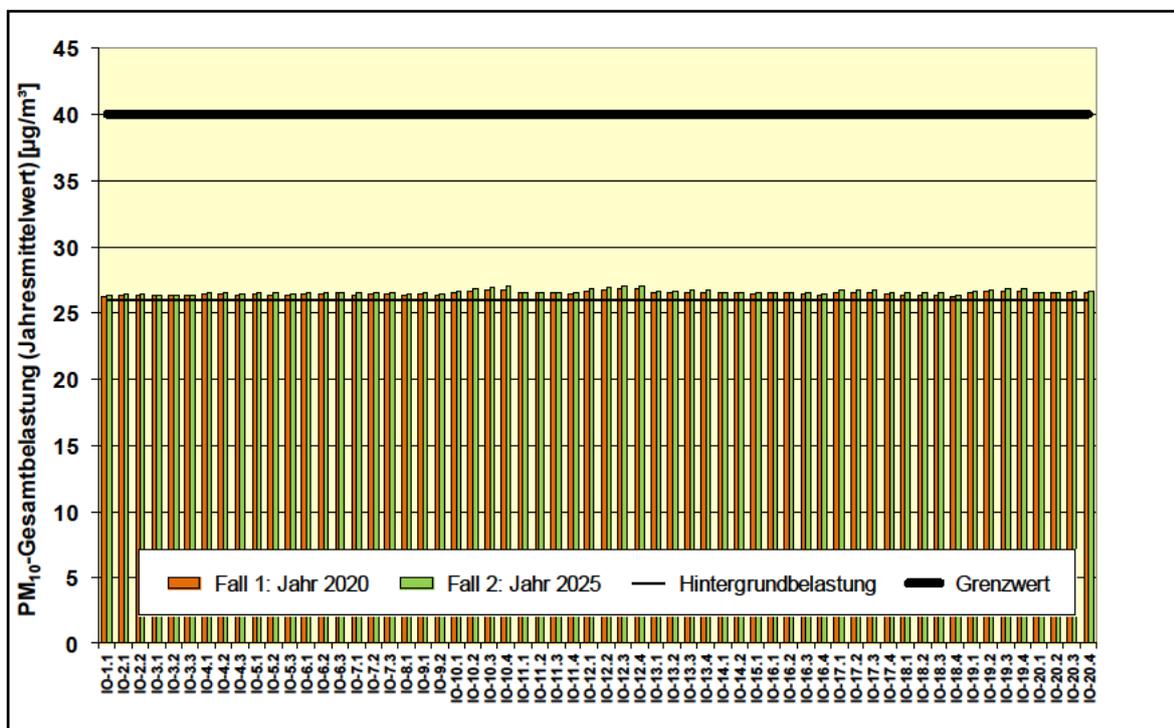
Der Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ wird in beiden untersuchten Fällen überall deutlich unterschritten.

Tabelle 8: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	26,0	0,2	26,2	0,3	26,3
IO-2.1	32,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-2.2	42,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-3.1	13,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-3.2	19,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-3.3	25,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-4.1	28,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-4.2	37,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-4.3	47,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-5.1	28,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-5.2	37,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-5.3	47,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-6.1	13,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-6.2	19,5	26,0	0,4	26,4	0,6	26,6
IO-6.3	25,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-7.1	13,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-7.2	19,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-7.3	25,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-8.1	25,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-9.1	32,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-9.2	42,5	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-10.1	19,5	26,0	0,5	26,5	0,7	26,7
IO-10.2	25,5	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-10.3	32,5	26,0	0,8	26,8	1,0	27,0
IO-10.4	37,5	26,0	0,8	26,8	1,1	27,1
IO-11.1	19,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-11.2	25,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-11.3	32,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-11.4	37,5	26,0	0,4	26,4	0,6	26,6

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	26,0	0,7	26,7	0,9	26,9
IO-12.2	32,5	26,0	0,8	26,8	1,0	27,0
IO-12.3	37,5	26,0	0,8	26,8	1,1	27,1
IO-12.4	42,5	26,0	0,9	26,9	1,1	27,1
IO-13.1	19,5	26,0	0,5	26,5	0,7	26,7
IO-13.2	25,5	26,0	0,5	26,5	0,7	26,7
IO-13.3	32,5	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-13.4	37,5	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-14.1	22,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-14.2	28,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-15.1	28,5	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-16.1	32,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-16.2	42,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-16.3	55,0	26,0	0,4	26,4	0,5	26,5
IO-16.4	70,0	26,0	0,3	26,3	0,4	26,4
IO-17.1	32,5	26,0	0,5	26,5	0,8	26,8
IO-17.2	42,5	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-17.3	55,0	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-17.4	70,0	26,0	0,4	26,4	0,6	26,6
IO-18.1	32,5	26,0	0,3	26,3	0,5	26,5
IO-18.2	42,5	26,0	0,4	26,4	0,6	26,6
IO-18.3	55,0	26,0	0,3	26,3	0,5	26,5
IO-18.4	70,0	26,0	0,2	26,2	0,3	26,3
IO-19.1	25,5	26,0	0,6	26,6	0,7	26,7
IO-19.2	32,5	26,0	0,6	26,6	0,8	26,8
IO-19.3	37,5	26,0	0,7	26,7	0,8	26,8
IO-19.4	42,5	26,0	0,7	26,7	0,9	26,9
IO-20.1	19,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-20.2	25,5	26,0	0,5	26,5	0,6	26,6
IO-20.3	32,5	26,0	0,5	26,5	0,7	26,7
IO-20.4	37,5	26,0	0,5	26,5	0,7	26,7

Abbildung 10: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity



6.5.9. Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)

Zur Beurteilung der Tagesmittelwerte der Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen wurde die Anzahl der Tage abgeschätzt, an denen der Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ überschritten wird.

Hierfür wurde die Näherungskurve „best fit“ (BAST, 2005) zugrunde gelegt (siehe Abschnitt 4.)

Die Ergebnisse sind für die untersuchten Immissionsorte am Kreuzfahrtterminal Hafencity sind der Tabelle 9 und der Abbildung 11 zu entnehmen.

Es zeigt sich, dass die zulässige Anzahl von 35 Überschreitungstagen im Jahr in beiden Untersuchungsfällen nicht erreicht wird.

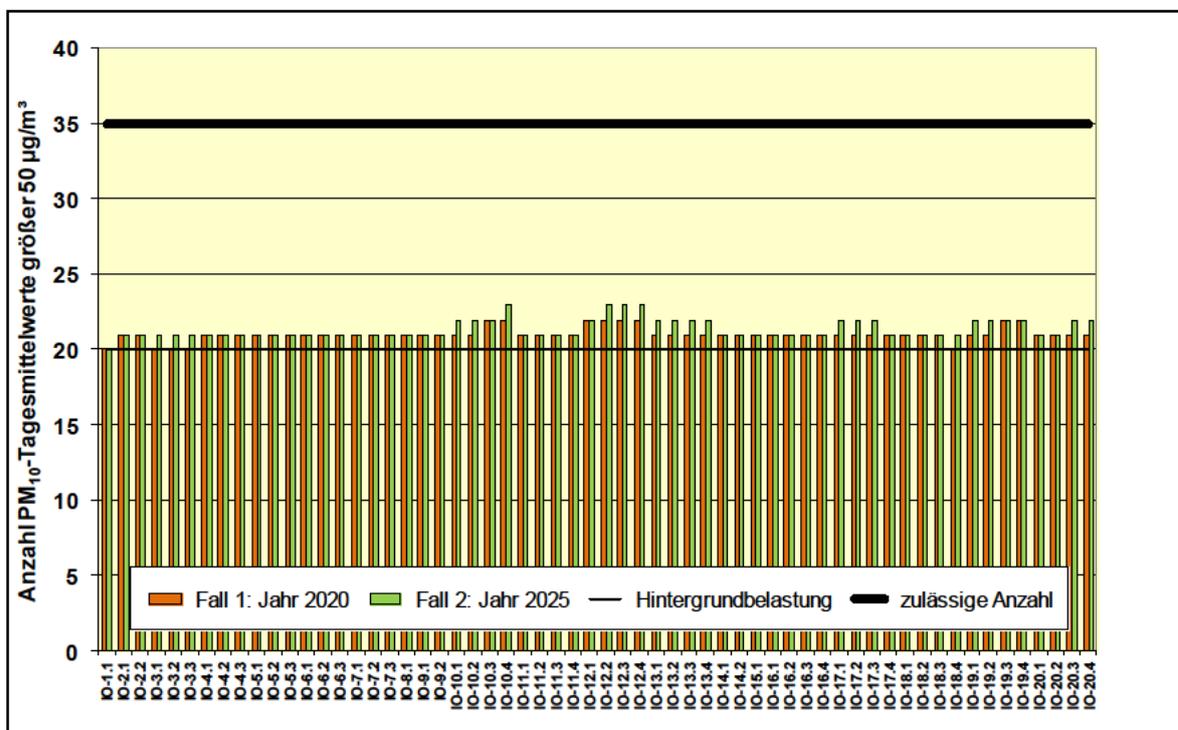
Im Jahr 2020 ist mit lediglich zwei zusätzlichen Überschreitungstagen gegenüber der Hintergrundbelastung von 20 Überschreitungstagen im Jahr zu rechnen. Im Jahr 2025 werden bis zu drei zusätzliche Überschreitungstage prognostiziert.

Tabelle 9: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Anzahl Tage > 50 µg/m³), Kreuzfahrtterminal HafenCity

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen, Anzahl Tagesmittelwerte größer 50 µg/m ³				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	20	0	20	0	20
IO-2.1	32,5	20	0	21	0	21
IO-2.2	42,5	20	0	21	0	21
IO-3.1	13,5	20	0	20	0	21
IO-3.2	19,5	20	0	20	0	21
IO-3.3	25,5	20	0	20	0	21
IO-4.1	28,5	20	0	21	1	21
IO-4.2	37,5	20	0	21	1	21
IO-4.3	47,5	20	0	21	0	21
IO-5.1	28,5	20	0	21	0	21
IO-5.2	37,5	20	0	21	0	21
IO-5.3	47,5	20	0	21	0	21
IO-6.1	13,5	20	0	21	1	21
IO-6.2	19,5	20	0	21	1	21
IO-6.3	25,5	20	0	21	1	21
IO-7.1	13,5	20	0	21	0	21
IO-7.2	19,5	20	0	21	1	21
IO-7.3	25,5	20	0	21	1	21
IO-8.1	25,5	20	0	21	0	21
IO-9.1	32,5	20	0	21	0	21
IO-9.2	42,5	20	0	21	0	21
IO-10.1	19,5	20	1	21	1	22
IO-10.2	25,5	20	1	21	1	22
IO-10.3	32,5	20	1	22	1	22
IO-10.4	37,5	20	1	22	1	23
IO-11.1	19,5	20	1	21	1	21
IO-11.2	25,5	20	1	21	1	21
IO-11.3	32,5	20	1	21	1	21
IO-11.4	37,5	20	0	21	1	21

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen, Anzahl Tagesmittelwerte größer 50 µg/m ³				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	20	1	22	1	22
IO-12.2	32,5	20	1	22	1	23
IO-12.3	37,5	20	1	22	1	23
IO-12.4	42,5	20	1	22	1	23
IO-13.1	19,5	20	1	21	1	22
IO-13.2	25,5	20	1	21	1	22
IO-13.3	32,5	20	1	21	1	22
IO-13.4	37,5	20	1	21	1	22
IO-14.1	22,5	20	0	21	1	21
IO-14.2	28,5	20	1	21	1	21
IO-15.1	28,5	20	0	21	1	21
IO-16.1	32,5	20	0	21	1	21
IO-16.2	42,5	20	0	21	1	21
IO-16.3	55,0	20	0	21	1	21
IO-16.4	70,0	20	0	21	0	21
IO-17.1	32,5	20	1	21	1	22
IO-17.2	42,5	20	1	21	1	22
IO-17.3	55,0	20	1	21	1	22
IO-17.4	70,0	20	0	21	1	21
IO-18.1	32,5	20	0	21	1	21
IO-18.2	42,5	20	0	21	1	21
IO-18.3	55,0	20	0	21	1	21
IO-18.4	70,0	20	0	20	0	21
IO-19.1	25,5	20	1	21	1	22
IO-19.2	32,5	20	1	21	1	22
IO-19.3	37,5	20	1	22	1	22
IO-19.4	42,5	20	1	22	1	22
IO-20.1	19,5	20	1	21	1	21
IO-20.2	25,5	20	0	21	1	21
IO-20.3	32,5	20	1	21	1	22
IO-20.4	37,5	20	1	21	1	22

Abbildung 11: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Anzahl Tage > 50 µg/m³), Kreuzfahrtterminal HafenCity



6.5.10. Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

In der Tabelle 10 und der Abbildung 12 sind die Ergebnisse der PM_{2,5}-Gesamtbelastung abgebildet.

Ergänzende flächenhafte Darstellungen der PM_{2,5}- Zusatzbelastungen zeigen die Rasterkarten in Anlage A 6.3.

Die PM_{2,5}-Gesamtbelastungen werden maßgebend durch die großräumige Hintergrundbelastung bestimmt. Die PM_{2,5}-Zusatzbelastungen sind mit den zusätzlichen PM₁₀-Immissionen identisch und liegen somit für das Jahr 2020 unterhalb 1 µg/m³ und für das Jahr 2025 knapp oberhalb von 1 µg/m³.

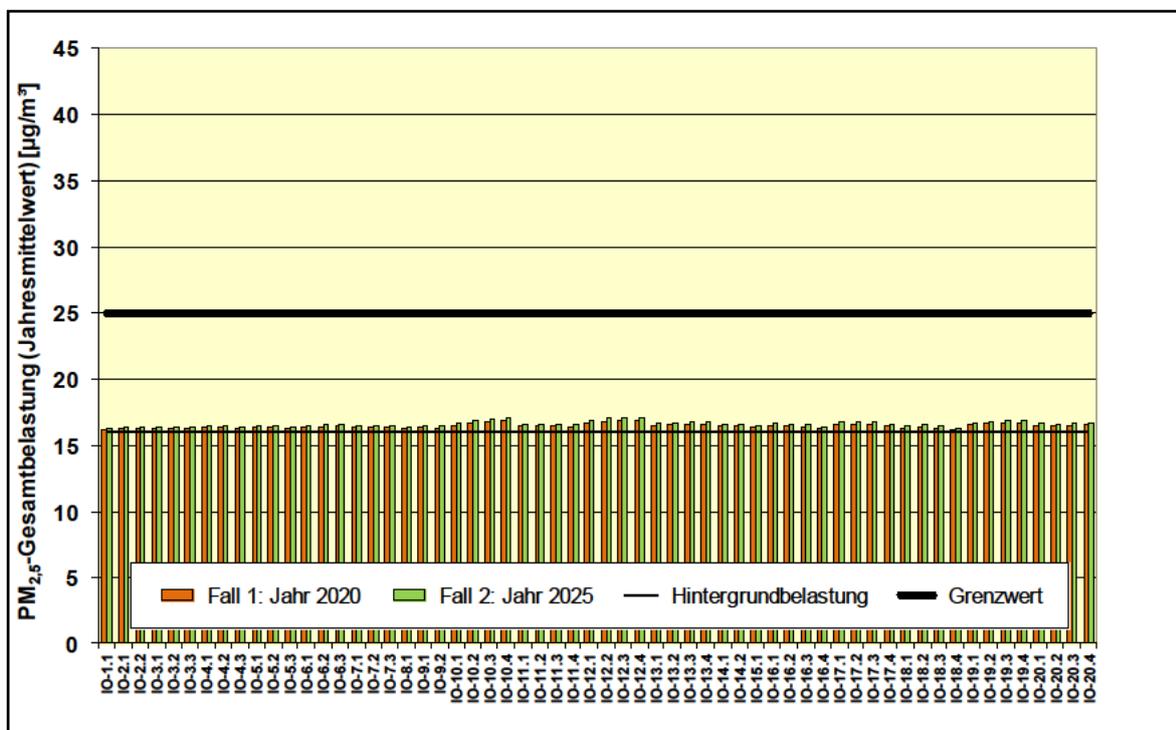
Der Immissionsgrenzwert von 25 µg/m³ wird im Fall 1 und im Fall 2 an allen Immissionsorten sicher eingehalten.

Tabelle 10: Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM _{2,5})-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	16,0	0,2	16,2	0,3	16,3
IO-2.1	32,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-2.2	42,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-3.1	13,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-3.2	19,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-3.3	25,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-4.1	28,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-4.2	37,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-4.3	47,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-5.1	28,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-5.2	37,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-5.3	47,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-6.1	13,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-6.2	19,5	16,0	0,4	16,4	0,6	16,6
IO-6.3	25,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-7.1	13,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-7.2	19,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-7.3	25,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-8.1	25,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-9.1	32,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-9.2	42,5	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-10.1	19,5	16,0	0,5	16,5	0,7	16,7
IO-10.2	25,5	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-10.3	32,5	16,0	0,8	16,8	1,0	17,0
IO-10.4	37,5	16,0	0,8	16,8	1,1	17,1
IO-11.1	19,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-11.2	25,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-11.3	32,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-11.4	37,5	16,0	0,4	16,4	0,6	16,6

Immissionsort	Höhe [m]	Feinstaub (PM _{2,5})-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	16,0	0,7	16,7	0,9	16,9
IO-12.2	32,5	16,0	0,8	16,8	1,0	17,0
IO-12.3	37,5	16,0	0,8	16,8	1,1	17,1
IO-12.4	42,5	16,0	0,9	16,9	1,1	17,1
IO-13.1	19,5	16,0	0,5	16,5	0,7	16,7
IO-13.2	25,5	16,0	0,5	16,5	0,7	16,7
IO-13.3	32,5	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-13.4	37,5	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-14.1	22,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-14.2	28,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-15.1	28,5	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-16.1	32,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-16.2	42,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-16.3	55,0	16,0	0,4	16,4	0,5	16,5
IO-16.4	70,0	16,0	0,3	16,3	0,4	16,4
IO-17.1	32,5	16,0	0,5	16,5	0,8	16,8
IO-17.2	42,5	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-17.3	55,0	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-17.4	70,0	16,0	0,4	16,4	0,6	16,6
IO-18.1	32,5	16,0	0,3	16,3	0,5	16,5
IO-18.2	42,5	16,0	0,4	16,4	0,6	16,6
IO-18.3	55,0	16,0	0,3	16,3	0,5	16,5
IO-18.4	70,0	16,0	0,2	16,2	0,3	16,3
IO-19.1	25,5	16,0	0,6	16,6	0,7	16,7
IO-19.2	32,5	16,0	0,6	16,6	0,8	16,8
IO-19.3	37,5	16,0	0,7	16,7	0,8	16,8
IO-19.4	42,5	16,0	0,7	16,7	0,9	16,9
IO-20.1	19,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-20.2	25,5	16,0	0,5	16,5	0,6	16,6
IO-20.3	32,5	16,0	0,5	16,5	0,7	16,7
IO-20.4	37,5	16,0	0,5	16,5	0,7	16,7

Abbildung 12: Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity



6.6. Reduktionsfaktoren nach RLU5

Für zukünftige Jahre ist im Allgemeinen mit sinkenden Hintergrundbelastungen zu rechnen. Dazu stehen nach RLU5 je nach Schadstoff gebietsbezogene Reduktionsfaktoren zur Verfügung [21].

Für den Schadstoff NO₂ wurde in diesem Fall die Hintergrundbelastung von 29 µg/m³ für das Jahr 2015 als konservativer Ansatz gewählt. Mit dem Ansatz, dass im Jahr 2020 die Hintergrundbelastung im Vergleich zum Jahr 2015 um 15 % niedriger ist, erhält man für den Schadstoff NO₂ eine Hintergrundbelastung von 24,7 µg/m³. Für das Jahr 2025 wird von einer Minderung von 20 % im Vergleich zum Jahr 2015 ausgegangen. Dies bedeutet für das Jahr 2025 eine Hintergrundbelastung von 23,2 µg/m³.

Die Ergebnisse zeigen, dass es trotz der Reduktionsfaktoren noch zu einigen Überschreitungen kommt. Die höchsten NO₂-Immissionen mit bis zu etwa 41 µg/m³ (2020) bzw. 45 µg/m³ (2025) ergeben sich im Nahbereich der Liegeplätze (IO 10 und IO 12), wobei das Konzentrationsmaximum in einer Höhe von 32,5 m vorzufinden ist. Unter Berücksichtigung der gewählten NO₂-Hintergrundkonzentration wird der Grenzwert von 40 µg/m³ somit für den NO₂-Jahresmittelwert an einigen Immissionsorten überschritten.

Ergänzende Rasterkarten der NO₂-Gesamtbelastungen mit reduzierten Hintergrundbelastungen für die Auswertehöhen 1,5 m, 22,5 m und 37,5 m zeigen die Rasterkarten der Anlage A 7.

Tabelle 11: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity, Vergleich von einer gleichbleibenden Hintergrundkonzentration mit einer nach RLUS reduzierten

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]									
		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020					Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025				
		Zusatzbel.	Hintergrundbel.	Gesamtbel.	Hintergrundbel. reduziert	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Hintergrundbel.	Gesamtbel.	Hintergrundbel. reduziert	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	8,9	29,0	33,8	24,7	30,0	11,5	29,0	35,2	23,2	30,3
IO-2.1	32,5	12,2	29,0	35,6	24,7	32,0	16,2	29,0	37,9	23,2	33,4
IO-2.2	42,5	12,5	29,0	35,7	24,7	32,2	16,5	29,0	38,0	23,2	33,5
IO-3.1	13,5	11,1	29,0	34,9	24,7	31,3	14,1	29,0	36,6	23,2	32,0
IO-3.2	19,5	10,9	29,0	34,9	24,7	31,3	14,1	29,0	36,6	23,2	32,0
IO-3.3	25,5	10,9	29,0	34,8	24,7	31,2	13,8	29,0	36,5	23,2	31,8
IO-4.1	28,5	14,9	29,0	37,1	24,7	33,7	18,9	29,0	39,4	23,2	35,2
IO-4.2	37,5	15,5	29,0	37,5	24,7	34,1	19,3	29,0	39,6	23,2	35,4
IO-4.3	47,5	13,3	29,0	36,2	24,7	32,7	17,0	29,0	38,3	23,2	33,9
IO-5.1	28,5	14,0	29,0	36,6	24,7	33,2	17,7	29,0	38,7	23,2	34,3
IO-5.2	37,5	13,9	29,0	36,5	24,7	33,1	17,6	29,0	38,7	23,2	34,3
IO-5.3	47,5	12,5	29,0	35,7	24,7	32,2	16,2	29,0	37,8	23,2	33,3
IO-6.1	13,5	14,6	29,0	36,9	24,7	33,5	19,3	29,0	39,6	23,2	35,4
IO-6.2	19,5	15,5	29,0	37,4	24,7	34,1	20,6	29,0	40,4	23,2	36,3
IO-6.3	25,5	17,1	29,0	38,3	24,7	35,1	22,6	29,0	41,6	23,2	37,6
IO-7.1	13,5	13,0	29,0	36,1	24,7	32,6	18,3	29,0	39,0	23,2	34,7
IO-7.2	19,5	14,0	29,0	36,6	24,7	33,2	19,4	29,0	39,7	23,2	35,4
IO-7.3	25,5	14,3	29,0	36,8	24,7	33,3	19,6	29,0	39,8	23,2	35,6
IO-8.1	25,5	12,6	29,0	35,8	24,7	32,3	16,7	29,0	38,2	23,2	33,7
IO-9.1	32,5	13,8	29,0	36,5	24,7	33,0	18,2	29,0	39,0	23,2	34,7
IO-9.2	42,5	13,0	29,0	36,1	24,7	32,6	17,4	29,0	38,5	23,2	34,1
IO-10.1	19,5	18,7	29,0	39,3	24,7	36,1	25,1	29,0	43,1	23,2	39,3
IO-10.2	25,5	21,8	29,0	41,1	24,7	38,1	28,5	29,0	45,1	23,2	41,6
IO-10.3	32,5	24,3	29,0	42,6	24,7	39,7	31,4	29,0	46,9	23,2	43,6
IO-10.4	37,5	25,8	29,0	43,5	24,7	40,7	33,4	29,0	48,2	23,2	45,0
IO-11.1	19,5	17,1	29,0	38,3	24,7	35,1	21,9	29,0	41,1	23,2	37,1
IO-11.2	25,5	17,7	29,0	38,7	24,7	35,5	22,5	29,0	41,5	23,2	37,5
IO-11.3	32,5	17,1	29,0	38,4	24,7	35,1	22,3	29,0	41,4	23,2	37,4
IO-11.4	37,5	15,5	29,0	37,5	24,7	34,1	20,3	29,0	40,2	23,2	36,1

Immissionsort	Höhe [m]	NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]									
		Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 1: Jahr 2020					Kreuzfahrtterminal Hafencity Fall 2: Jahr 2025				
		Zusatzbel.	Hintergrundbel.	Gesamtbel.	Hintergrundbel. reduziert	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Hintergrundbel.	Gesamtbel.	Hintergrundbel. reduziert	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	22,6	29,0	41,6	24,7	38,6	28,7	29,0	45,3	23,2	41,7
IO-12.2	32,5	24,9	29,0	42,9	24,7	40,1	31,3	29,0	46,9	23,2	43,5
IO-12.3	37,5	26,0	29,0	43,6	24,7	40,9	32,7	29,0	47,7	23,2	44,5
IO-12.4	42,5	26,5	29,0	43,9	24,7	41,2	33,4	29,0	48,2	23,2	45,0
IO-13.1	19,5	17,9	29,0	38,8	24,7	35,6	23,5	29,0	42,1	23,2	38,2
IO-13.2	25,5	18,6	29,0	39,2	24,7	36,1	24,5	29,0	42,7	23,2	38,9
IO-13.3	32,5	19,5	29,0	39,7	24,7	36,6	25,4	29,0	43,3	23,2	39,5
IO-13.4	37,5	20,1	29,0	40,1	24,7	37,0	26,2	29,0	43,7	23,2	40,0
IO-14.1	22,5	16,7	29,0	38,1	24,7	34,8	21,5	29,0	40,9	23,2	36,8
IO-14.2	28,5	17,2	29,0	38,4	24,7	35,2	21,9	29,0	41,1	23,2	37,1
IO-15.1	28,5	15,1	29,0	37,2	24,7	33,8	19,7	29,0	39,9	23,2	35,6
IO-16.1	32,5	17,2	29,0	38,4	24,7	35,2	22,6	29,0	41,6	23,2	37,6
IO-16.2	42,5	16,7	29,0	38,2	24,7	34,9	21,7	29,0	41,0	23,2	37,0
IO-16.3	55,0	15,7	29,0	37,5	24,7	34,2	20,2	29,0	40,2	23,2	36,0
IO-16.4	70,0	12,5	29,0	35,7	24,7	32,2	16,4	29,0	38,0	23,2	33,5
IO-17.1	32,5	18,8	29,0	39,3	24,7	36,2	27,3	29,0	44,4	23,2	40,8
IO-17.2	42,5	19,5	29,0	39,7	24,7	36,6	27,5	29,0	44,6	23,2	40,9
IO-17.3	55,0	19,6	29,0	39,8	24,7	36,7	26,2	29,0	43,7	23,2	40,0
IO-17.4	70,0	15,7	29,0	37,6	24,7	34,2	21,1	29,0	40,7	23,2	36,6
IO-18.1	32,5	12,1	29,0	35,5	24,7	32,0	19,4	29,0	39,7	23,2	35,4
IO-18.2	42,5	12,9	29,0	36,0	24,7	32,5	20,5	29,0	40,3	23,2	36,2
IO-18.3	55,0	12,2	29,0	35,6	24,7	32,0	18,6	29,0	39,2	23,2	34,9
IO-18.4	70,0	9,2	29,0	33,9	24,7	30,2	13,6	29,0	36,4	23,2	31,7
IO-19.1	25,5	19,3	29,0	39,6	24,7	36,5	24,4	29,0	42,6	23,2	38,8
IO-19.2	32,5	21,5	29,0	40,9	24,7	37,9	26,9	29,0	44,2	23,2	40,5
IO-19.3	37,5	22,3	29,0	41,4	24,7	38,4	27,8	29,0	44,7	23,2	41,1
IO-19.4	42,5	23,5	29,0	42,1	24,7	39,2	28,9	29,0	45,4	23,2	41,9
IO-20.1	19,5	17,2	29,0	38,4	24,7	35,2	22,4	29,0	41,5	23,2	37,5
IO-20.2	25,5	16,7	29,0	38,2	24,7	34,9	21,8	29,0	41,1	23,2	37,1
IO-20.3	32,5	17,7	29,0	38,7	24,7	35,5	22,9	29,0	41,7	23,2	37,8
IO-20.4	37,5	18,4	29,0	39,1	24,7	36,0	23,9	29,0	42,3	23,2	38,4

Abbildung 13: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity, Vergleich von einer gleichbleibenden Hintergrundkonzentration mit einer nach RLUS reduzierten, Jahr 2020

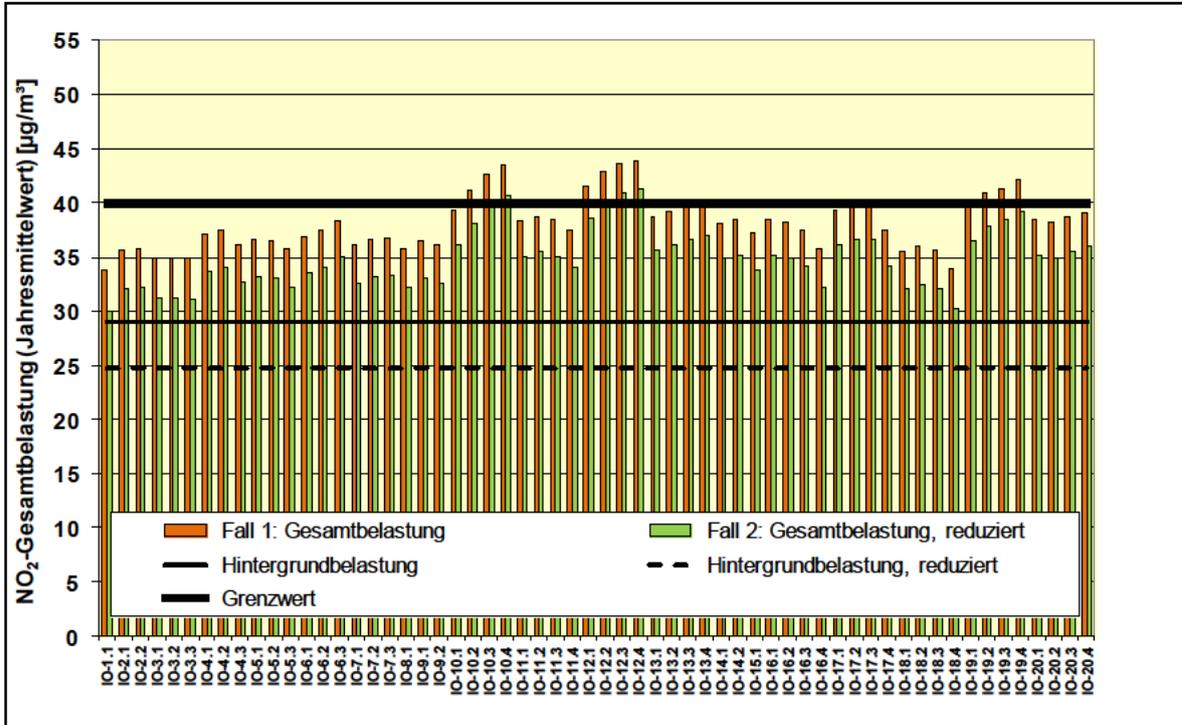
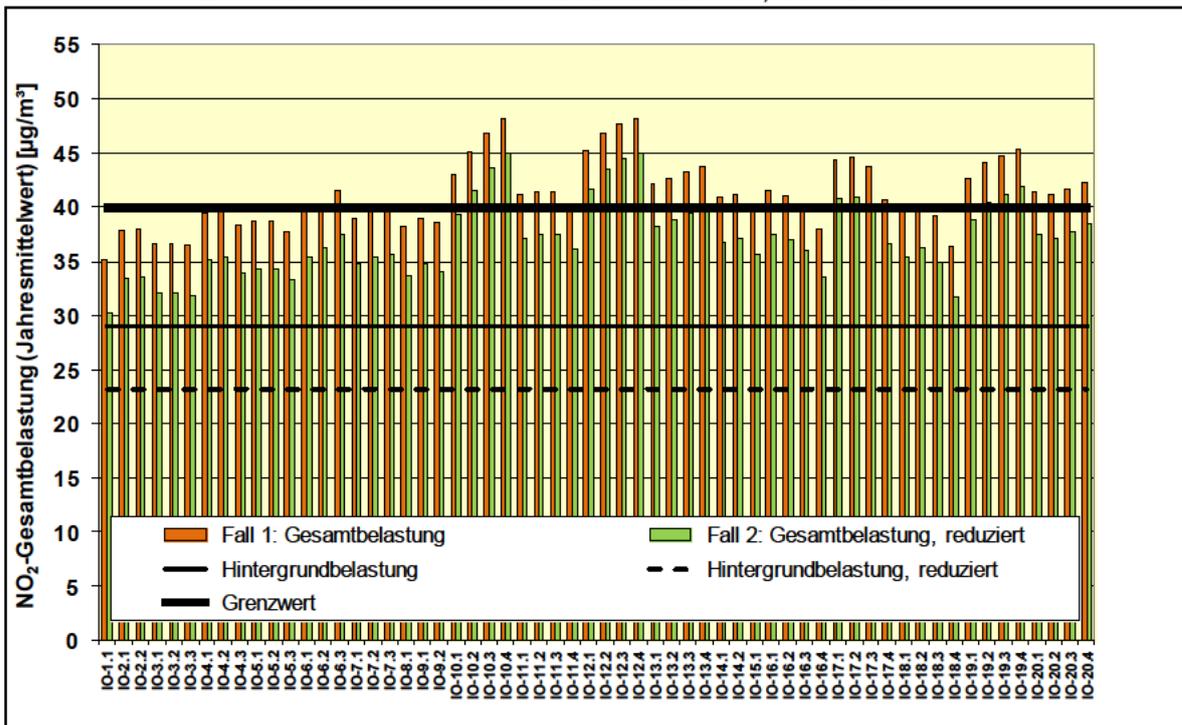


Abbildung 14: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00), Kreuzfahrtterminal Hafencity, Vergleich von einer gleichbleibenden Hintergrundkonzentration mit einer nach RLUS reduzierten, Jahr 2025



6.7. Qualität der Prognose

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung verwendeten Ansätze liegen auf der sicheren Seite. Hinsichtlich der Emissionen und Hintergrundbelastungen wurden konservative Ansätze verwendet, so dass eine Überschreitung der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Gesamtbelastungen nicht zu erwarten ist.

Vielmehr ist mit der vorliegenden Methodik davon auszugehen, dass die tatsächlichen Verhältnisse tendenziell überschätzt werden. Dies zeigt sich durch einen Vergleich von Ergebnissen aus vorhergehenden Immissionsprognosen im Rahmen anderer Projekte mit tatsächlichen Messwerten der Luftüberwachung Schleswig-Holstein im Umfeld von Hafenanlagen in Kiel und Lübeck-Travemünde. Auch Arbeiten im Rahmen der Überwachung der Luftqualität in Schleswig-Holstein an Belastungsschwerpunkten des Straßenverkehrs zeigen gute Übereinstimmungen der prognostizierten Werte mit den Messwerten.

Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechnung mit AUSTAL2000 liegen im Bereich der beurteilungsrelevanten Einwirkbereiche unterhalb der erforderlichen Mindestgenauigkeit gemäß TA Luft von 3 % (Jahresmittelwert) bzw. 30 % (Tagesmittelwert). Die Qualitätsziele der 39. BImSchV werden sicher eingehalten.

7. Zusammenfassung

Im Rahmen einer aktuellen Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen durch den Betrieb der Kreuzfahrtterminals Altona und Hafencity in Hamburg ermittelt (LAIRM CONSULT GmbH, 28. März 2013) [45]. Die Ermittlungen haben sich auf die Emissionen während der Liegezeiten beschränkt, die An- und Ablegemanöver sowie die Schiffsfahrten wurden nicht einbezogen.

Gegenüber einem früheren Gutachten vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2006) [47] für das Kreuzfahrtterminal Hafencity ergeben sich in der aktuellen Untersuchung überwiegend deutlich geringere Luftschadstoffimmissionen. Dies kann u.a. durch geringere Emissionen bzw. den Ansatz höherer Quelhöhen (Kaminhöhen) erklärt werden, die vom Büro ISL für die konkreten Schiffe detailliert ermittelt worden sind. Bei dem Gutachten von Lohmeyer wurden jedoch auch die Schiffskörper als Baukörper berücksichtigt. Das aktuelle Gutachten ist demgegenüber von vertikal ausgedehnten Quellen zur Berücksichtigung des Downwash-Effekts ausgegangen (halbe bis volle Kaminhöhe).

In einem früheren Ergänzungsgutachten [46] zur oben genannten Untersuchung [45] wurden die Modellierung der Schiffskörper als Baukörper sowie die An- und Ablegemanöver der Kreuzfahrtschiffe berücksichtigt. Für das Prognosejahr 2015 mit 102 Schiffsanläufen traten keine Grenzwertüberschreitungen auf.

In der vorliegenden ergänzenden Untersuchung wurden auf Wunsch der Hafencity GmbH die Prognosejahre 2020 und 2025 mit 150 bzw. 200 Schiffsanläufen gewählt. Dies entspricht einem „worst case“ Szenario, da auf Seiten der Hamburg Port Authority (HPA) von lediglich 110 bis 115 Schiffen für die Jahre 2020 bzw. 2025 ausgegangen wird.

Für die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen wurden die aktuellen Grenzwerte der 39. BImSchV herangezogen. Es wurden die für den Schiffsverkehr maßgeblichen Leitkomponenten Stickoxid, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) betrachtet.

Die Berechnung erfolgte auf Grundlage von stundenfeinen Jahressganglinien der Emissionen mit dem TA Luft-Modell AUSTAL2000. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Hamburg eingeschätzt.

Emissionsseitig ist festzuhalten, dass der maßgebende Anteil der Gesamtemissionen durch die Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe am Terminal Hafencity hervorgerufen wird. Die Zu- und Abfahrten tragen weniger zu den Gesamtemissionen bei. Die Anteile der Manövriervorgänge an den Gesamtemissionen liegen je nach Schadstoffkomponente zwischen etwa 8 % und 14 %. Dabei wird durch die Kreuzfahrtschiffe mit etwa 127 Tonnen pro Jahr (2020) bzw. 173 Tonnen pro Jahr (2025) am meisten NO_x emittiert. Die SO₂-Emissionen betragen im Gegensatz dazu 2020 rund 5 Tonnen im Jahr und 2025 circa 6 Tonnen pro Jahr. Die Feinstaubemissionen betragen 2020 etwa 2 Tonnen pro Jahr und 2025 etwa 3 Tonnen pro Jahr.

Immissionsseitig ist festzustellen, dass sich die Auswirkungen des Betriebs der Kreuzfahrtschiffe auf die lufthygienische Situation in Hamburg auf die unmittelbare Nachbarschaft der Terminals beschränkt.

Weiterhin ist festzustellen, dass die Schadstoffbelastungen mit steigender Höhe zunehmen. Zurückzuführen ist dies auf die hohen Quellhöhen der Kreuzfahrtschiffe. Oberhalb der Quellen nehmen die Immissionen wieder ab.

Im Hinblick auf die Einhaltung der Grenzwerte kann am Terminal Hafencity nicht ausgeschlossen werden, dass der NO₂-Grenzwert für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ an der Bebauung überschritten wird. Dies betrifft die Gebäude in direkter Nachbarschaft zum Chicagokai, insbesondere in mittleren Gebäudehöhen von etwa 20 m bis 40 m. Dieses Gebiet, in dem der NO₂-Grenzwert überschritten wird, besitzt eine räumliche Ausdehnung bis etwa 90 m (2020) bzw. 110 m (2025) zum Kai. An den weiteren untersuchten Einzelpunkten im Untersuchungsgebiet treten keine Grenzwertüberschreitungen des NO₂-Jahresmittelwertes auf. Im Hinblick auf die NO₂-Stundenmittelwerte treten für das Jahr 2025 Überschreitungen an der Bebauung nördlich des Chicagokais am östlichen Liegeplatz auf.

Auch bei einer Reduzierung der Hintergrundbelastung nach RLuS für die Jahre 2020 und 2025 wird der NO₂-Grenzwert für den Jahresmittelwert teilweise überschritten. Dies betrifft jedoch ausschließlich die erste Baureihe.

Für die Schadstoffkomponenten SO₂ und Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} sind in beiden Untersuchungsfällen keine Grenzwertüberschreitungen an schutzbedürftiger Bebauung zu erwarten. Bei den NO₂-Stundenmittelwerten sind für das Jahr 2020 keine Grenzwertüberschreitungen zu erwarten.

Bargteheide, den 7. Juli 2014



8. Quellenverzeichnis

Basis der vorliegenden Untersuchung sind folgende Daten, Informationen und Normschriften:

Allgemeines

- [1] Baumbach, G.: Luftreinhaltung, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1990;
- [2] Gesundheitsgefahren durch Feinstaubemissionen, Reiner Remus, UB Media-Fachdatenbank Immissionsschutz, 1999;

Gesetze, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien

- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I Nr. 71 vom 04.10.2002 S. 3830), zuletzt geändert am 7. Oktober 2013 durch Berichtigung des Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen (BGBl. I Nr. 60 vom 09. Oktober 2013 S. 3753);
- [4] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV), vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), in der Fassung vom 4. Juni 2007 (BGBl. I Nr. 25 vom 12.06.2007 S. 1006), mittlerweile aufgehoben;
- [5] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV), vom 2. August 2010 (BGBl. I Nr. 40 vom 05.08.2010 S. 1065);
- [6] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511);
- [7] Richtlinie 85/203/EWG: Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 87/1;
- [8] Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität vom 27. September 1996 (ABl. EG vom 21.11.1996 Nr. L 296 S. 55) („Rahmenrichtlinie Luftqualität“);
- [9] Richtlinie 1999/30/EG des Rates über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1999/30/EG) vom 22. April 1999 (ABl. EG vom 29.06.1999 Nr. L 163 S. 41) („1. Tochterrichtlinie“);
- [10] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft vom 12. November 2000 (ABl.

- EG vom 13.12.2000 Nr. L 313 S. 12) zuletzt geändert am 20. April 2001 durch Berichtigung der Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (ABl. EG vom 20.04.2001 Nr. L 111 S. 31) („2. Tochterrichtlinie“);
- [11] Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft vom 15. Dezember 2004 (ABl. EU vom 26.01.2005 Nr. L 23 S. 3) („4. Tochterrichtlinie“);
- [12] Richtlinie 1999/32/EG des Rates über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG vom 26. April 1999 (ABl. EG vom 11.05.1999 Nr. L 121 S. 13) zuletzt geändert am 6. Juli 2005 durch Artikel 1 der Richtlinie 2005/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen (ABl. EU vom 22.07.2005 Nr. L 191 S. 59);
- [13] „Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie 2005/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen, vom 11. Mai 2010;
- [14] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008 (ABl. EG vom 11.06.2008 Nr. L 152 S. 1);
- [15] Kalmbach, S.: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2004;
- [16] Hansmann, K.: TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;
- [17] International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL), revised Annex VI, October 2009;
- [18] Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 14.04.2010, Az.: 9 A 5.08;

Immissionsberechnung

- [19] MISKAM (Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell), Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;
- [20] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin;
- [21] Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, RLuS 2012, Ausgabe 2012, PC-Berechnungsverfahren, Version 1.4, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

- [22] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;
- [23] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre – Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung, Juni 1985;
- [24] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Januar 2010;
- [25] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung, Kraftfahrzeugbedingte Immissionen, Entwurf, Januar 2012;
- [26] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), I. Düring, R. Bösing, A. Lohmeyer: PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen, Verkehrstechnik Heft V 125, 2005;
- [27] Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, UMK (2004);
- [28] D. Bretschneider, I. Düring: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM_{2,5} in Sachsen, Sachstandsbericht vom 30.10.2009, unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg
- [29] Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 3, Mai 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe;
- [30] E. Romberg, R. Bösing, A. Lohmeyer, R. Ruhnke, E. Röth: NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;
- [31] Screening aktueller Kfz-Abgasmessungen in Hinblick auf den Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen, ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Heidelberg, Dezember 2004;
- [32] Lohmeyer aktuell, NO-NO₂-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;
- [33] R. Gögen und U. Lamprecht, „Hohe Stickstoffdioxidbelastungen – Können die NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden?“, Immissionsschutz, Heft 1, 2008;
- [34] W. Bächlin et al.: „Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Romberg-Formel“, im Auftrag vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Dezember 2007;
- [35] I. Düring, W. Bächlin, M. Ketzler, A. Baum und S. Wurzler: „Update of the Romberg-Approach and Simplified NO/NO₂ Conversion Model under Consideration of

- Direct NO₂-Emissions, 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Paris, 2010;
- [36] I. Düring, W. Bächlin, F. Dünnebeil, H. Ellner, U. Friedrich, L. Schäfer und T. Schönefeld: „Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020“, Immissionsschutz, Heft 3, 2010;
- [37] Hamburger Luftmessnetz, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (<http://www.hamburger-luft.de/>);
- [38] Meteorologische Zeitreihen für den Standort Hamburg-Fuhlsbüttel, Jahre 2001 bis 2005, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Regionales Gutachterbüro Hamburg;
- [39] Selektion Repräsentatives Jahr, Station: 101470 Hamburg-Flughafen (HH), Jahre: 1997 – 2011, ArguSoft GmbH & Co. KG - AUSTAL Met SRJ – erstellt von ArguSoft im Auftrag der meteomedia GmbH, 19.09.2012;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [40] Digitale Kartengrundlage, bereitgestellt von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
- [41] Digitale Modelldaten, bereitgestellt von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt;
- [42] Gebäudehöhen in der Hafencity, bereitgestellt vom Amt für Landes- und Landschaftsplanung;
- [43] Prognose der Schiffsanläufe und Emissionen im Hamburger Hafen, Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) Bremen, Stand August 2012;
- [44] Emissionswerte für den Manöverbetrieb, Berechnungen der Hamburg Port Authority, bereitgestellt von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Stand Juni 2013;
- [45] Ermittlungen zu Luftschadstoffimmissionen und Minderungspotentialen für den Betrieb der vorhandenen Kreuzfahrtterminals in Hamburg, LAIRM CONSULT GmbH, Hammoor, 28. März 2013;
- [46] Ermittlungen zu Luftschadstoffimmissionen für den Betrieb des vorhandenen Kreuzfahrtterminals Hafencity in Hamburg, Ergänzung unter Berücksichtigung der Schiffskörper, LAIRM CONSULT GmbH, Hammoor, 30. August 2013;
- [47] Kreuzfahrtterminal Hafencity - Luftschadstoffgutachten Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, November 2006.

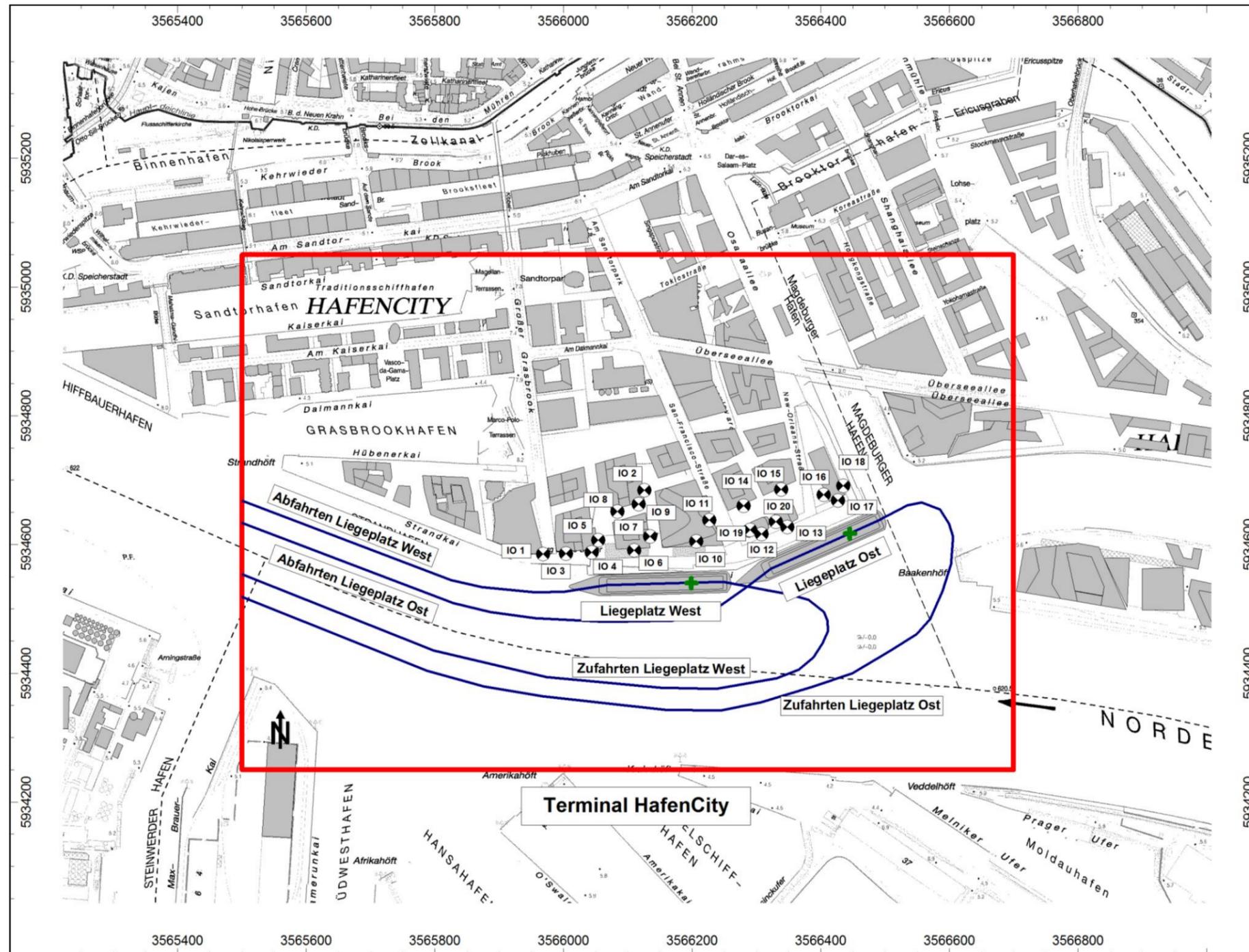
9. Anlagenverzeichnis

A 1	Lagepläne.....	III
A 1.1	Kreuzfahrtterminal HafenCity unter Berücksichtigung der Schiffskörper, Maßstab 1:7.500.....	III
A 1.2	Kreuzfahrtterminal HafenCity ohne Berücksichtigung der Schiffskörper, Maßstab 1:7.500.....	IV
A 2	Emissionen des Schiffsverkehrs	V
A 3	Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Hamburg Fuhlsbüttel)	VI
A 3.1	Windrichtungsverteilung im Jahresmittel.....	VI
A 3.2	Verteilung der Ausbreitungsklassen.....	VI
A 4	Zusammenstellung vorhandener Messdaten	VII
A 5	NO _x -Gesamtbelastungen	VIII
A 5.1.1	NO _x -Jahresmittelwert.....	VIII
A 5.1.2	NO _x -98-Perzentil	X
A 6	Rasterkarten, Maßstab 1:5.000.....	XIII
A 6.1	Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XIII
A 6.1.1	Fall 1: Jahr 2020	XIII
A 6.1.1.1	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XIII
A 6.1.1.2	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XIV
A 6.1.1.3	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XV
A 6.1.2	Fall 2: Jahr 2025	XVI
A 6.1.2.1	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XVI
A 6.1.2.2	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XVII
A 6.1.2.3	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XVIII
A 6.2	Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XIX
A 6.2.1	Fall 1: Jahr 2020	XIX
A 6.2.1.1	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XIX
A 6.2.1.2	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XX
A 6.2.1.3	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XXI
A 6.2.2	Fall 2: Jahr 2025	XXII

A 6.2.2.1	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m	XXII
A 6.2.2.2	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m	XXIII
A 6.2.2.3	SO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m	XXIV
A 6.3	Feinstaub(PM ₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00).....	XXV
A 6.3.1	Fall 1: Jahr 2020.....	XXV
A 6.3.1.1	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XXV
A 6.3.1.2	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XXVI
A 6.3.1.3	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XXVII
A 6.3.2	Fall 2: Jahr 2025.....	XXVIII
A 6.3.2.1	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XXVIII
A 6.3.2.2	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XXIX
A 6.3.2.3	PM ₁₀ , J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XXX
A 6.4	Feinstaub(PM _{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	XXXI
A 6.4.1	Fall 1: Jahr 2020.....	XXXI
A 6.4.1.1	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 1,5 m	XXXI
A 6.4.1.2	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 22,5 m	XXXII
A 6.4.1.3	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 37,5 m	XXXIII
A 6.4.2	Fall 2: Jahr 2025.....	XXXIV
A 6.4.2.1	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 1,5 m	XXXIV
A 6.4.2.2	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 22,5 m	XXXV
A 6.4.2.3	PM _{2,5} , J00, Auswertehöhe 37,5 m	XXXVI
A 7	Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00) mit nach RLuS reduzierter Hintergrundbelastungen, Rasterkarten, Maßstab 1:5.000.....	XXXVII
A 7.1	Fall 1: Jahr 2020	XXXVII
A 7.1.1	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XXXVII
A 7.1.2	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XXXVIII
A 7.1.3	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XXXIX
A 7.2	Fall 1: Jahr 2025	XL
A 7.2.1	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m.....	XL
A 7.2.2	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m.....	XLI
A 7.2.3	NO ₂ , Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m.....	XLII

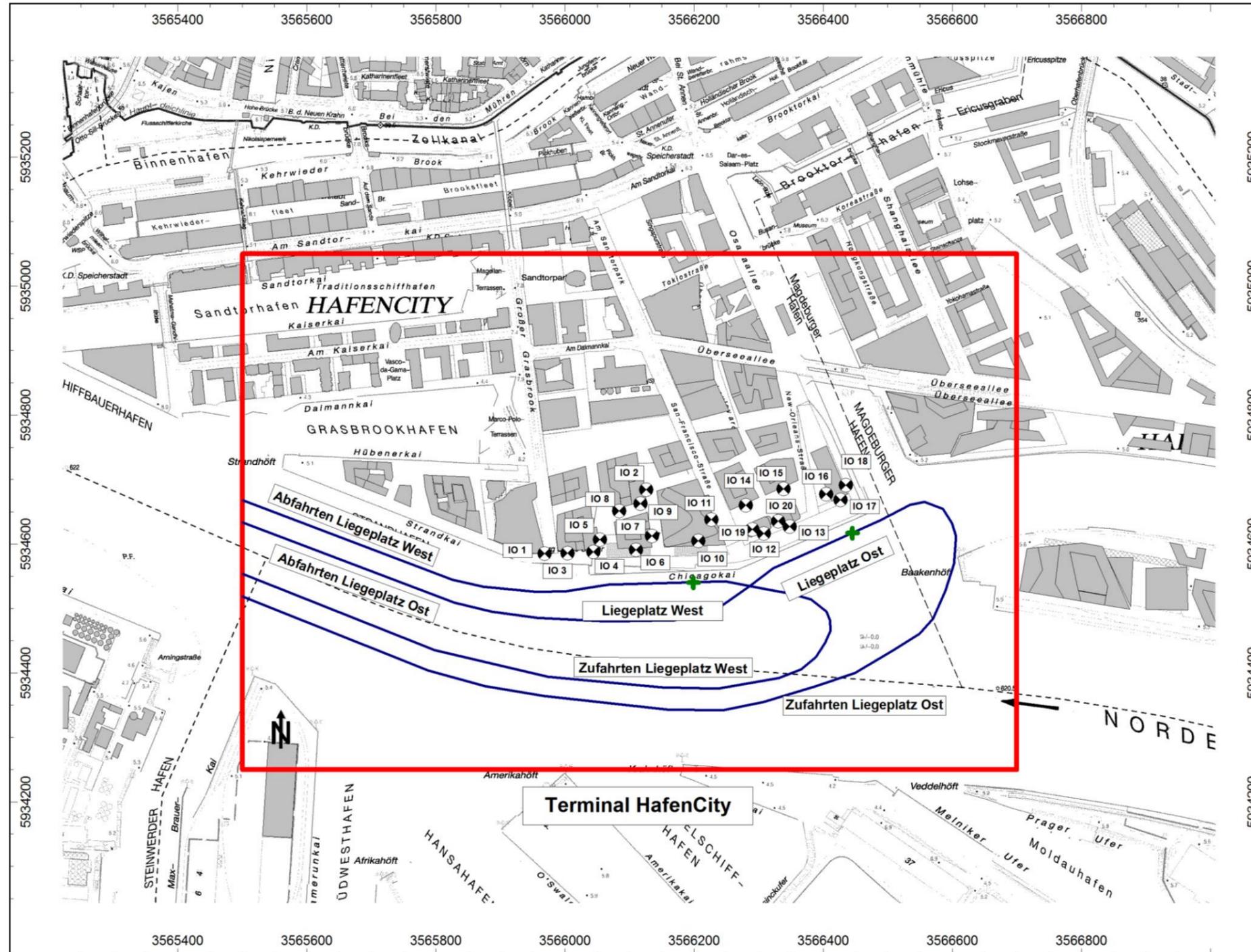
A 1 Lagepläne

A 1.1 Kreuzfahrtterminal HafenCity unter Berücksichtigung der Schiffskörper, Maßstab 1:7.500



- Rechengebiet: Rotes Rechteck
- Linienquellen: Blaue Linien
- Punktquellen: Grüne Kreuze
- Immissionsorte IO: schwarz-weiße Punkte

A 1.2 Kreuzfahrtterminal HafenCity ohne Berücksichtigung der Schiffskörper, Maßstab 1:7.500



- Rechengebiet: Rotes Rechteck
- Linienquellen: Blaue Linien
- Punktquellen: Grüne Kreuze
- Immissionsorte IO: schwarz-weiße Punkte

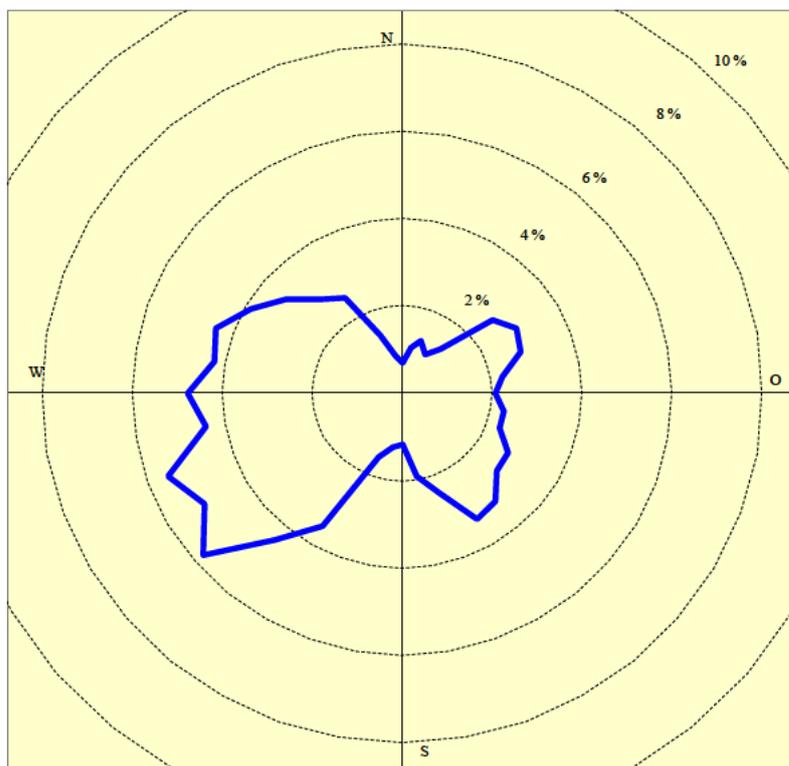
A 2 Emissionen des Schiffsverkehrs

Quelle	Terminal HafenCity 2020				Terminal HafenCity 2025			
	Schiffsanzahl	Emissionen [kg/a]			Schiffsanzahl	Emissionen [kg/a]		
		SO ₂	NO _x	PM		SO ₂	NO _x	PM
<i>HafenCity Liegeplatz West</i>								
Liegezeit		3.532	94.436	1.754		4.747	126.775	2.222
Manöver		445	15.813	164		535	19.020	197
Summe	120	3.977	110.249	1.918	160	5.282	145.795	2.420
<i>HafenCity Liegeplatz Ost</i>								
Liegezeit		528	14.124	309		889	23.850	449
Manöver		63	2.246	23		91	3.225	33
Summe	30	591	16.370	333	40	980	27.075	482
<i>Gesamt Liegeplatz West und Liegeplatz Ost</i>								
Liegezeit		4.061	108.560	2.064		5.637	150.625	2.671
Manöver		508	18.059	187		626	22.245	231
Summe	150	4.569	126.619	2.251	200	6.263	172.870	2.902

A 3 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Hamburg Fuhlsbüttel)

A 3.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel

(Anteil an Gesamtjahresstunden)



A 3.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen

(Anteil an Gesamtjahresstunden)

Windgeschwindigkeit [m/s]	Ausbreitungsklasse					
	I sehr stabil	II stabil	III/1 indifferent leicht stabil	III/2 indifferent leicht labil	IV labil	V sehr labil
0-1	6,21 %	1,86 %	0,23 %	0,06 %	0,35 %	0,39 %
1,5	2,28 %	2,05 %	0,35 %	0,36 %	0,39 %	0,21 %
2	3,70 %	3,67 %	0,87 %	0,87 %	0,82 %	0,36 %
3	0,00 %	7,60 %	12,34 %	5,37 %	2,20 %	0,98 %
4-5	0,00 %	0,00 %	11,88 %	3,50 %	1,19 %	0,60 %
6	0,00 %	0,00 %	16,19 %	3,70 %	0,52 %	0,27 %
7-8	0,00 %	0,00 %	5,03 %	0,79 %	0,11 %	0,00 %
9	0,00 %	0,00 %	1,57 %	0,18 %	0,03 %	0,00 %
>10	0,00 %	0,00 %	0,88 %	0,01 %	0,02 %	0,00 %
Summe	12,19 %	15,18 %	49,34 %	14,84 %	5,64 %	2,81 %

A 4 Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Standort	Zeitraum	SO ₂					NO ₂			PM ₁₀		PM _{2,5}
		J00 ¹⁾ [µg/m ³]	T00 ²⁾ [µg/m ³]	T03 ³⁾ [µg/m ³]	S00 ⁴⁾ [µg/m ³]	S24 ⁵⁾ [µg/m ³]	J00 ¹⁾ [µg/m ³]	98-Per- zentil [µg/m ³]	S00 ⁴⁾ [µg/m ³]	J00 ¹⁾ [µg/m ³]	Anzahl Tage > 50 µg/m ³	J00 ¹⁾ [µg/m ³]
Sternschanze	2010	4	35	19	103	35	29	—	130	24	18	16
	2011	4	32	20	122	40	30	—	137	29	40	17
Veddel	2010	7	74	49	232	115	38	—	168	22	18	16
	2011	9	105	77	259	158	36	—	137	25	19	16
Wilhelmsburg	2010	4	21	18	97	30	30	—	170	21	14	15
	2011	4	41	20	250	46	28	—	117	26	21	17
Billbrook	2010	4	21	18	76	38	26	—	155	22	16	—
	2011	5	19	17	71	43	25	—	166	26	21	—
Altona, Elbhang (Olbersweg)	2011 – 2012 ⁶⁾	5	—	—	—	—	32	—	—	17	4	—
HafenCity, Kai	2011	8	—	—	—	—	33	—	—	—	—	—
Ansatz für Hintergrund- belastung:	2015	4	—	20	—	38	29	70⁷⁾	—	26	20⁸⁾	16

¹⁾ Jahresmittelwert

²⁾ maximaler Tagesmittelwert

³⁾ Tagesmittelwert, Kenngröße T03 (99,2-Perzentil entspricht 4. höchstem Wert)

⁴⁾ maximaler Stundenmittelwert

⁵⁾ Stundenmittelwert, Kenngröße S24 (99,7-Perzentil entspricht 25. höchstem Wert)

⁶⁾ gleitender Mittelwert

⁷⁾ Schätzwert (Mittelwert Sternschanze 2001-2006)

⁸⁾ Berechnung aus Jahresmittelwert, Ansatz: "best fit"

A 5 NOx-Gesamtbelastungen

A 5.1.1 NOx-Jahresmittelwert

Immissionsort	Höhe [m]	NOx-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	50,3	12,2	62,5	16,2	66,5
IO-2.1	32,5	50,3	17,3	67,6	24,1	74,4
IO-2.2	42,5	50,3	17,8	68,1	24,5	74,8
IO-3.1	13,5	50,3	15,5	65,8	20,4	70,7
IO-3.2	19,5	50,3	15,3	65,6	20,4	70,7
IO-3.3	25,5	50,3	15,2	65,5	19,9	70,2
IO-4.1	28,5	50,3	21,8	72,1	29,0	79,3
IO-4.2	37,5	50,3	22,9	73,2	29,6	79,9
IO-4.3	47,5	50,3	19,1	69,4	25,5	75,8
IO-5.1	28,5	50,3	20,3	70,6	26,7	77,0
IO-5.2	37,5	50,3	20,1	70,4	26,6	76,9
IO-5.3	47,5	50,3	17,8	68,1	24,0	74,3
IO-6.1	13,5	50,3	21,3	71,6	29,7	80,0
IO-6.2	19,5	50,3	22,8	73,1	32,2	82,5
IO-6.3	25,5	50,3	25,6	75,9	36,2	86,5
IO-7.1	13,5	50,3	18,7	69,0	27,8	78,1
IO-7.2	19,5	50,3	20,3	70,6	29,8	80,1
IO-7.3	25,5	50,3	20,8	71,1	30,3	80,6
IO-8.1	25,5	50,3	17,9	68,2	25,0	75,3
IO-9.1	32,5	50,3	19,9	70,2	27,6	77,9
IO-9.2	42,5	50,3	18,7	69,0	26,1	76,4
IO-10.1	19,5	50,3	28,5	78,8	41,5	91,8
IO-10.2	25,5	50,3	34,5	84,8	49,1	99,4
IO-10.3	32,5	50,3	39,7	90,0	56,3	106,6
IO-10.4	37,5	50,3	42,9	93,2	61,6	111,9
IO-11.1	19,5	50,3	25,6	75,9	34,7	85,0
IO-11.2	25,5	50,3	26,8	77,1	35,9	86,2
IO-11.3	32,5	50,3	25,7	76,0	35,5	85,8
IO-11.4	37,5	50,3	22,9	73,2	31,6	81,9

Immissionsort	Höhe [m]	NOx-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	50,3	36,1	86,4	49,6	99,9
IO-12.2	32,5	50,3	40,9	91,2	56,0	106,3
IO-12.3	37,5	50,3	43,5	93,8	59,6	109,9
IO-12.4	42,5	50,3	44,5	94,8	61,5	111,8
IO-13.1	19,5	50,3	27,1	77,4	38,0	88,3
IO-13.2	25,5	50,3	28,4	78,7	40,2	90,5
IO-13.3	32,5	50,3	30,0	80,3	42,1	92,4
IO-13.4	37,5	50,3	31,2	81,5	43,8	94,1
IO-14.1	22,5	50,3	24,9	75,2	33,9	84,2
IO-14.2	28,5	50,3	25,9	76,2	34,7	85,0
IO-15.1	28,5	50,3	22,1	72,4	30,4	80,7
IO-16.1	32,5	50,3	25,8	76,1	36,2	86,5
IO-16.2	42,5	50,3	25,0	75,3	34,3	84,6
IO-16.3	55,0	50,3	23,1	73,4	31,4	81,7
IO-16.4	70,0	50,3	17,8	68,1	24,4	74,7
IO-17.1	32,5	50,3	28,7	79,0	46,3	96,6
IO-17.2	42,5	50,3	30,0	80,3	46,9	97,2
IO-17.3	55,0	50,3	30,3	80,6	43,9	94,2
IO-17.4	70,0	50,3	23,2	73,5	33,1	83,4
IO-18.1	32,5	50,3	17,2	67,5	29,8	80,1
IO-18.2	42,5	50,3	18,5	68,8	31,9	82,2
IO-18.3	55,0	50,3	17,3	67,6	28,4	78,7
IO-18.4	70,0	50,3	12,6	62,9	19,6	69,9
IO-19.1	25,5	50,3	29,7	80,0	39,9	90,2
IO-19.2	32,5	50,3	34,0	84,3	45,4	95,7
IO-19.3	37,5	50,3	35,6	85,9	47,6	97,9
IO-19.4	42,5	50,3	38,1	88,4	50,1	100,4
IO-20.1	19,5	50,3	25,9	76,2	35,8	86,1
IO-20.2	25,5	50,3	25,0	75,3	34,6	84,9
IO-20.3	32,5	50,3	26,8	77,1	36,7	87,0
IO-20.4	37,5	50,3	28,1	78,4	38,8	89,1

A 5.1.2 NOx-98-Perzentil

Immissionsort	Höhe [m]	NOx-Immissionen (98-Perzentil) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1.1	22,5	160,5	124,0	284,5	201,5	362,0
IO-2.1	32,5	160,5	141,2	301,7	249,6	410,1
IO-2.2	42,5	160,5	125,8	286,3	226,5	387,0
IO-3.1	13,5	160,5	141,0	301,5	264,2	424,7
IO-3.2	19,5	160,5	144,0	304,5	253,3	413,8
IO-3.3	25,5	160,5	150,8	311,3	256,4	416,9
IO-4.1	28,5	160,5	223,8	384,3	393,6	554,1
IO-4.2	37,5	160,5	212,7	373,2	367,5	528,0
IO-4.3	47,5	160,5	189,7	350,2	361,6	522,1
IO-5.1	28,5	160,5	171,2	331,7	368,5	529,0
IO-5.2	37,5	160,5	194,7	355,2	397,3	557,8
IO-5.3	47,5	160,5	183,4	343,9	375,7	536,2
IO-6.1	13,5	160,5	301,9	462,4	536,6	697,1
IO-6.2	19,5	160,5	295,8	456,3	583,3	743,8
IO-6.3	25,5	160,5	303,8	464,3	667,7	828,2
IO-7.1	13,5	160,5	227,7	388,2	386,2	546,7
IO-7.2	19,5	160,5	263,1	423,6	422,7	583,2
IO-7.3	25,5	160,5	272,2	432,7	479,4	639,9
IO-8.1	25,5	160,5	214,5	375,0	417,5	578,0
IO-9.1	32,5	160,5	220,6	381,1	381,1	541,6
IO-9.2	42,5	160,5	199,6	360,1	355,8	516,3
IO-10.1	19,5	160,5	340,2	500,7	489,1	649,6
IO-10.2	25,5	160,5	404,6	565,1	533,7	694,2
IO-10.3	32,5	160,5	459,1	619,6	619,8	780,3
IO-10.4	37,5	160,5	447,3	607,8	640,5	801,0
IO-11.1	19,5	160,5	419,9	580,4	528,6	689,1
IO-11.2	25,5	160,5	420,7	581,2	539,2	699,7
IO-11.3	32,5	160,5	400,0	560,5	541,6	702,1
IO-11.4	37,5	160,5	343,9	504,4	454,0	614,5

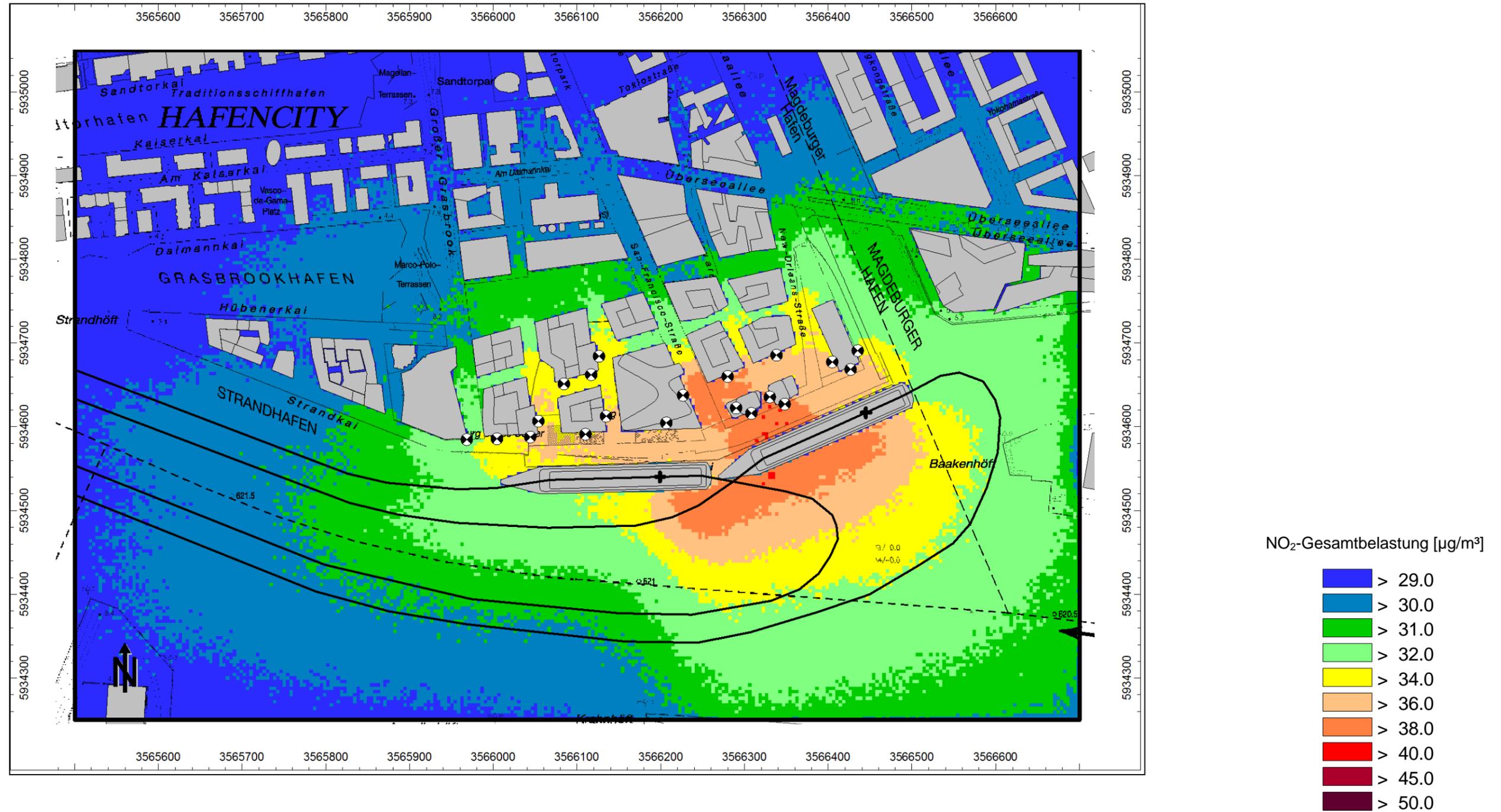
Immissionsort	Höhe [m]	NOx-Immissionen (98-Perzentil) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
		Hintergrundbelastung	Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 1: Jahr 2020		Kreuzfahrtterminal HafenCity Fall 2: Jahr 2025	
			Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-12.1	25,5	160,5	559,4	719,9	667,5	828,0
IO-12.2	32,5	160,5	670,6	831,1	793,7	954,2
IO-12.3	37,5	160,5	706,4	866,9	840,3	1000,8
IO-12.4	42,5	160,5	743,8	904,3	934,6	1095,1
IO-13.1	19,5	160,5	429,2	589,7	553,2	713,7
IO-13.2	25,5	160,5	447,6	608,1	572,1	732,6
IO-13.3	32,5	160,5	481,5	642,0	610,4	770,9
IO-13.4	37,5	160,5	495,7	656,2	623,9	784,4
IO-14.1	22,5	160,5	401,7	562,2	515,9	676,4
IO-14.2	28,5	160,5	422,0	582,5	551,5	712,0
IO-15.1	28,5	160,5	368,5	529,0	476,4	636,9
IO-16.1	32,5	160,5	380,7	541,2	494,8	655,3
IO-16.2	42,5	160,5	364,1	524,6	481,0	641,5
IO-16.3	55,0	160,5	339,4	499,9	449,5	610,0
IO-16.4	70,0	160,5	302,9	463,4	388,2	548,7
IO-17.1	32,5	160,5	434,7	595,2	593,6	754,1
IO-17.2	42,5	160,5	459,2	619,7	617,3	777,8
IO-17.3	55,0	160,5	439,7	600,2	646,6	807,1
IO-17.4	70,0	160,5	382,2	542,7	481,3	641,8
IO-18.1	32,5	160,5	233,0	393,5	368,7	529,2
IO-18.2	42,5	160,5	251,9	412,4	388,5	549,0
IO-18.3	55,0	160,5	256,9	417,4	398,7	559,2
IO-18.4	70,0	160,5	192,2	352,7	288,5	449,0
IO-19.1	25,5	160,5	470,0	630,5	571,3	731,8
IO-19.2	32,5	160,5	533,8	694,3	661,0	821,5
IO-19.3	37,5	160,5	569,2	729,7	713,7	874,2
IO-19.4	42,5	160,5	596,0	756,5	816,0	976,5
IO-20.1	19,5	160,5	422,5	583,0	530,7	691,2
IO-20.2	25,5	160,5	408,1	568,6	514,6	675,1
IO-20.3	32,5	160,5	433,4	593,9	531,2	691,7
IO-20.4	37,5	160,5	471,5	632,0	565,5	726,0

A 6 Rasterkarten, Maßstab 1:5.000

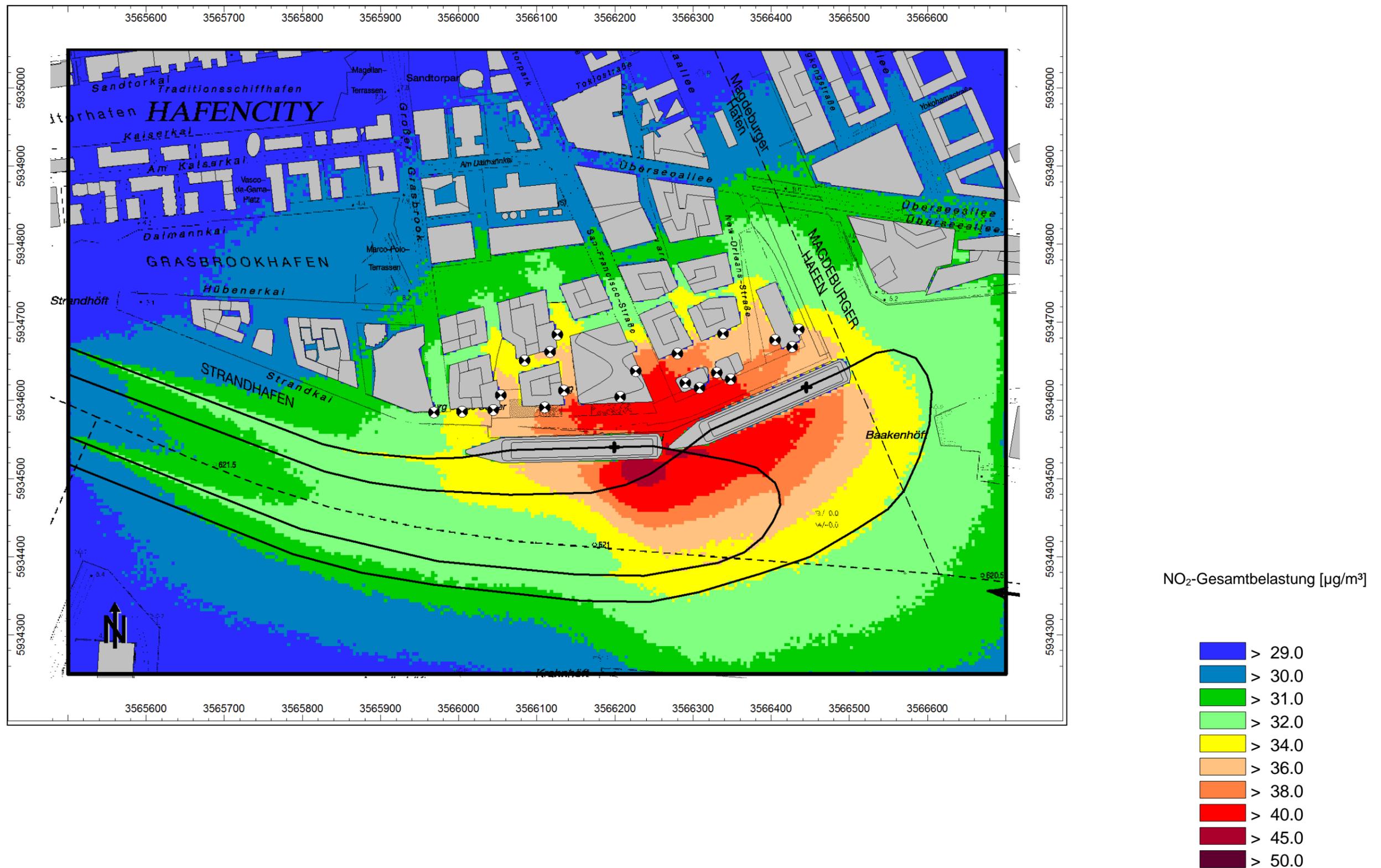
A 6.1 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 6.1.1 Fall 1: Jahr 2020

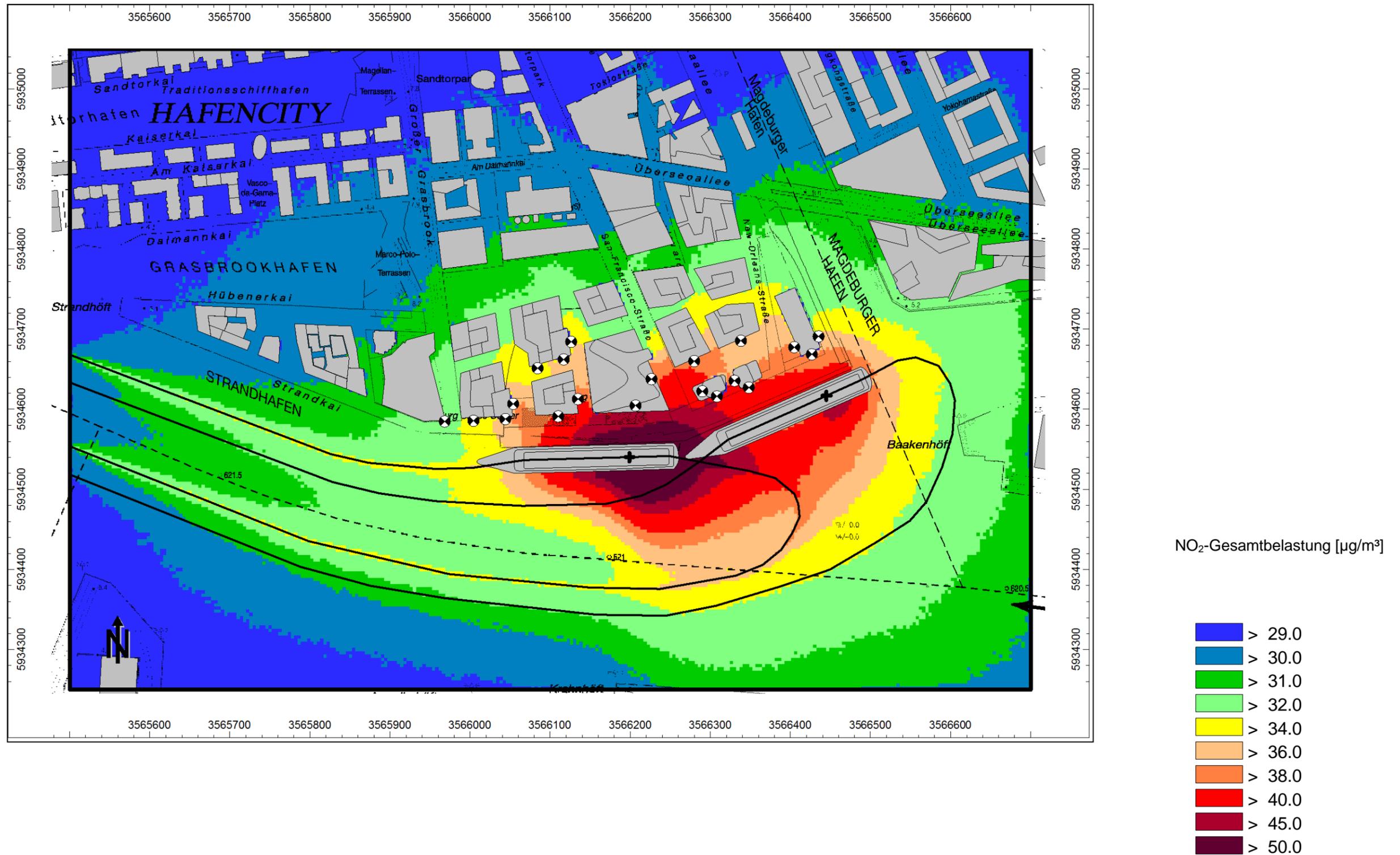
A 6.1.1.1 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.1.1.2 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m

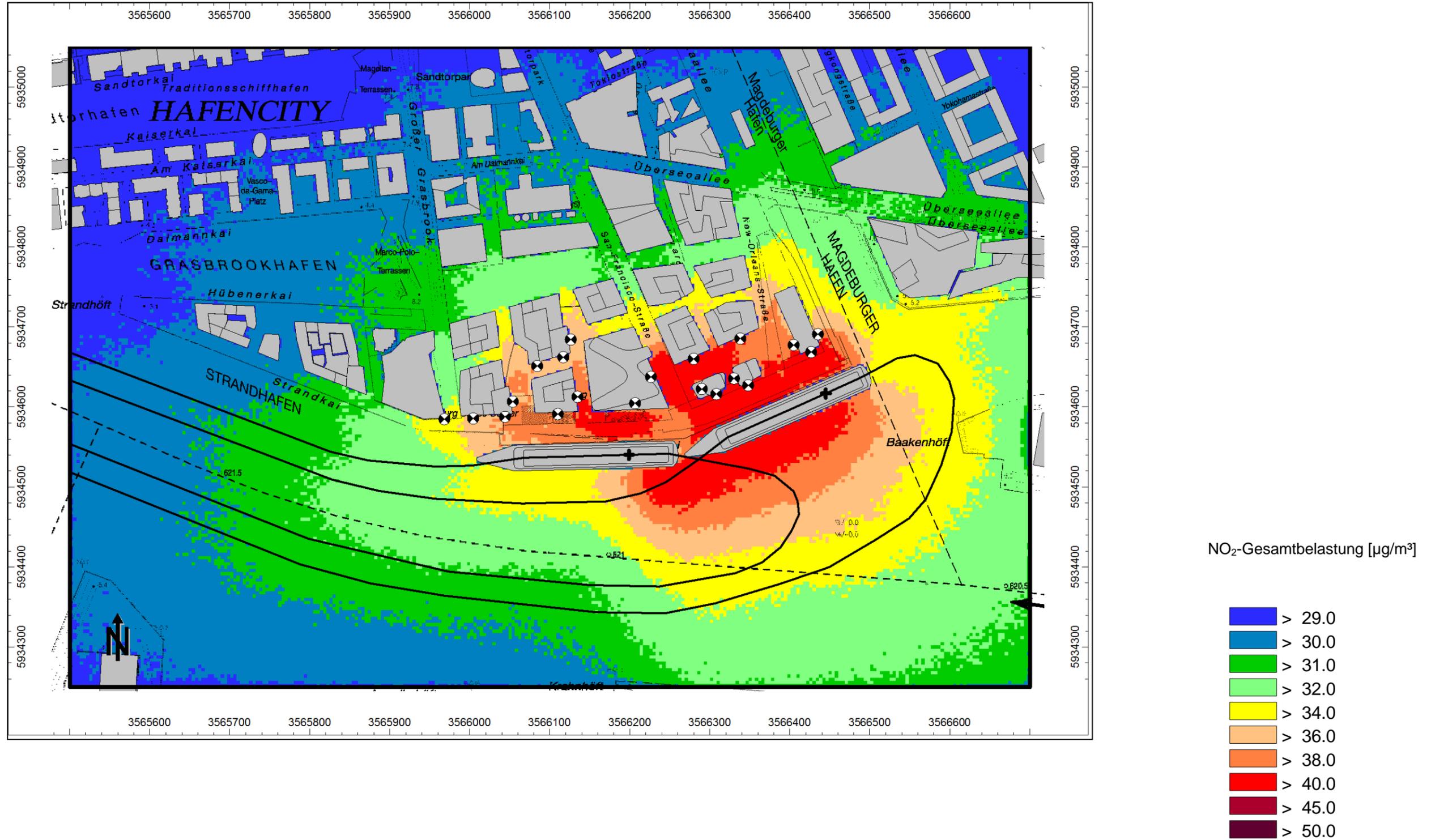


A 6.1.1.3 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m

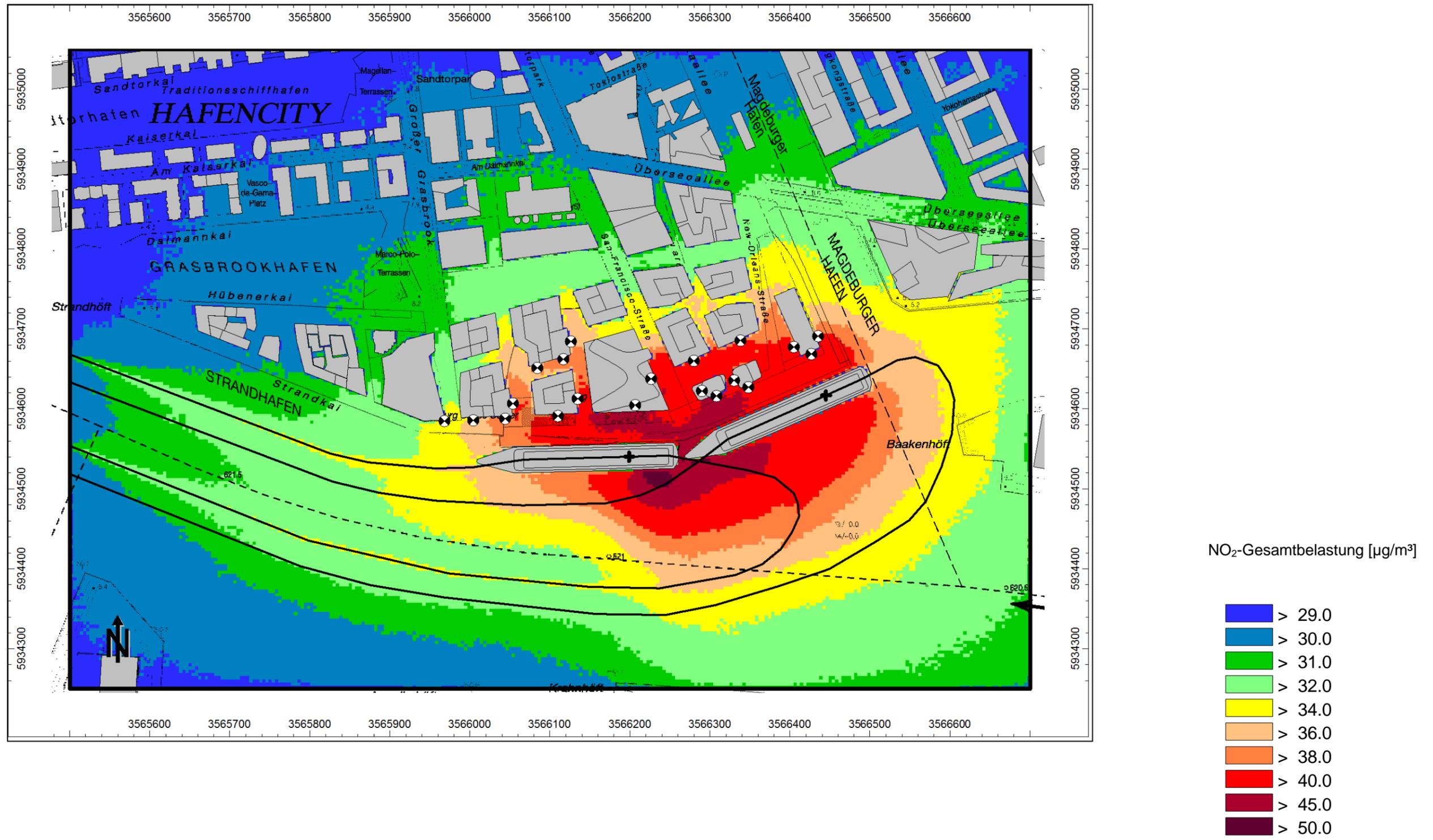


A 6.1.2 Fall 2: Jahr 2025

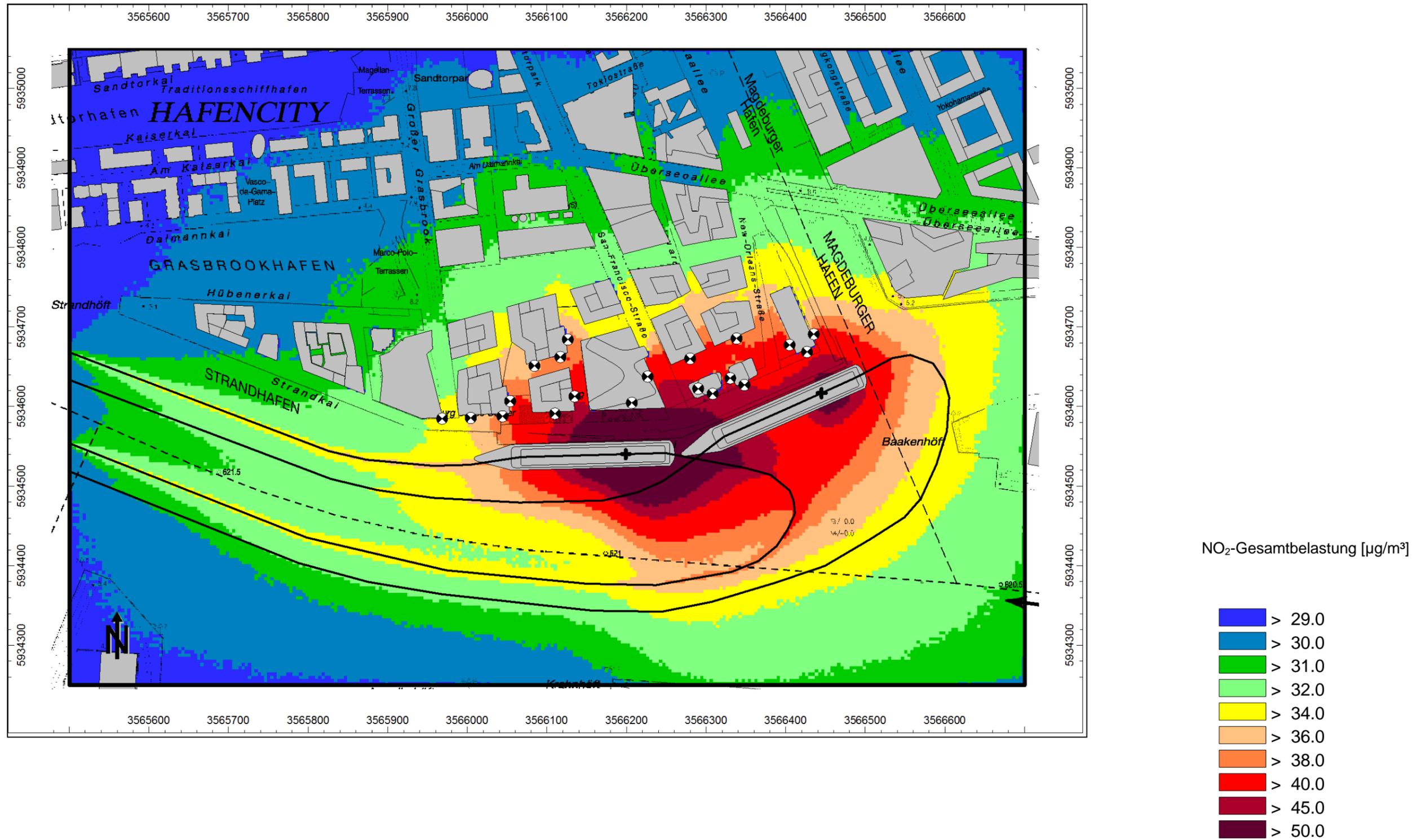
A 6.1.2.1 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.1.2.2 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m



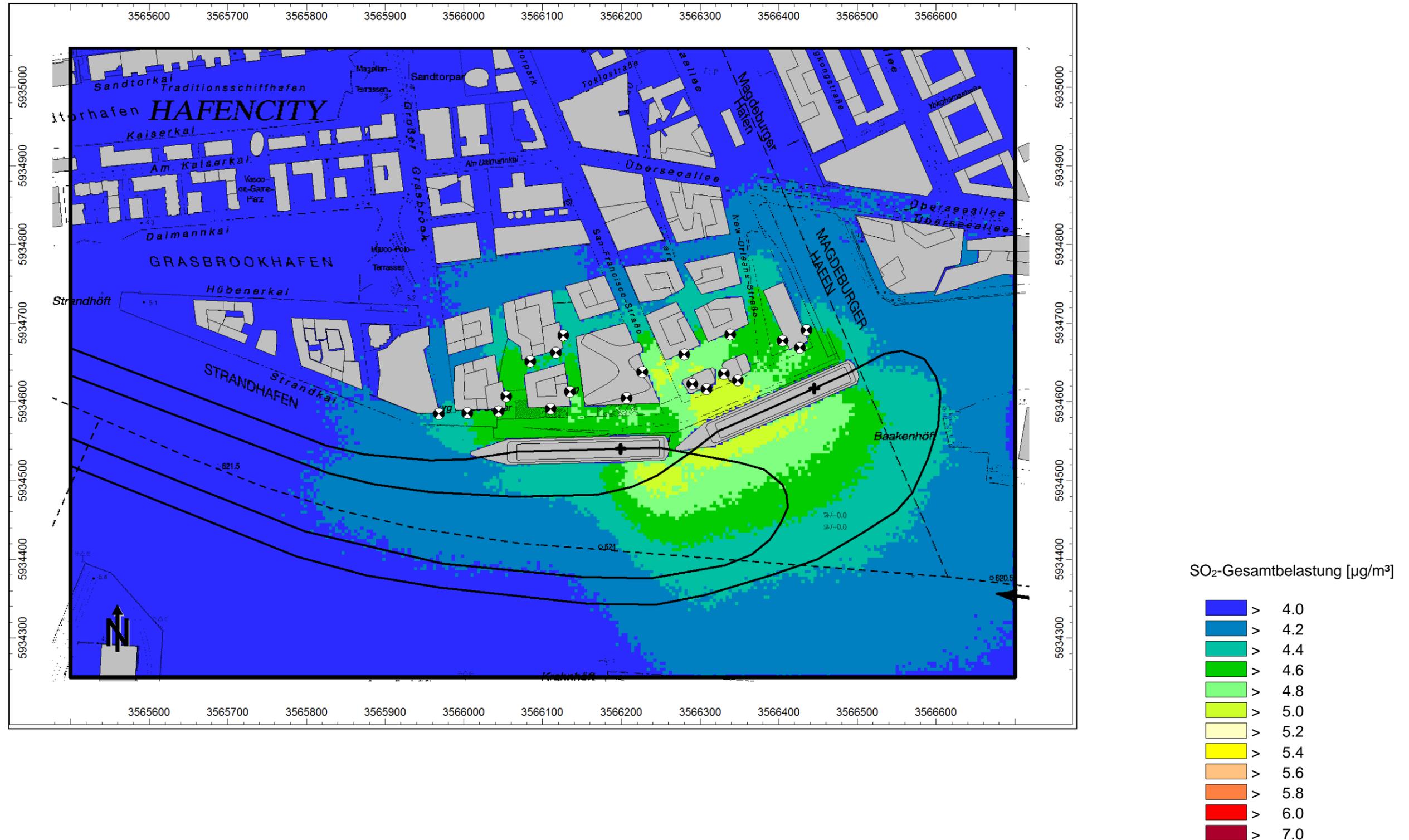
A 6.1.2.3 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m



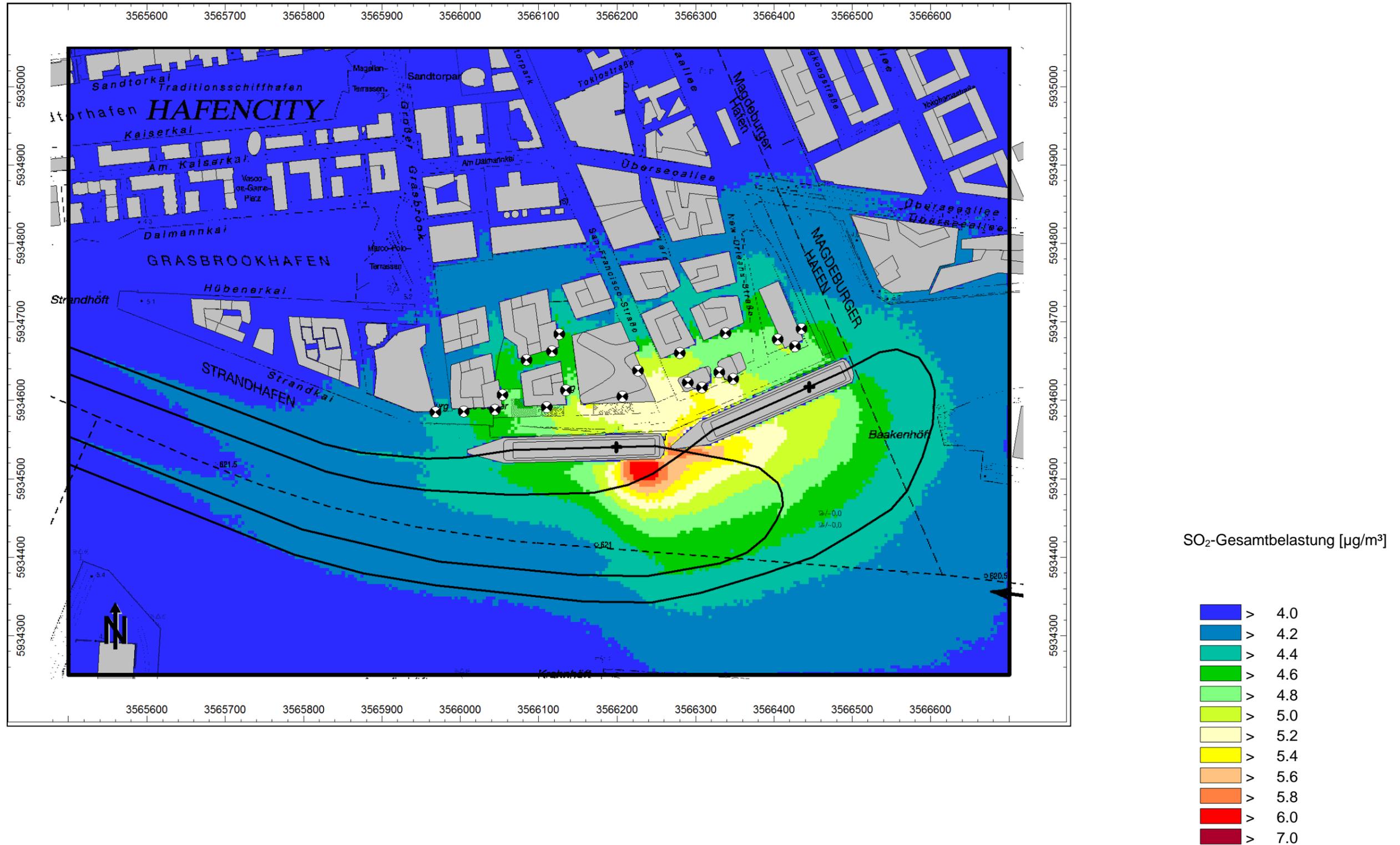
A 6.2 Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 6.2.1 Fall 1: Jahr 2020

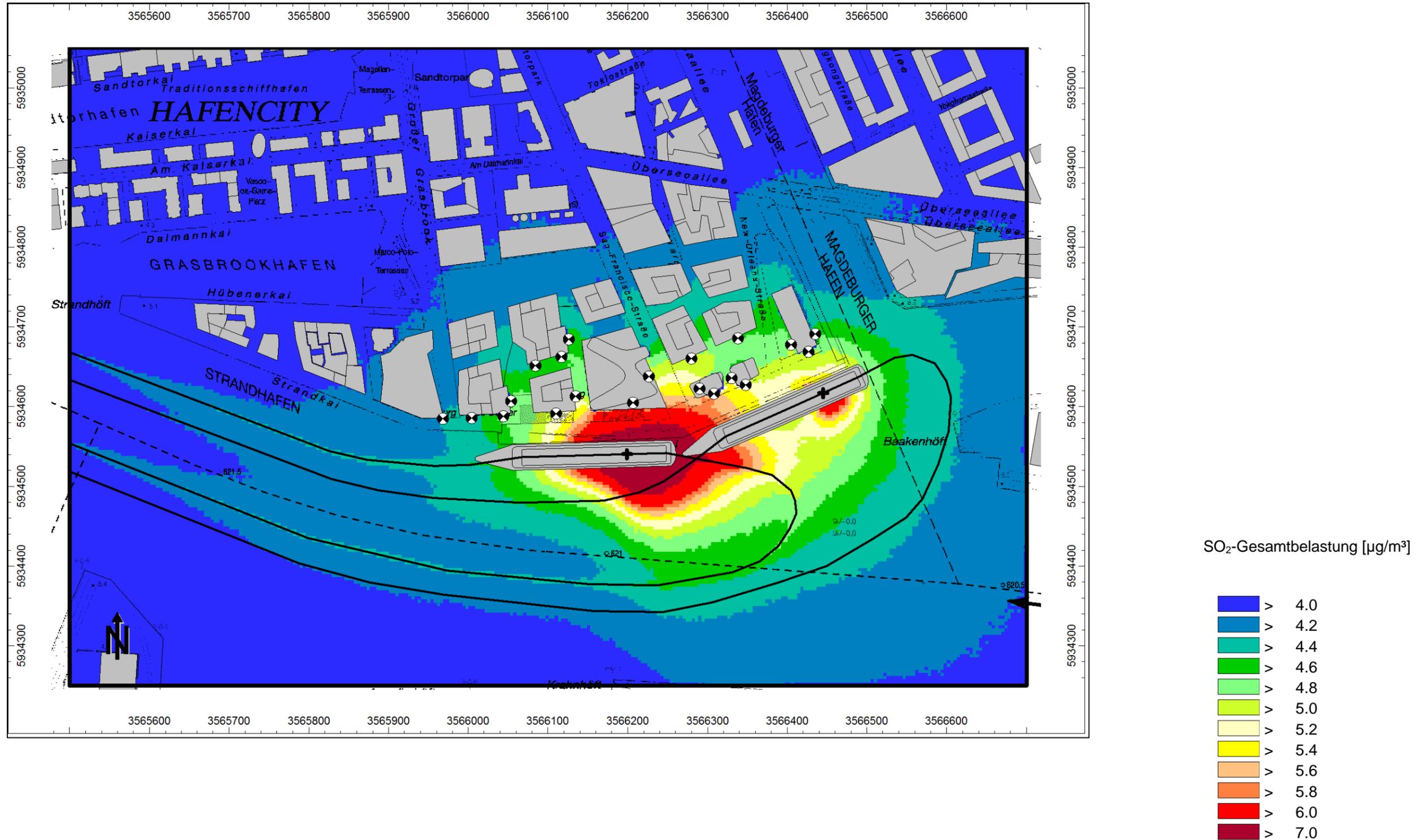
A 6.2.1.1 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.2.1.2 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m

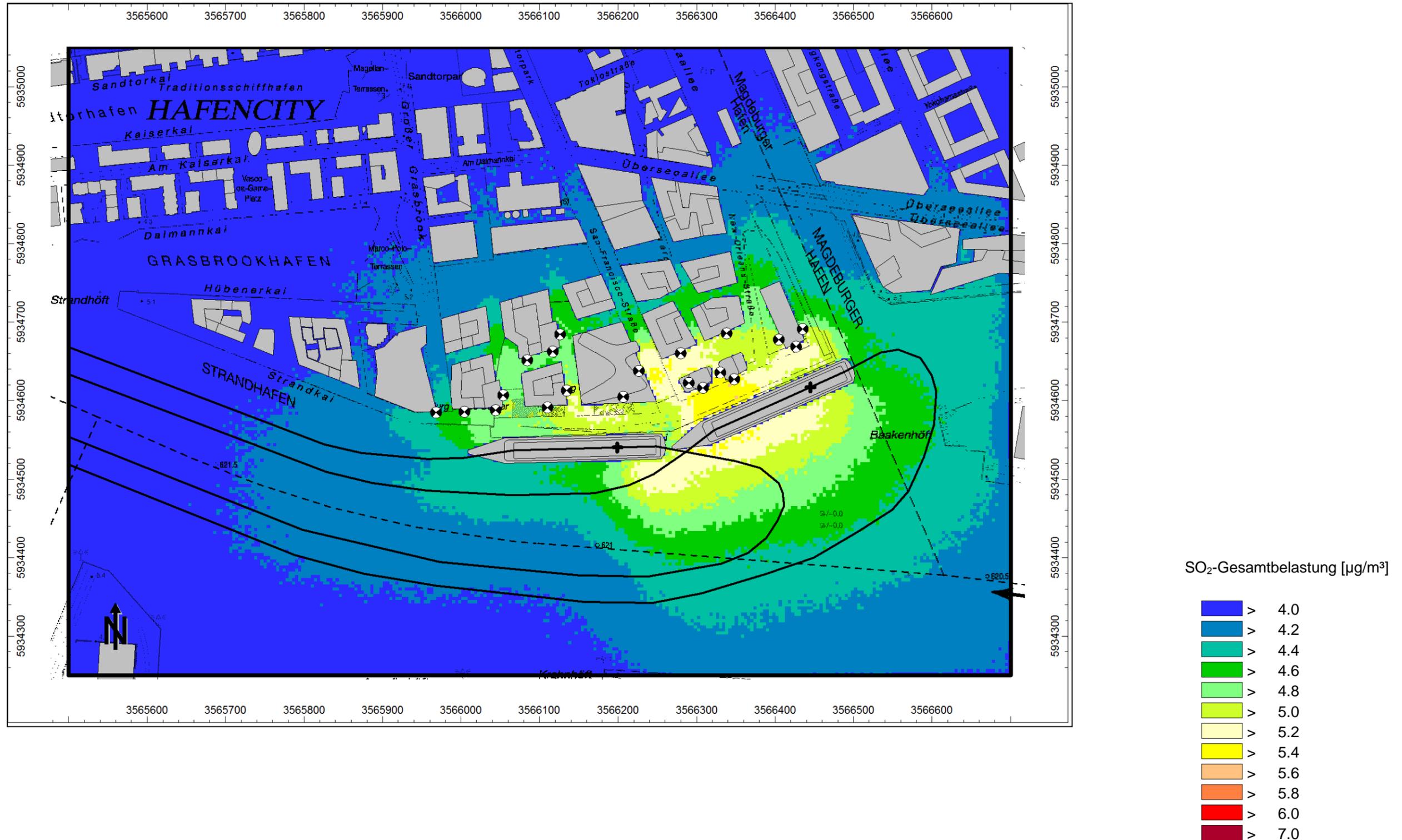


A 6.2.1.3 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m

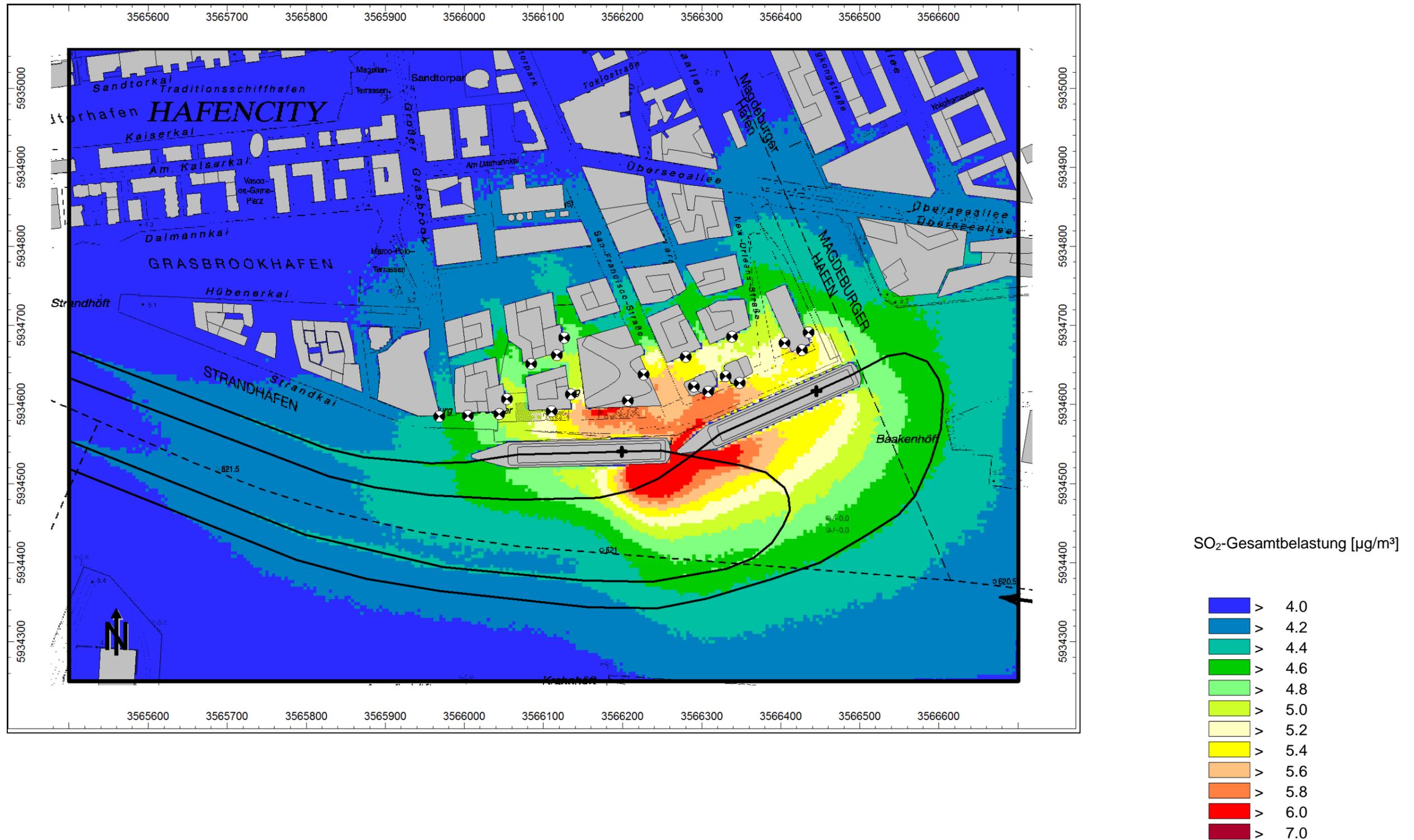


A 6.2.2 Fall 2: Jahr 2025

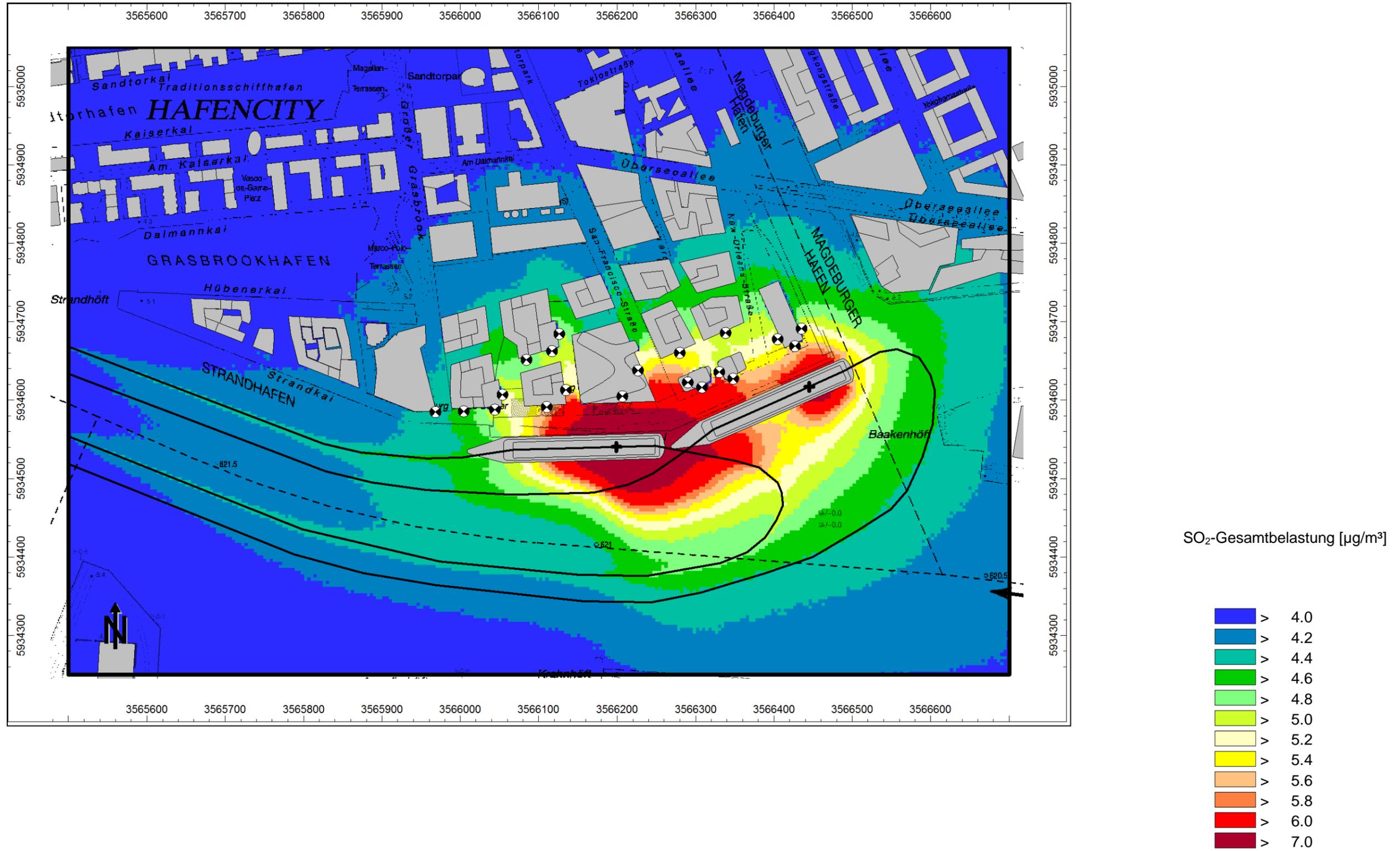
A 6.2.2.1 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.2.2.2 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m



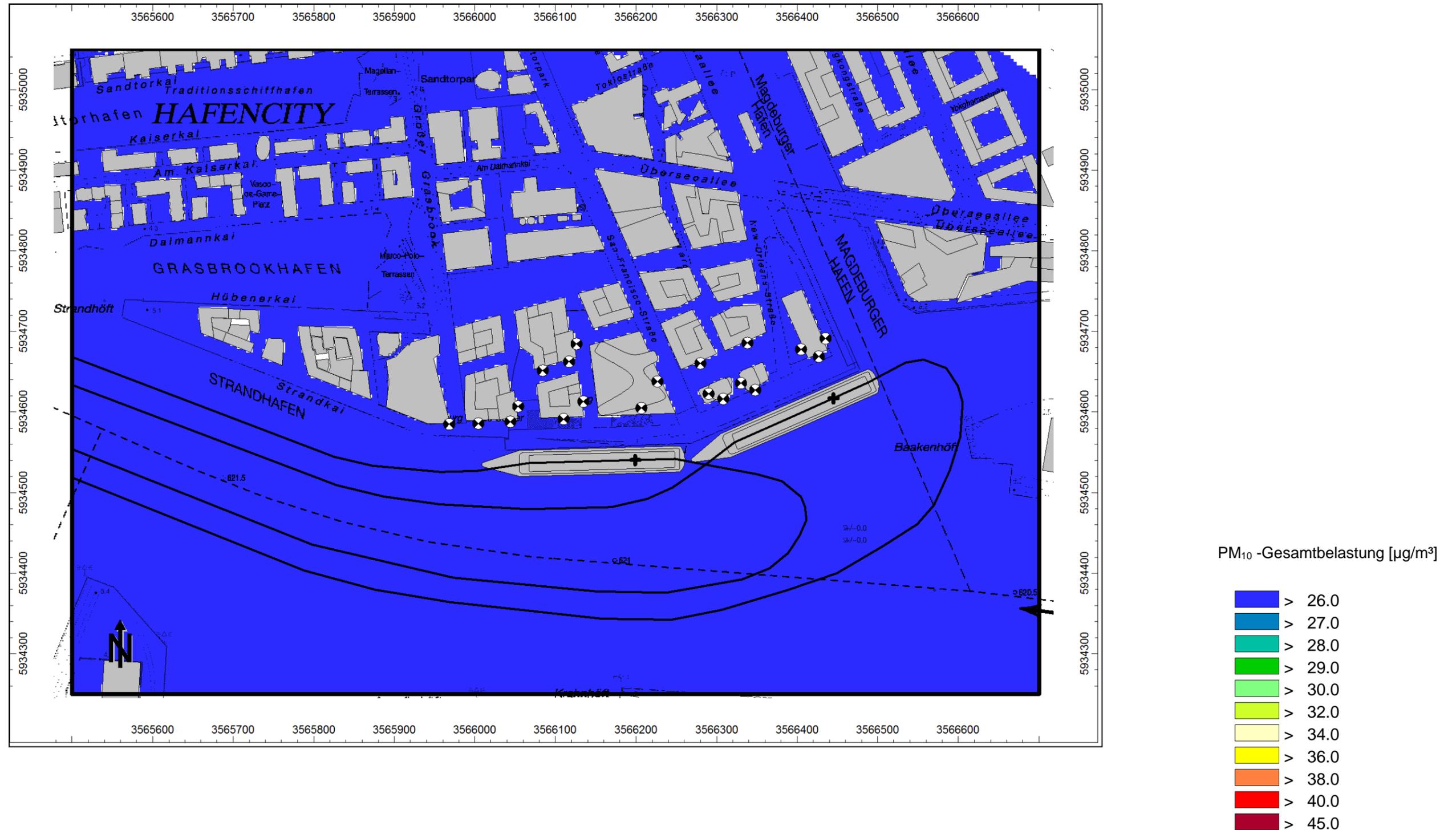
A 6.2.2.3 SO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m



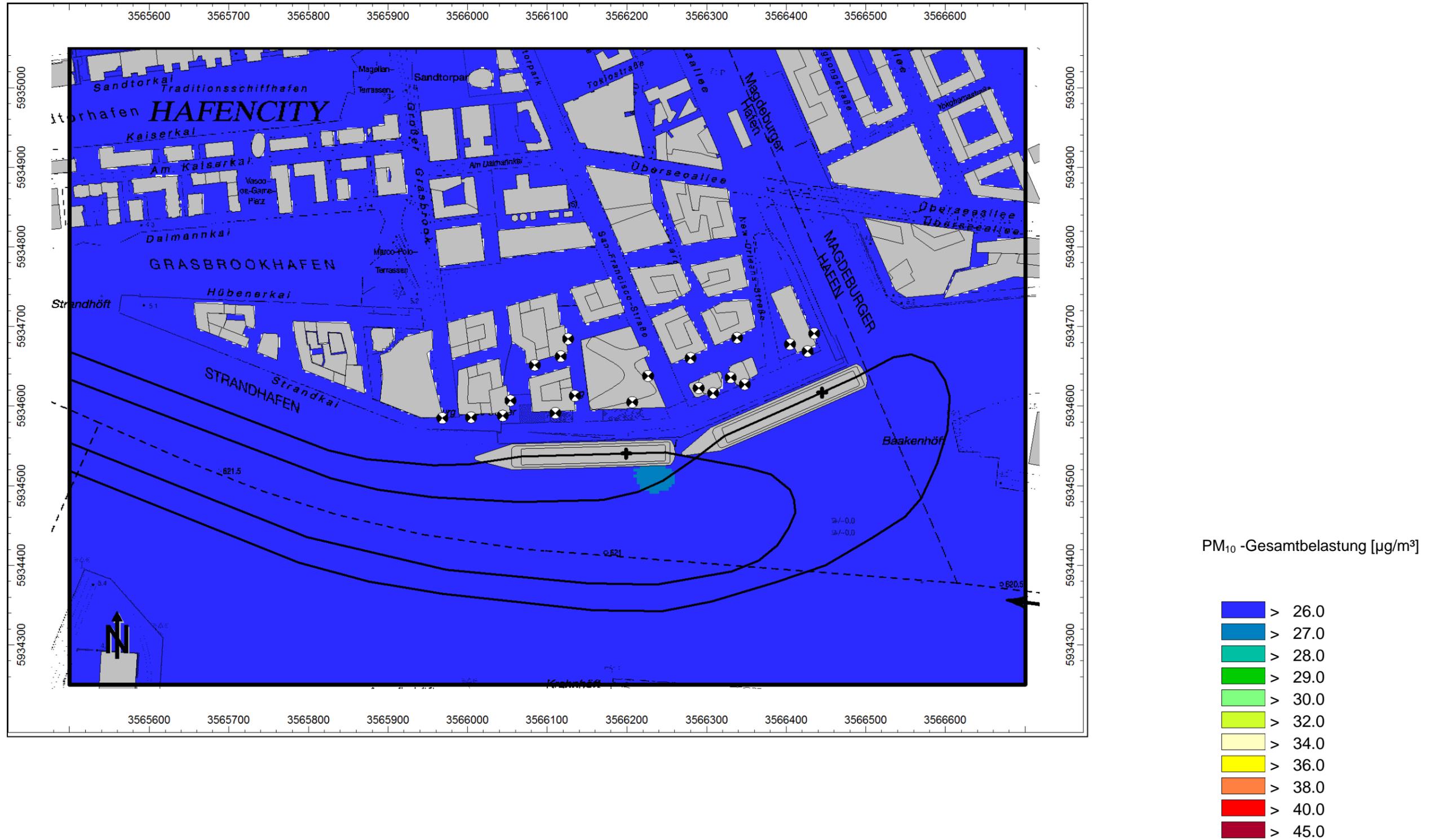
A 6.3 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 6.3.1 Fall 1: Jahr 2020

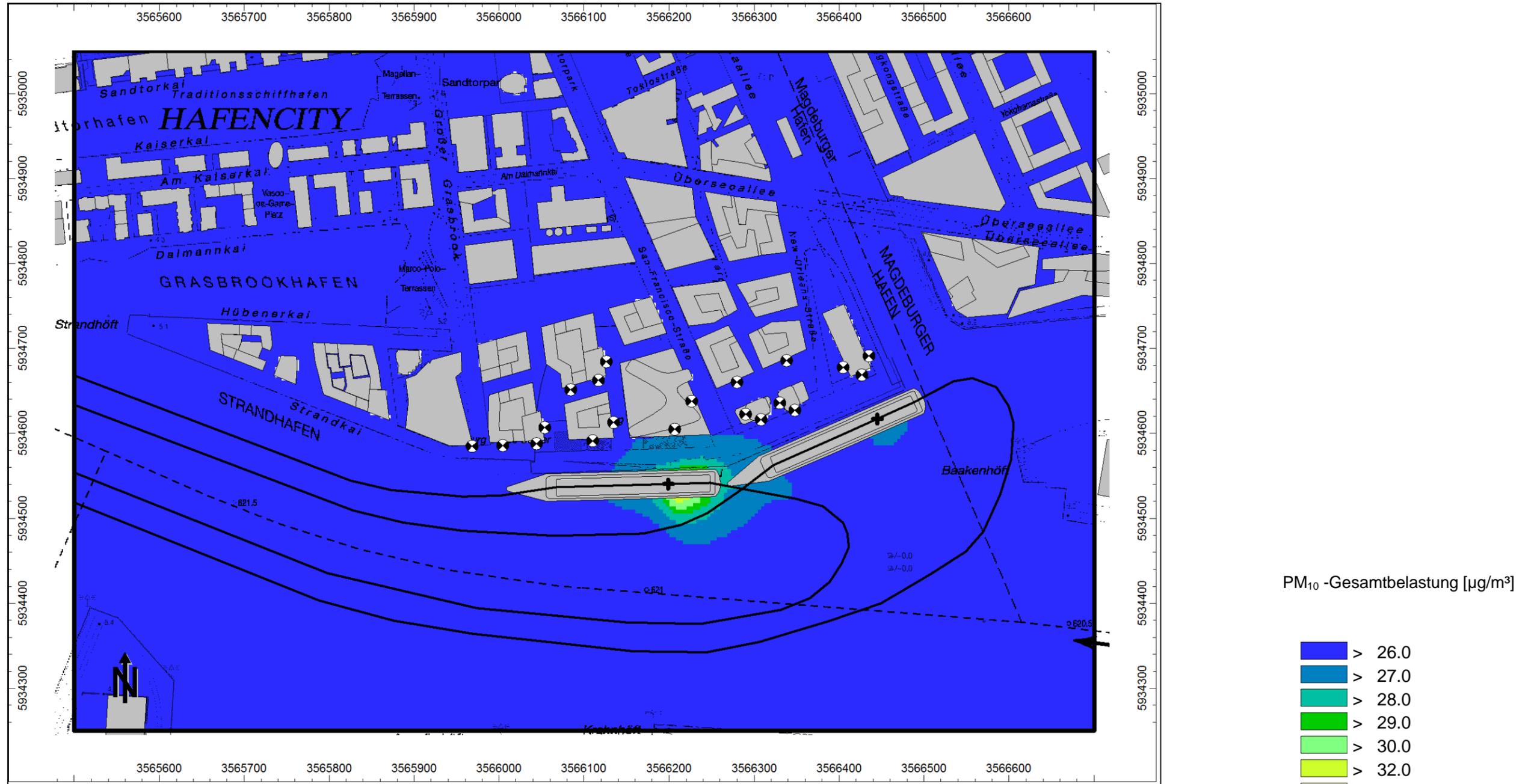
A 6.3.1.1 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.3.1.2 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 22,5 m

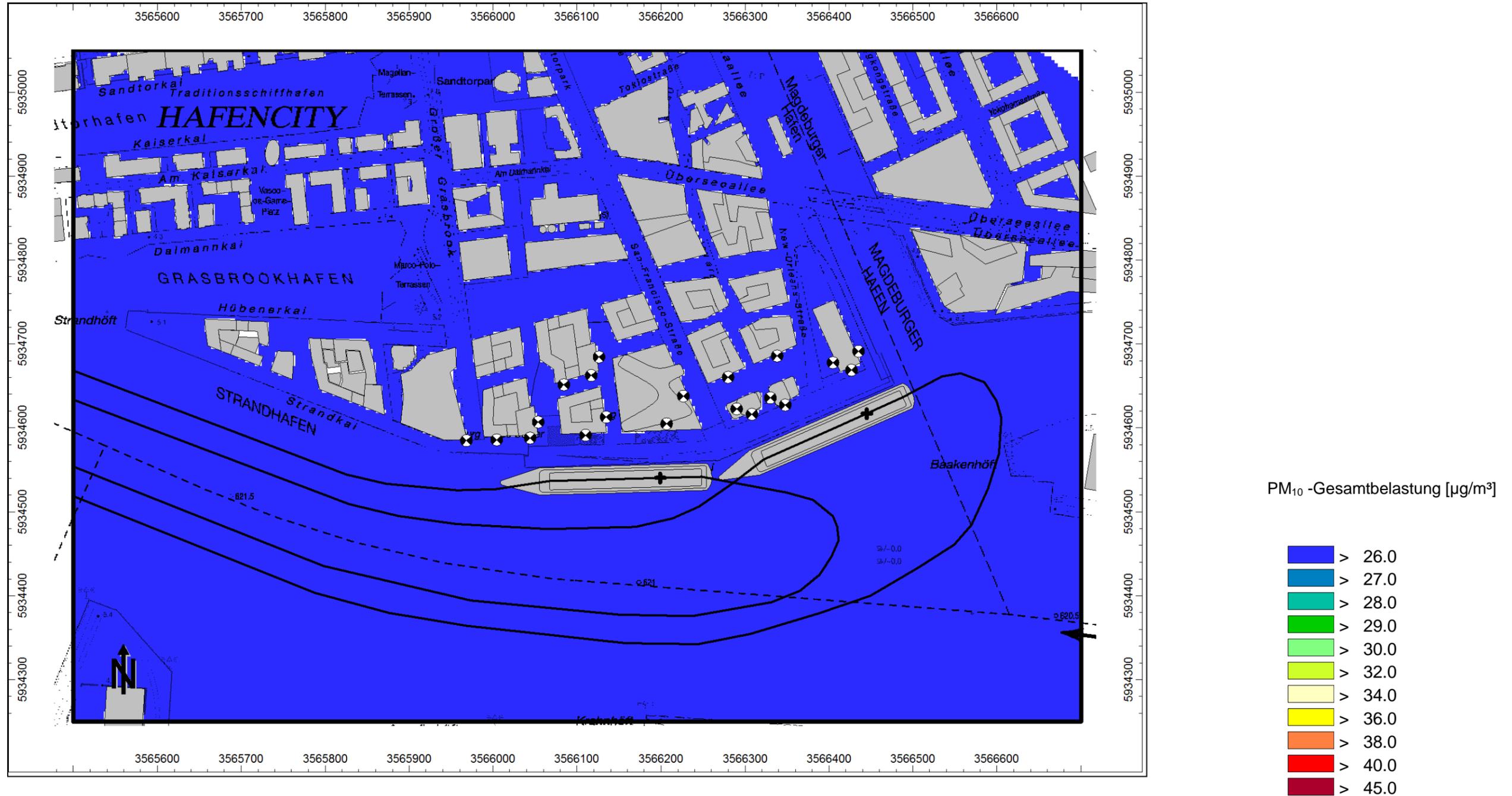


A 6.3.1.3 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 37,5 m

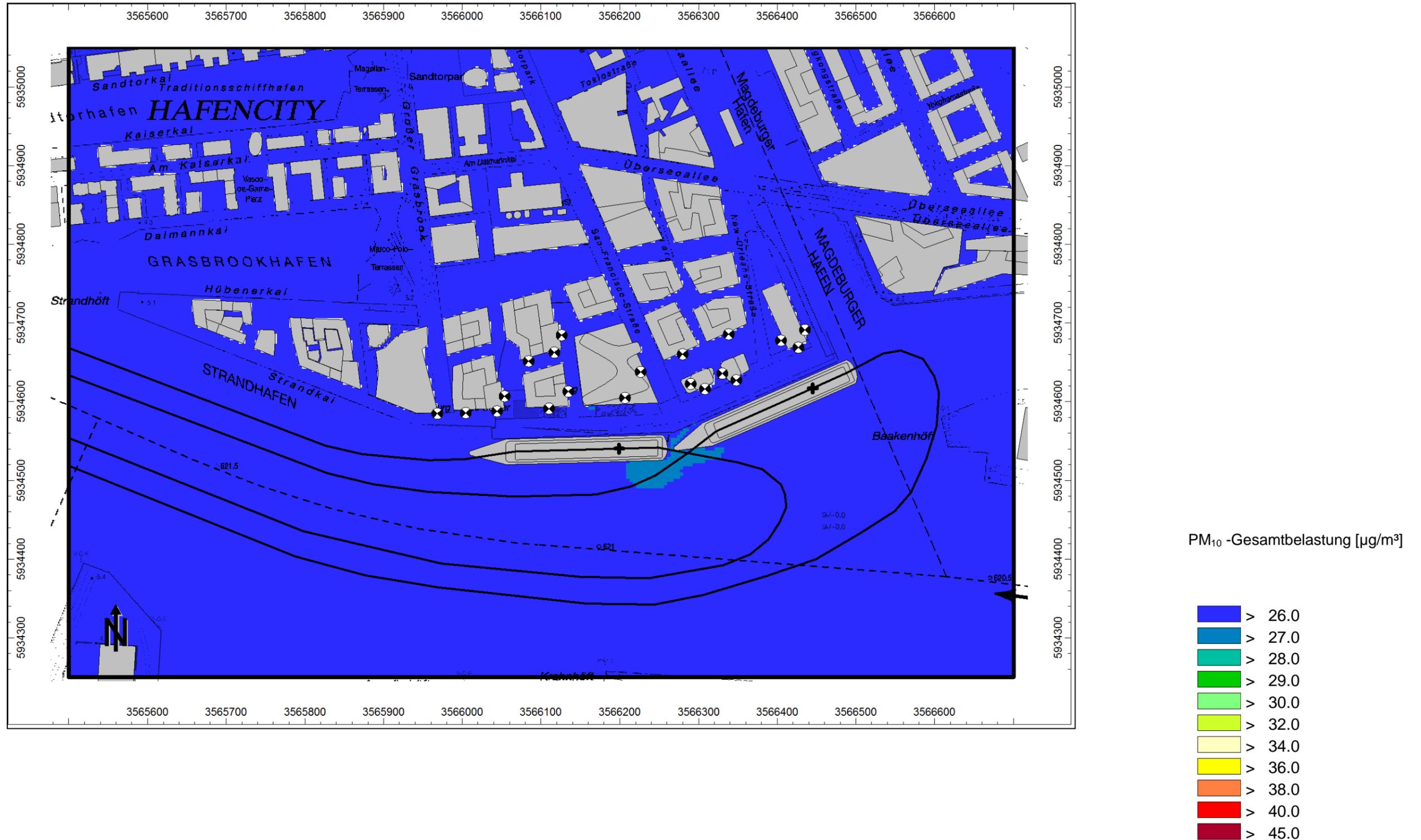


A 6.3.2 Fall 2: Jahr 2025

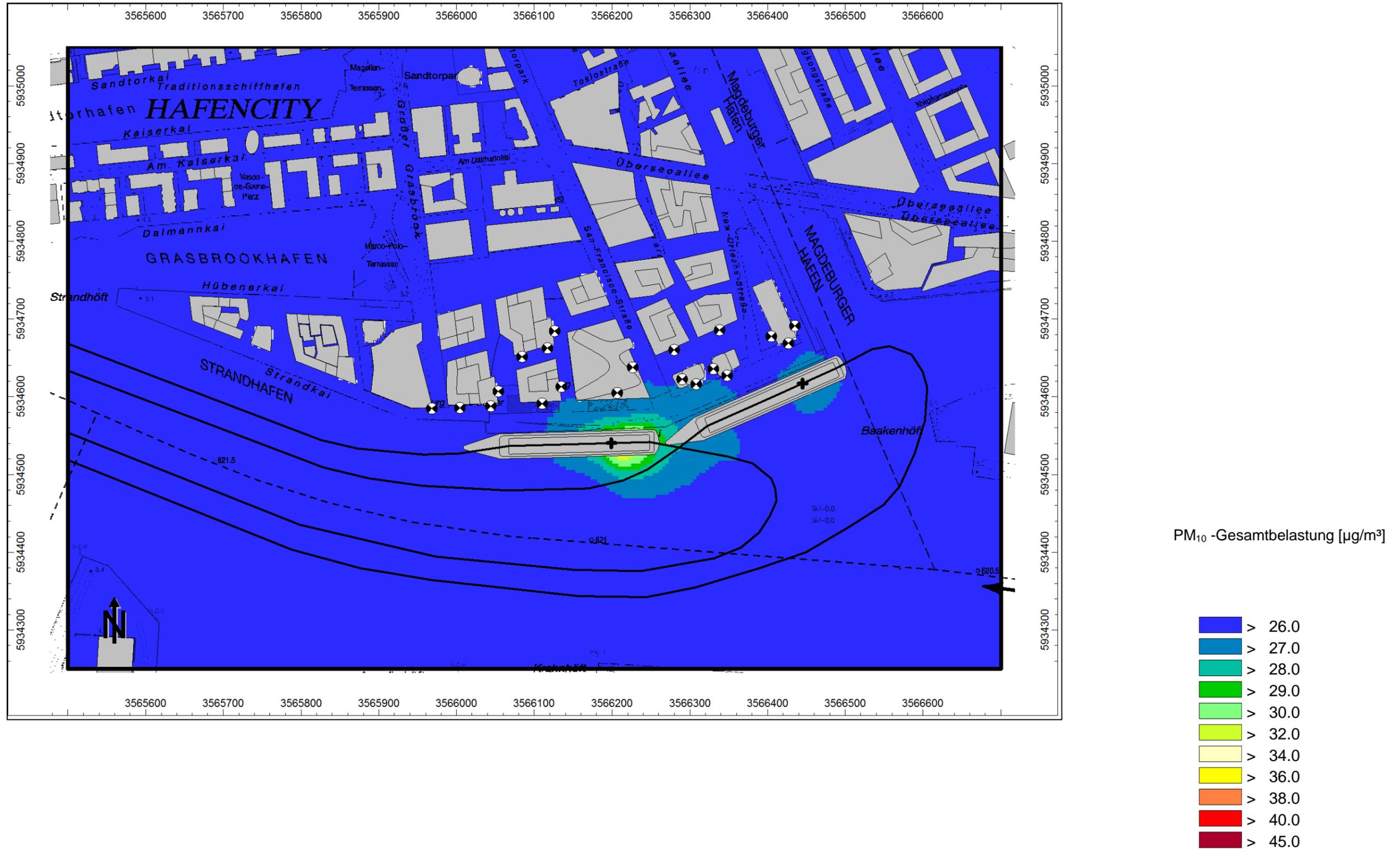
A 6.3.2.1 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.3.2.2 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 22,5 m



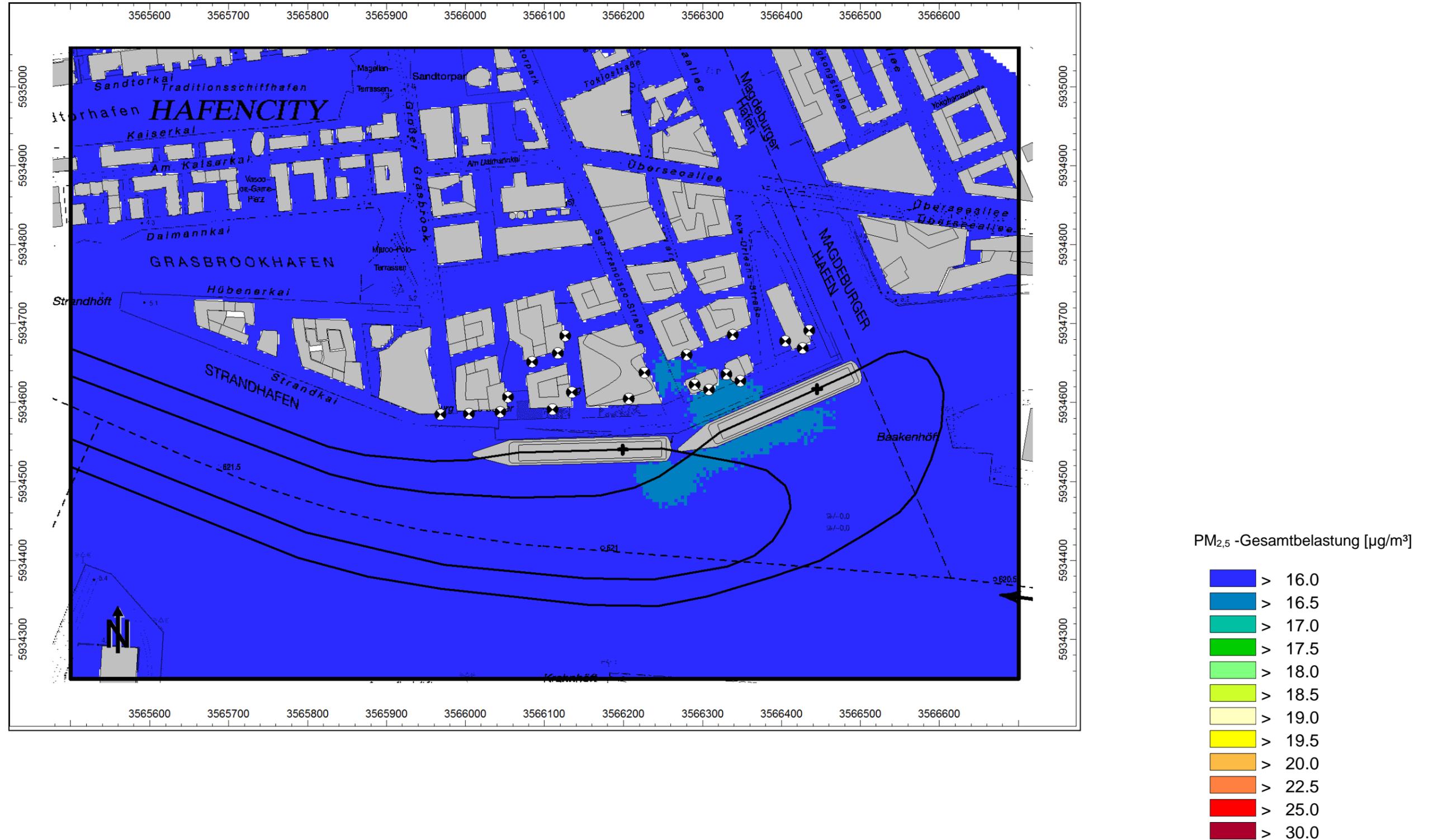
A 6.3.2.3 PM₁₀, J00, Auswertehöhe 37,5 m



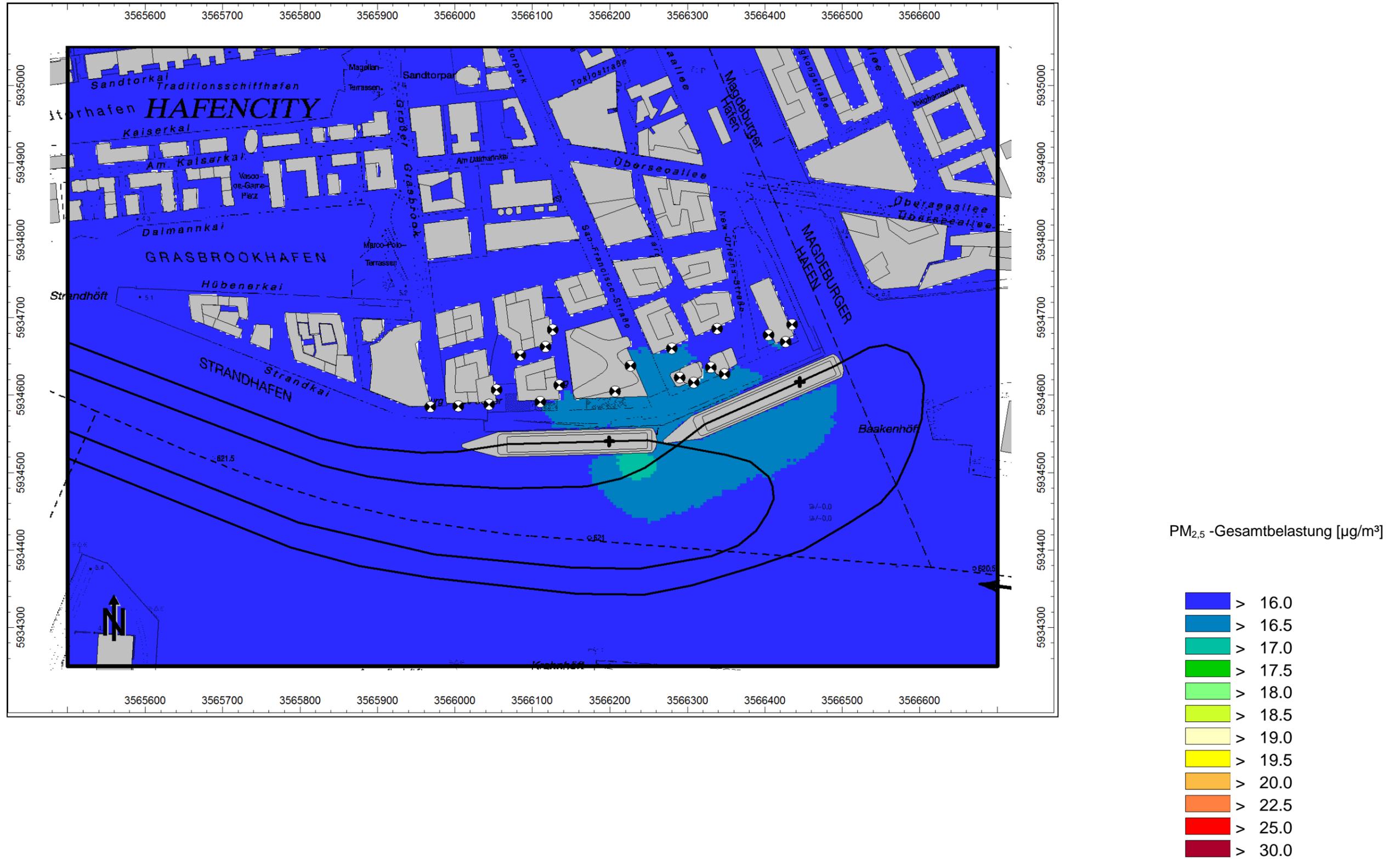
A 6.4 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 6.4.1 Fall 1: Jahr 2020

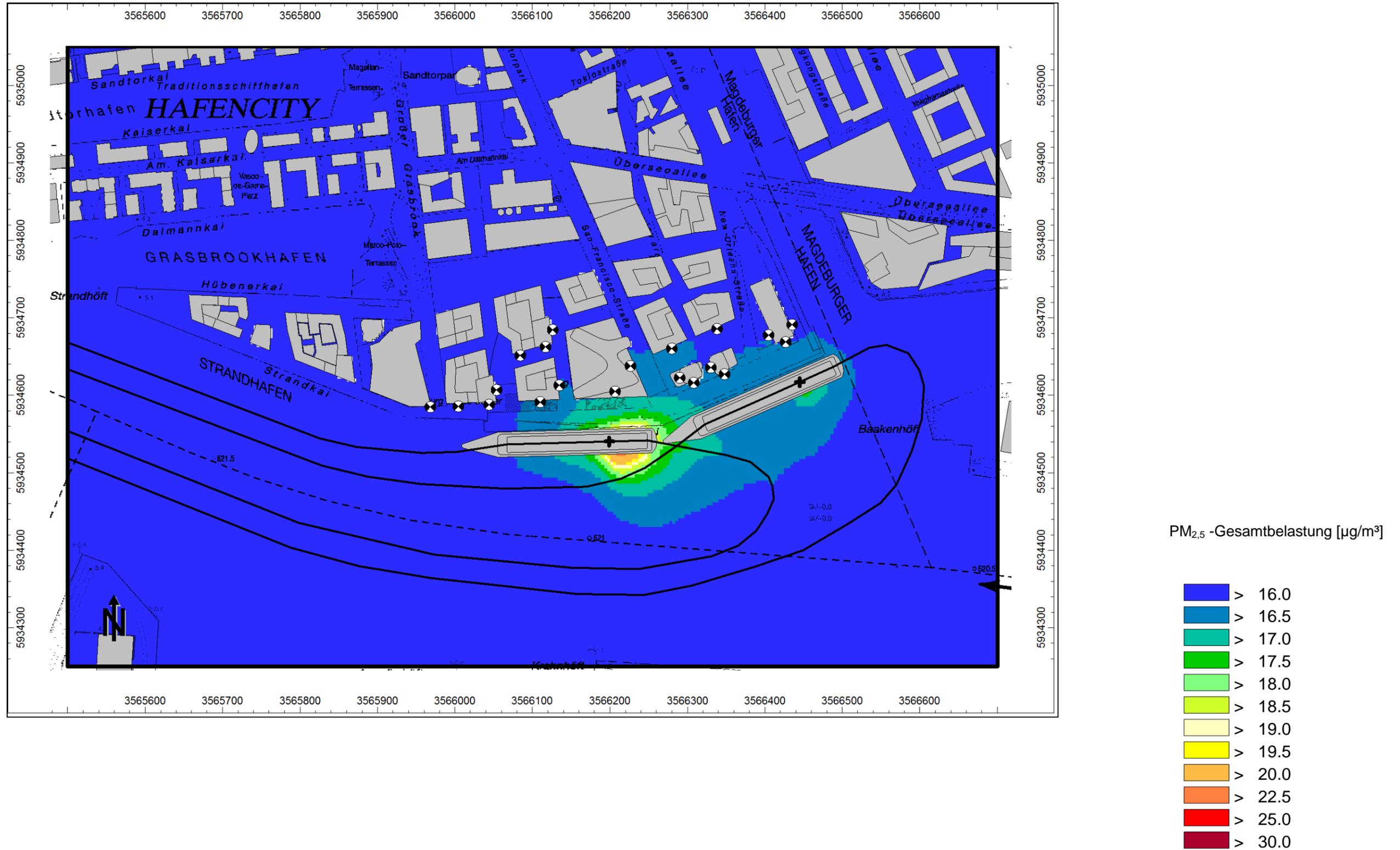
A 6.4.1.1 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 6.4.1.2 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 22,5 m

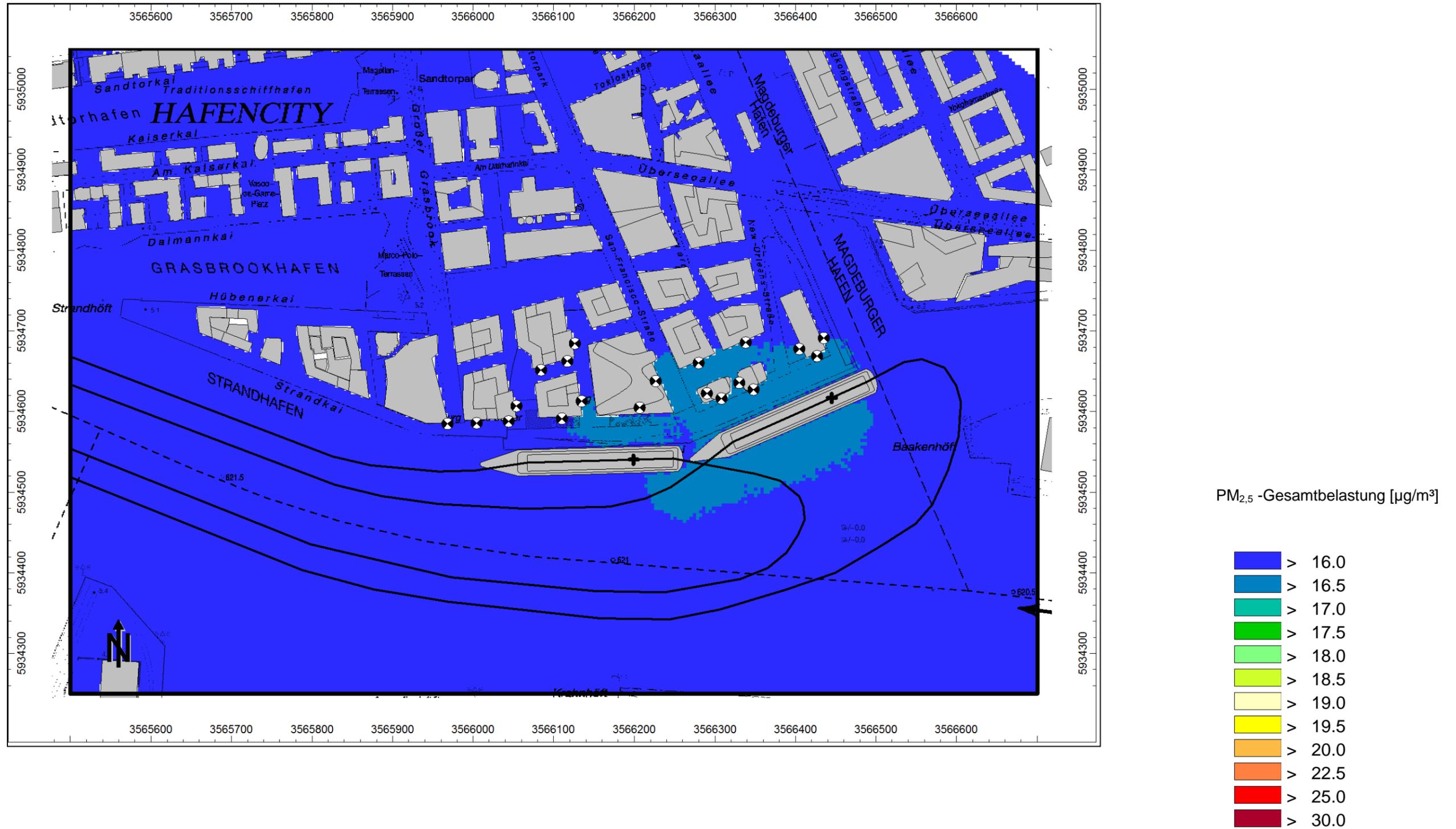


A 6.4.1.3 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 37,5 m

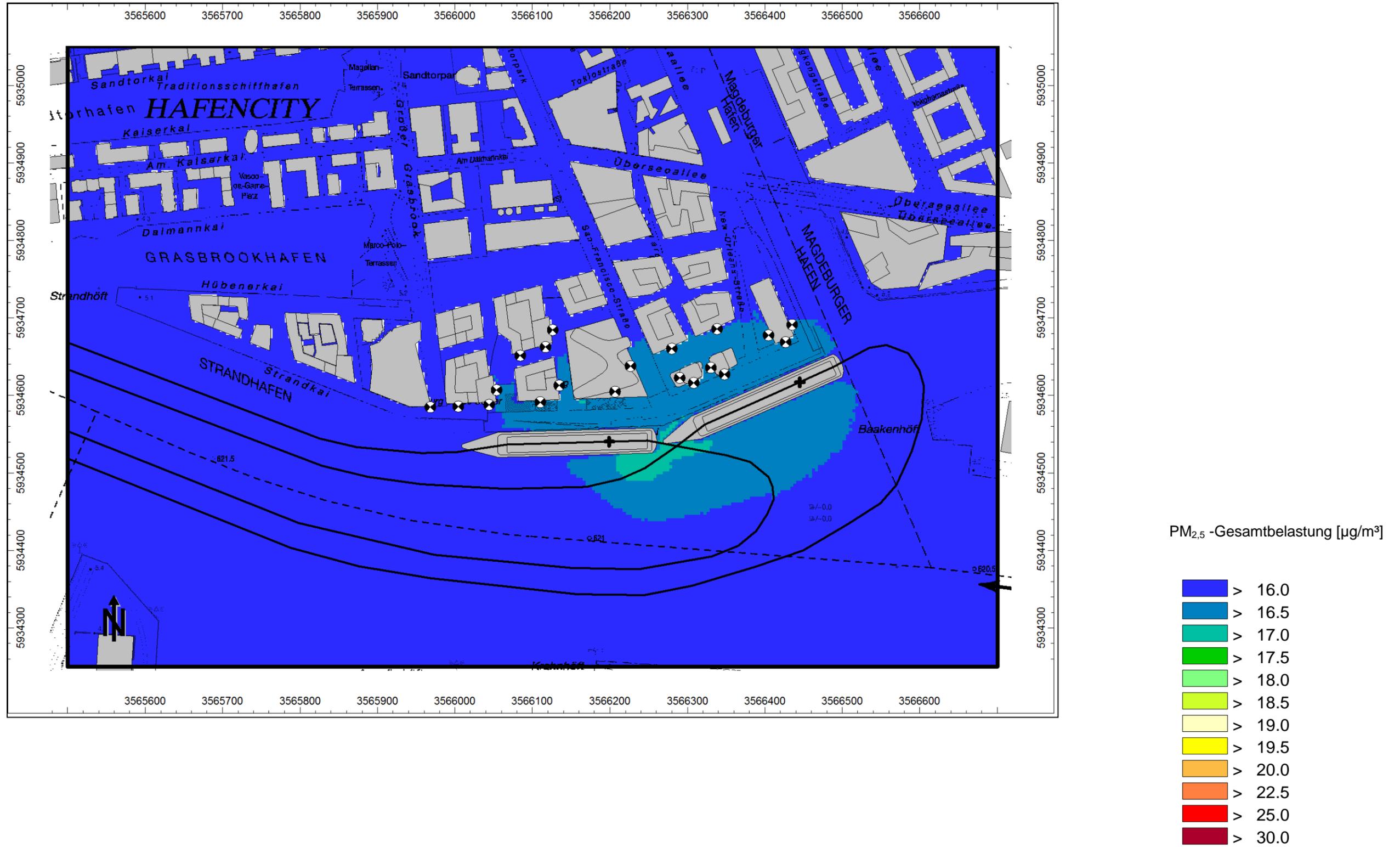


A 6.4.2 Fall 2: Jahr 2025

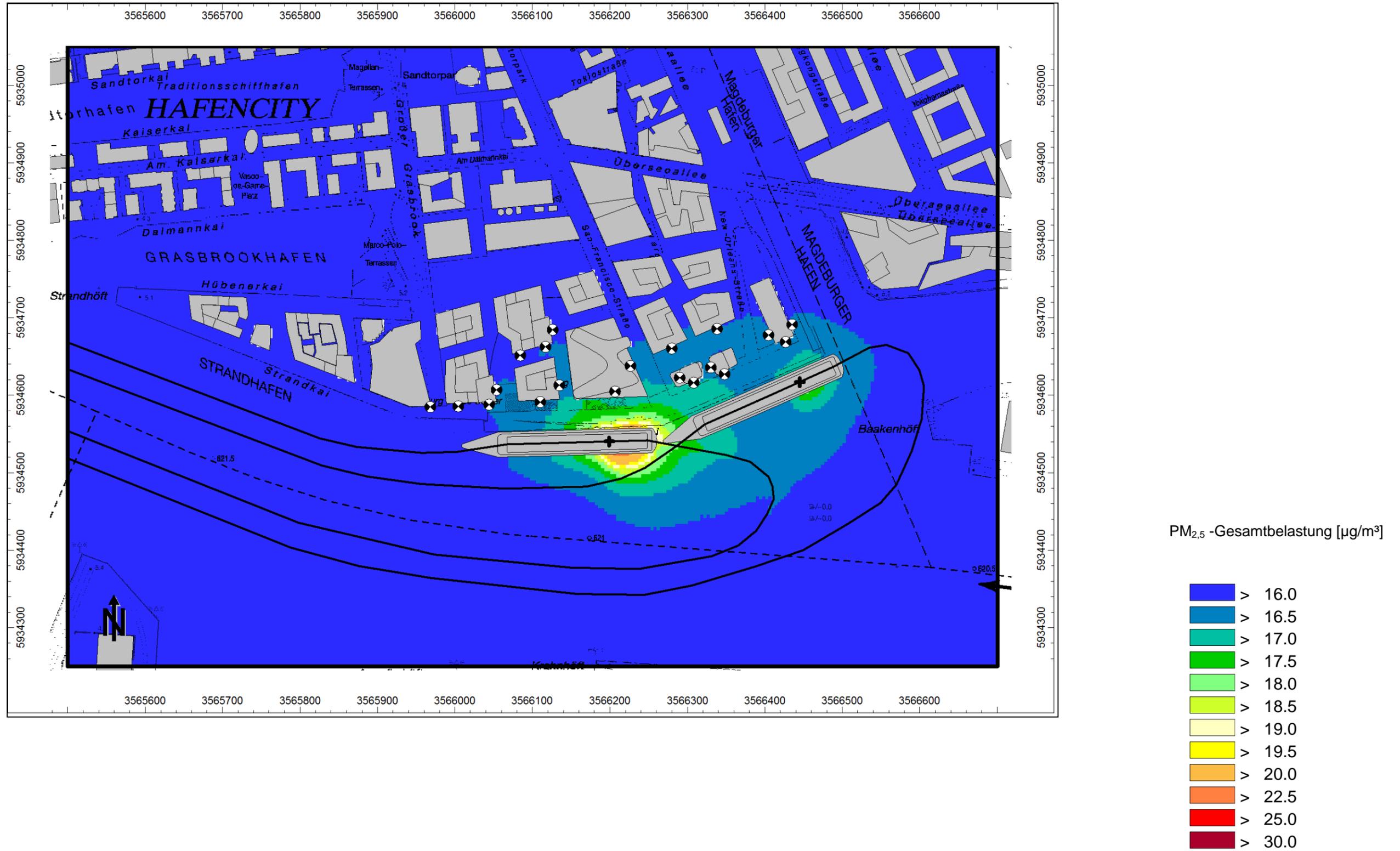
A 6.4.2.1 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 1,5 m



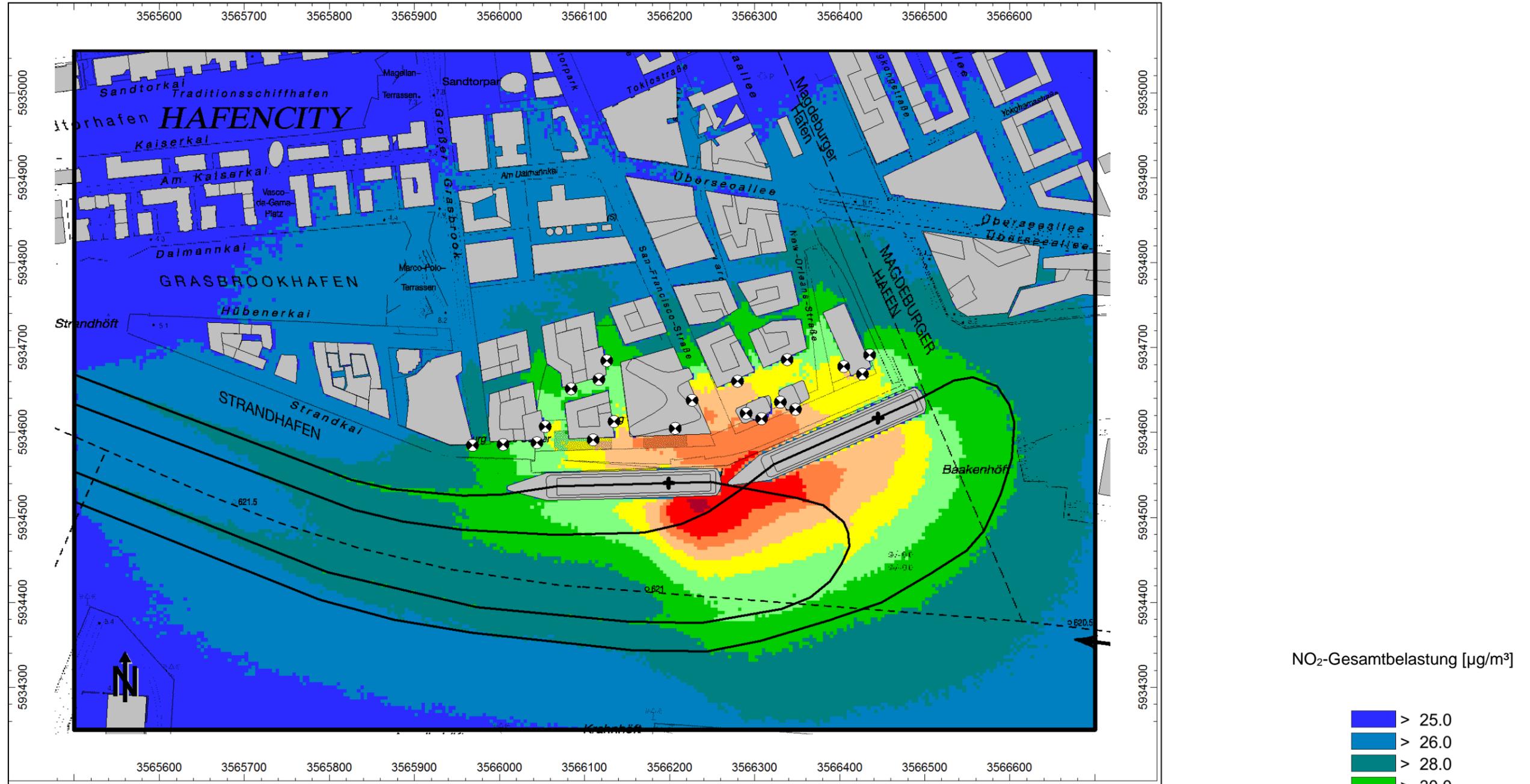
A 6.4.2.2 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 22,5 m



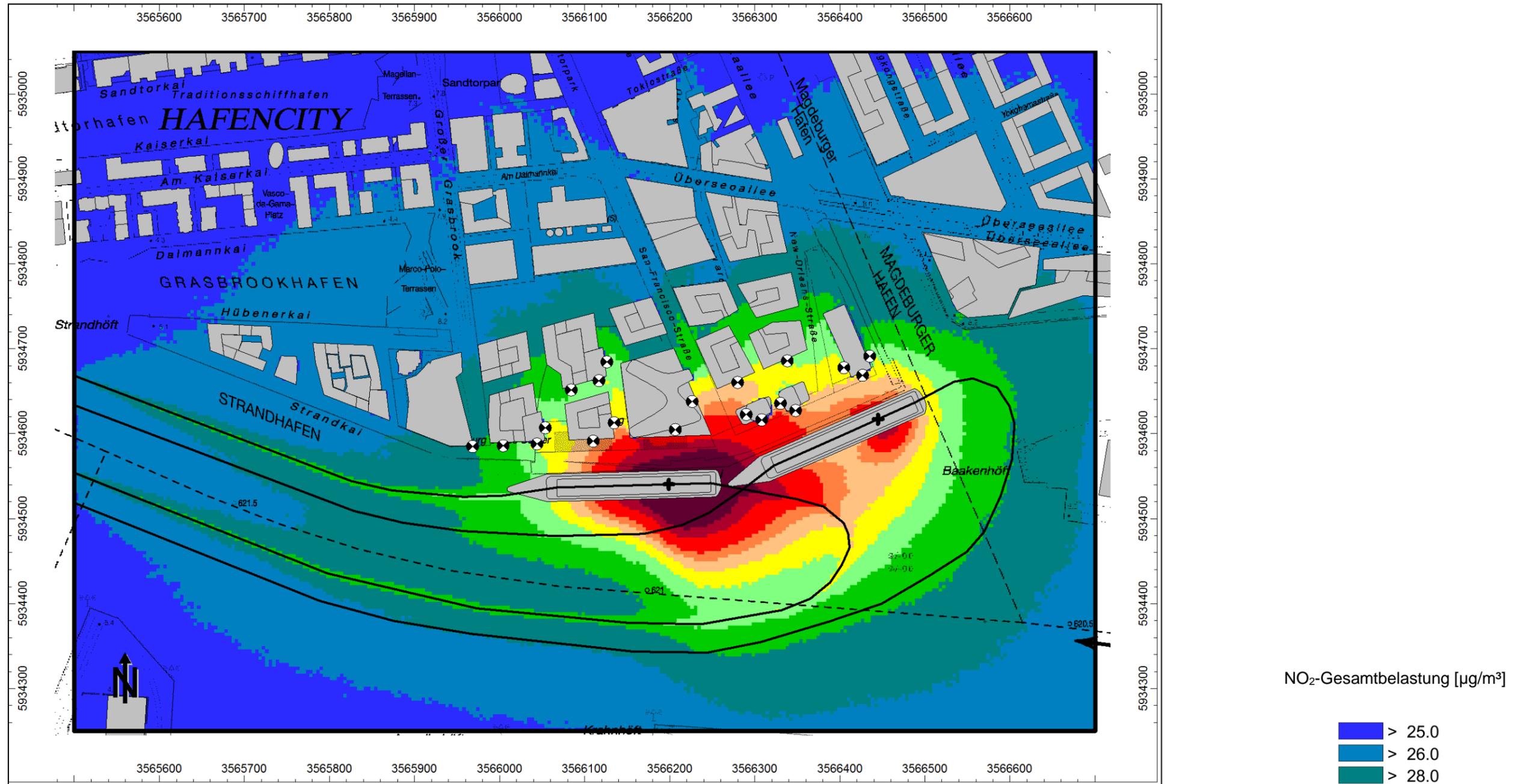
A 6.4.2.3 PM_{2,5}, J00, Auswertehöhe 37,5 m



A 7.1.2 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m

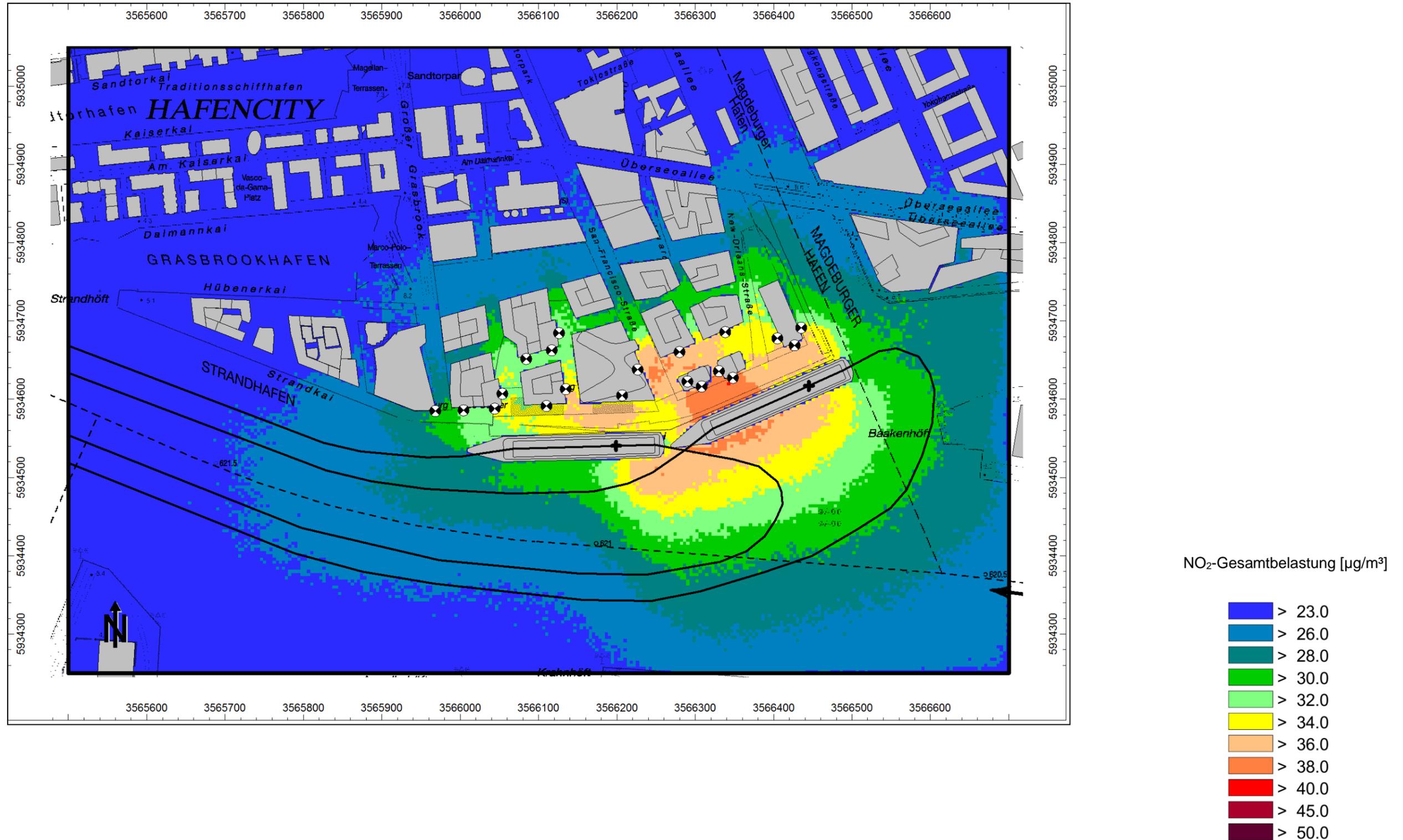


A 7.1.3 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m

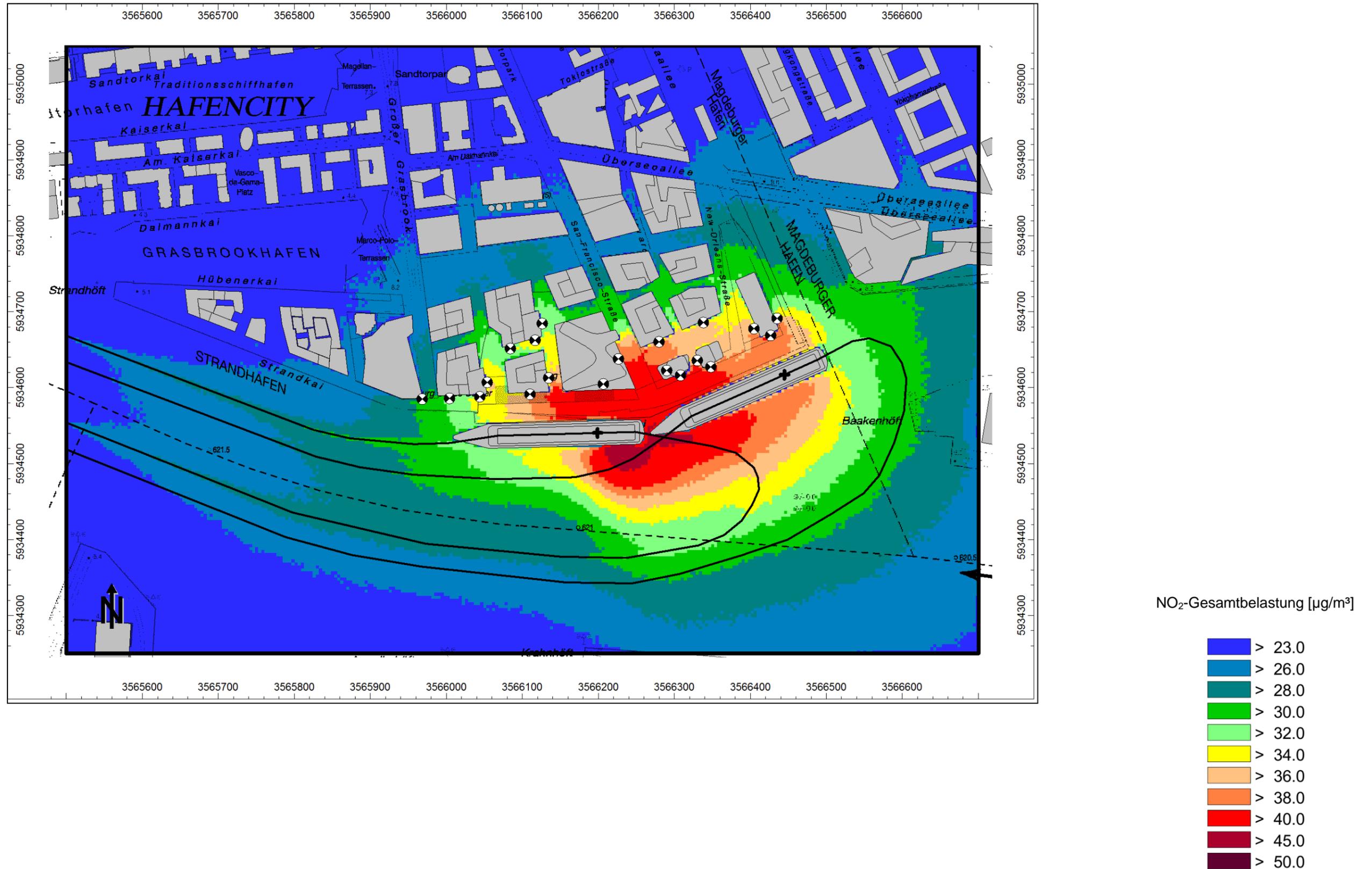


A 7.2 Fall 1: Jahr 2025

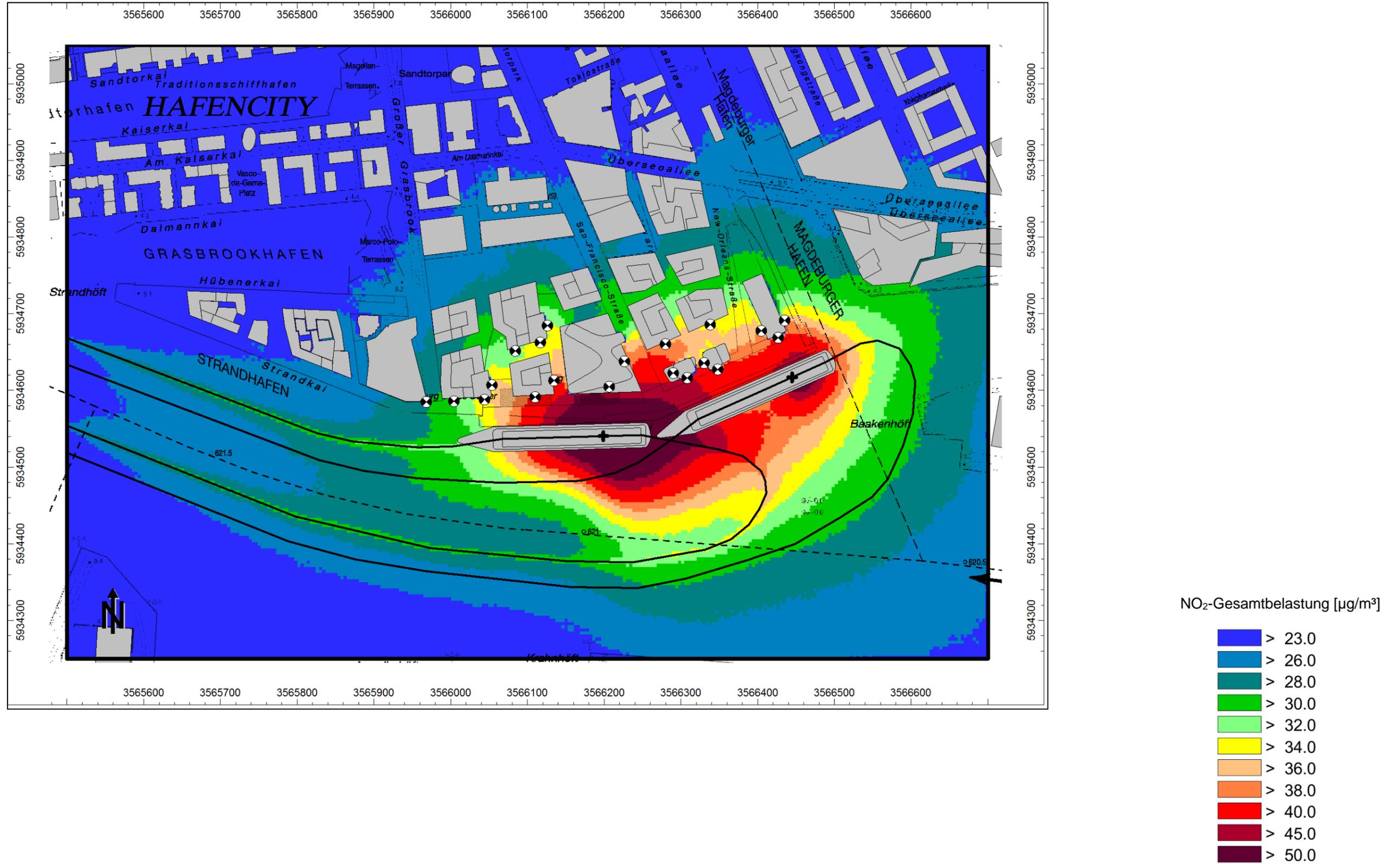
A 7.2.1 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 1,5 m



A 7.2.2 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 22,5 m



A 7.2.3 NO₂, Jahresmittelwert J00, Auswertehöhe 37,5 m



Bebauungsplan HafenCity 15 der Freien und Hansestadt Hamburg

Stellungnahme zu Luftschadstoffimmissionen durch den Betrieb des Kreuzfahrtterminals

Projektnummer: 12110.05



Beratendes Ingenieurbüro
für Akustik, Luftreinhaltung
und Immissionschutz

Bekannt gegebene Messstelle
nach §29b BImSchG
(Geräuschmessungen)

Haferkamp 6
22941 Bargteheide

Ansprechpartner
Dr. Bernd Burandt
Tel.: +49 (4532) 2809-0
Fax: +49 (4532) 2809-15
burandt@laim.de



1. Anlass und Aufgabenstellung

Die Freie und Hansestadt Hamburg stellt derzeit für das südliche Überseequartier den Bebauungsplan HafenCity 15 auf, der den aktuell geltenden Bebauungsplan HafenCity 5 in dem neuen Geltungsbereich ablösen wird.

Im Rahmen der Bauleitplanung ist u.a. der Schutz des Plangebiets vor Luftschadstoffimmissionen sicherzustellen.

Die Beurteilung erfolgt auf Grundlage der aktuellen Grenz- und Richtwerte auf nationaler und europäischer Ebene (39. BImSchV, TA Luft). Als maßgebliche Schadstoffkomponenten werden Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂) und Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} betrachtet.

Die Luftschadstoffsituation durch den Betrieb des Kreuzfahrtterminals wurde bereits zur Aufstellung des Bebauungsplans HafenCity 5 in einem Gutachten vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2006) untersucht. Aufgrund von Überschreitungen der Grenzwerte wurden Festsetzungen zum Schutz der Bebauung erarbeitet.

Zur Prüfung von Minderungspotentialen durch Landstromanschlüsse und eine Stromversorgung durch eine LNG-Barge wurden weitere Ermittlungen durchgeführt, die auch das Kreuzfahrtterminal HafenCity umfassen (LAIRM CONSULT GmbH, März 2013). Dabei wurden detailliertere Abgasemissionen der Kreuzfahrtschiffe auf Grundlage aktueller Erhebungen einbezogen, so dass sich gegenüber der vorhergehenden Untersuchung aus 2006 auch ohne Minderungsmaßnahmen bereits geringere Immissionen ergaben.

Darauf aufbauend wurden ergänzende Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, die Belastbarkeit der aktuellen Aussagen hinsichtlich der Überschreitung bzw. Ein-

haltung der Immissionsgrenzwerte zu prüfen (LAIRM CONSULT GmbH, November 2013). In einer weiteren Ergänzung wurden zusätzlich mögliche Zunahmen der Anzahl der Kreuzfahrtschiffe geprüft (LAIRM CONSULT GmbH, Mai / Juli 2014), wobei erhebliche Zuwächse eingerechnet wurden, die die Prognose der Hamburg Port Authority (HPA) noch deutlich übertreffen.

Im Rahmen der vorliegenden Stellungnahme wird geprüft, ob für die vorliegende Bauleitplanung eine weitere detaillierte Berechnung der Luftschadstoffimmissionen durch den Betrieb des Kreuzfahrterminals erforderlich ist, insbesondere um geeignete Festsetzungen ableiten zu können.

2. Örtliche Situation

Das Kreuzfahrterminal HafenCity befindet sich in der westlichen HafenCity. Das Terminal am Chicagokai verfügt über zwei Liegeplätze mit einer Länge von 330 Metern sowie 295 Metern.

Der Geltungsbereich des Bebauungsplans HafenCity 15 umfasst den Bereich südlich der Straße Am Sandtorkai bis inklusive des Chicagokais im Süden und wird im Osten durch den Magdeburger Hafen und im Westen durch die Straße Am Sandtorpark begrenzt. Im Süden liegen die San-Francisco-Straße und die westlich angrenzende Fläche teilweise noch im Plangeltungsbereich.

Der aktuelle Funktionsplan sieht am Chicagokai eine Kerngebietsnutzung (MK) vor. Westlich der San-Francisco-Straße ist eine Bebauung mit 7 Vollgeschossen geplant, im östlichen Eckbereich zum Magdeburger Hafen eine Bebauung mit 19 Vollgeschossen. Zwischen dem Chicagokai und dem Überseeplatz sind zwei Baukörper mit 14 Vollgeschossen vorgesehen.

In den bisher erstellten Gutachten wurden die geplanten Baukörper explizit berücksichtigt. Dabei wurden Gebäudehöhen von bis zu 42,5 m westlich der San-Francisco-Straße, von 80,5 m im östlichen Eckbereich und von etwa 45 m für die dazwischen liegenden Gebäude zugrunde gelegt. Die Struktur der Bebauung ist der aktuellen Planung vergleichbar, insbesondere im Hinblick auf die am Chicagokai gelegene Randbebauung und die Baulücken.

3. Beurteilung

Die vorhergehenden aktuellen Untersuchungen aus dem Jahr 2013 zeigen, dass Grenzwertüberschreitungen nur für die Stickstoffdioxidbelastungen zu erwarten sind. Diese beschränken sich überwiegend auf die erste Baureihe am Chicagokai. Werden die hohen Schiffszahlen der Studie aus 2014 zugrunde gelegt, so dehnen sich die Grenzwertüberschreitungen für Stickstoffdioxid bis etwa zur zweiten Baureihe hin aus. Für die anderen Luftschadstoffkomponenten Schwefeldioxid und Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} sind keine Überschreitungen der Grenzwerte zu erwarten, auch nicht bei den hohen Schiffszahlen.

Die Untersuchungen zeigen, dass im Wesentlichen die direkt am Chicagokai gelegene Bebauung die Luftschadstoffausbreitung beeinflusst. Dieser Einfluss ist aufgrund der hoch liegenden Quellen der Abgaskamine der Kreuzfahrtschiffe jedoch nicht so maßgebend, dass bei einer geringfügigen Änderung der Bebauungsstruktur mit grundsätzlich anderen Ergebnissen zu rechnen ist. Darüber hinaus ist weiterhin die modellbedingte Auflösung zu berücksichtigen. Vertikal ändert sich die Auflösung der Gitterzellen mit steigender Höhe, wobei die Höhe der Zellen größer wird. Dementsprechend können Unterschiede in den Gebäudehöhen grundsätzlich nur im Rahmen dieser Genauigkeit aufgelöst werden.

Im vorliegenden Fall sind die Unterschiede der grundsätzlichen Bebauungsstruktur im Hinblick auf die Luftschadstoffausbreitung als gering zu bewerten. Teilweise sind etwas geringere Gebäudehöhen geplant, als in den vorhergehenden Untersuchungen eingerechnet. Tendenziell werden sich daher eine bessere Durchlüftung und geringere Schadstoffkonzentrationen ergeben. Aufgrund der geringen Unterschiede und der obigen Aussagen sind erfahrungsgemäß jedoch keine grundsätzlich anderen Ergebnisse zu erwarten.

Aus fachlicher Sicht ist es daher möglich, im Rahmen der Bauleitplanung zum Bebauungsplan HafenCity 15 die Ergebnisse der vorhergehenden Untersuchungen aus den Jahren 2013 und 2014 weiter zu verwenden, um daraus geeignete Festsetzungen abzuleiten. Eine weitere detaillierte Berechnung führt aus unserer Sicht zu keinen neuen Erkenntnissen.

Bargteheide, den 10. Dezember 2015

erstellt durch:

geprüft durch:

[REDACTED]
[REDACTED]

[REDACTED]
[REDACTED]

Diese Stellungnahme wurde im Rahmen des erteilten Auftrages für das oben genannte Projekt / Objekt erstellt und unterliegt dem Urheberrecht. Jede anderweitige Verwendung, Mitteilung oder Weitergabe an Dritte sowie die Bereitstellung im Internet – sei es vollständig oder auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Urhebers.