

Gutachten

Prognose der Luftschadstoffbelastung 2015 bei Umsetzung des vorhabenbezogenen Bebauungsplans „Altona-Altstadt 59“

Auftraggeber:

cds Wohnbau Hamburg GmbH

Alter Teichweg 23a

22081 Hamburg

Pinneberg, den 13. Oktober 2012

Version 1.0

Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung.....	3
Ergebnisse	3
1. Situation und Aufgabenstellung	4
2. Methodik und Untersuchungsumfang	7
3. Datengrundlage.....	10
3.1. Modellgebiet und Bebauung.....	10
3.2. Meteorologie	11
3.3. Emissionen	12
3.4. Hintergrundbelastung.....	17
4. Ergebnisse	19
Literatur.....	30

Aufgabenstellung

Der Auftraggeber plant die Entwicklung neuer Wohnbebauung nahe der Holstenstraße im Hamburger Stadtteil Altona. Zur planrechtlichen Absicherung des Vorhabens befindet sich der Bebauungsplan „Altona-Altstadt 59“ in der Überarbeitung bzw. Neuaufstellung. Das Plangebiet umfasst das Areal zwischen Holstenstraße, Thadenstraße und Norderreihe.

Die Holstenstraße zählt zu den mäßig belasteten Hauptverkehrsstraßen Hamburgs. Auch die nördlich kreuzende Max-Brauer-Allee ist vergleichbar stark frequentiert. Wegen der hohen innerstädtischen Hintergrundbelastung in Kombination mit den lokalen Verkehrsemissionen und engen Straßenquerschnitte könnte es im Plangebiet und dessen näherer Umgebung zu Überschreitungen der zulässigen Immissionsgrenzwerte kommen.

Aufgabe dieses Gutachtens ist die Prognose der aus dem Verkehr resultierenden Luftschadstoffbelastung mit Stickoxiden (NO_2) und Feinstäuben (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) sowie deren Bewertung unter Berücksichtigung einer ebenfalls prognostizierten Hintergrundbelastung für den Prognose-Planfall 2015.

Ergebnisse

Im Bezugsjahr 2015 ist innerhalb des Bebauungsplangebietes „Altona-Altstadt 59“ auf Grund der Modellrechnungen mit keinen Überschreitungen der Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO_2) und die beiden Feinstaubfraktionen PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ innerhalb von nutzungssensiblen Bereichen zu rechnen. In unmittelbarer Nähe zum Plangebiet zeigen die Berechnungen an zwei Wohngebäuden leichte Überschreitungen, die möglicherweise auf die Planungen zurückzuführen sind. In den Jahren nach 2015 ist mit einem Rückgang des NO_2 -Immissionsniveaus zu rechnen, so dass dann sehr wahrscheinlich auch hier die Grenzwerte eingehalten werden.

Die höchsten Immissionswerte im Plangebiet treten vor den Fassaden in der Holstenstraße nahe der Einmündung Norderreihe auf. Sie liegen bei 34 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 und bei 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Feinstaub PM_{10} im Jahresmittel. Bei der Feinstaubfraktion $\text{PM}_{2,5}$ werden maximal 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel erreicht. Im Innenbereich des Plangebietes ist die Immissionsbelastung durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe deutlich geringer.

1. Situation und Aufgabenstellung

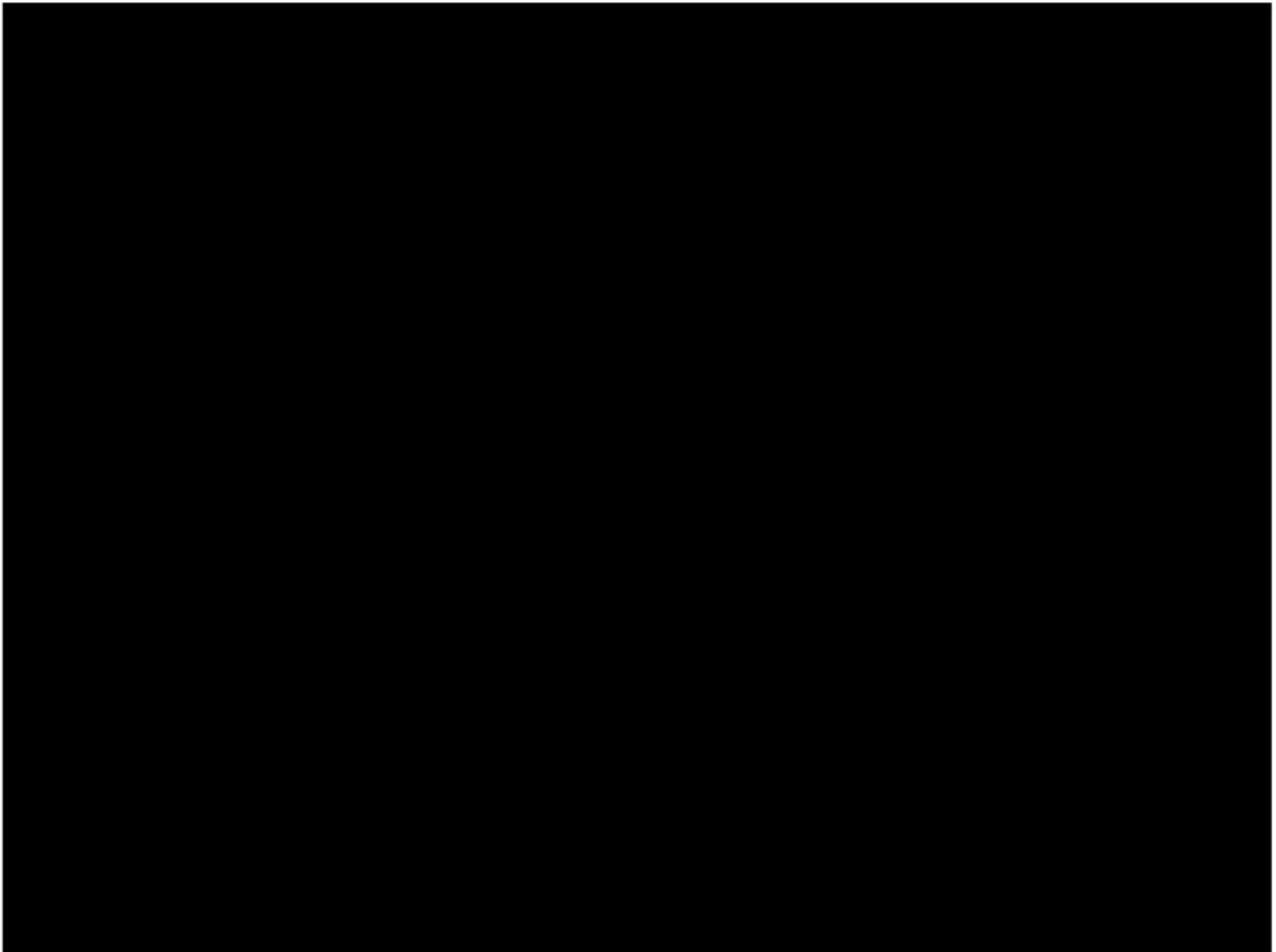
Der Auftraggeber plant die Entwicklung neuer Wohnbebauung nahe der Holstenstraße im Hamburger Stadtteil Altona. Zur planrechtlichen Absicherung des Vorhabens befindet sich der Bebauungsplan „Altona-Altstadt 59“ in der Überarbeitung bzw. Neuaufstellung.

Das Plangebiet ist im Luftbild der Abbildung 1 rot markiert. Es bildet etwa die Grundfläche eines Dreiecks und wird nach Westen durch die Holstenstraße, nach Norden durch die Norderreihe und nach Südosten durch die Thadenstraße begrenzt. Das Plangebiet ist zurzeit sehr heterogen bebaut. Entlang der Holstenstraße ziehen sich zwei- bis dreigeschossige, gewerblich genutzte Gebäude. In der östlichen Ecke zwischen Thadenstraße und Norderreihe befindet sich ein zwölfgeschossiges Wohnhaus. Dazwischen verteilen sich Gewerbegebäude mit ein bis sieben Geschossen.

Die Planung sieht den Erhalt des Hochhauses im Osten vor, wobei auf 14 Geschosse aufgestockt werden kann. Auf der verbleibenden Fläche des Plangebietes wird die bestehende Bebauung durch neue Gebäude ersetzt. Gemäß der Abbildung 2 sind im Innenbereich vier Blöcke mit überwiegend sechs Geschossen vorgesehen. Zu den angrenzenden Straßen hin ist die Bebauung aufgelockert. Entlang der Holstenstraße ist dagegen eine durchgehende Riegelbebauung mit sechs Geschossen geplant, die sich um die Straßenecken bis in die Norderreihe und die Thadenstraße hinein fortsetzt.

Die östliche Hälfte des Plangebietes soll als allgemeines Wohngebiet, die westliche Hälfte als Mischgebiet ausgewiesen werden.

Die Holstenstraße, die das Plangebiet nach Westen begrenzt, stellt als Verlängerung der von Norden kommenden Kieler Straße die wesentliche Nord-Süd verlaufende Verkehrsverbindung in Altona dar. Mit rund 25.000 Kfz/Tag ist sie eine der mäßig belasteten Hamburger Hauptverkehrsstraßen. Etwa 170 m nördlich des Plangebietes kreuzt die Max-Brauer-Allee, die eine ähnlich hohe Verkehrsbelastung aufweist. Die fast durchgehend schluchtartige Randbebauung der Max-Brauer-Allee ist als eine der wesentlichen Ursachen anzusehen, dass an der dortigen Verkehrsstation des Hamburger Luftmessnetzes seit Jahren die aktuellen gesetzlichen Grenzwerte für Stickstoffdioxid überschritten werden. Zum einen wird sich ein Teil dieser hohen Immissionsbelastung auch in die Holstenstraße hineinziehen, zum anderen liegt im nördlichen Abschnitt der Holstenstraße ebenfalls eine schluchtartige Randbebauung vor. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass auch hier bereits eine hohe verkehrsbedingte Immissionsbelastung besteht.



Im Vergleich zur bestehenden Situation erhöht sich die östliche Randbebauung der Holstenstraße um vier Geschosse und noch bestehende Baulücken werden geschlossen. Zudem rückt die Baugrenze im nördlichen Abschnitt weiter an die Straße heran. In der Summe führen diese Maßnahmen zu einer weiteren Verengung des Straßenquerschnitts und setzen damit möglicherweise die Durchlüftung der Straße weiter herab. Hierdurch kann sich die Immissionssituation weiter verschlechtern.

Aufgabe dieses Gutachtens ist daher die Prognose der aus dem Verkehr resultierenden Luftschadstoffbelastung mit Stickstoffdioxiden (NO₂) und den beiden Feinstaubkomponenten PM₁₀ und PM_{2,5} für das Bezugsjahr 2015 nach Umsetzung der Planung sowie deren Bewertung unter Berücksichtigung einer ebenfalls zu prognostizierenden Hintergrundbelastung.

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

Abbildung 2: Auszug aus dem Entwurf des Funktionsplans „Altona-Altstadt 59“.

2. Methodik und Untersuchungsumfang

In der 39. BImSchV [1] sind Grenzwerte für die überwiegend verkehrsbedingt emittierten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀) und den Ultrafeinstaub PM_{2,5} festgelegt. Diese Verordnung setzt die Luftqualitäts-Richtlinie der Europäischen Union [2] in nationales Recht um.

In der Umgebung verkehrsreicher Straßen können lokal große Unterschiede in der Konzentration der genannten Stoffe bestehen. Tendenziell nehmen diese mit zunehmender Entfernung von der Straße ab. Allerdings wird die Höhe der Konzentrationen nicht nur von der Höhe der Emissionen und der Entfernung, sondern auch maßgeblich von der Art der umgebenden Bebauung bestimmt. Während in freiem Gelände ein schneller Abtransport der freigesetzten Emissionen erfolgen kann, wird z. B. durch eine dichte und hohe Bebauung die Ausbreitung und Verdünnung erheblich eingeschränkt.

Im Plangebiet muss von einer vergleichsweise hohen Vorbelastung ausgegangen werden. Die neue Bebauung reduziert den freien Straßenquerschnitt in der Holstenstraße weiter. Zudem wird die neue Bebauung im Plangebiet insgesamt die Strömungsverhältnisse in der Umgebung modifizieren und aufgrund der höheren Geschosshöhen möglicherweise auch die bodennahe Durchlüftung reduzieren. Zu untersuchen ist, wie sich die geplanten Änderungen auf die Immissionssituation auswirken und ob zukünftig im gesamten Plangebiet und dessen näherer Umgebung eine Einhaltung der zulässigen Immissionswerte noch gewährleistet sein wird.

Hinsichtlich der Kfz-Emissionen bezieht sich die Untersuchung auf den Planhorizont 2015. Für die Verkehrsbelastung werden Knotenzählungen mit verschiedenem Zeitbezug herangezogen. Da der Kfz-Verkehr in Hamburg seit Jahren weitgehend gesättigt ist und Änderungen eher strukturell bedingt sind, ist mit der Fortschreibung dieser Daten auf 2015 kein substantieller Fehler verbunden.

Prognosen innerstädtischer Immissionsverhältnisse erfordern in der Regel Ausbreitungsrechnungen mit mikroskaligen Simulationsmodellen, die die spezifischen Wind- und Turbulenzverhältnisse innerhalb komplexer städtischer Bebauung, die verkehrsbedingten Emissionen und die übergeordneten meteorologischen Bedingungen realitätsnah berücksichtigen. Die Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen werden für einzelne Windrichtungssektoren und Windgeschwindigkeiten durchgeführt. Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Unterscheidung von zwölf Windrichtungssektoren im Bereich städtischer Bebauung zu ausreichend genauen Ergebnissen führt [3]. Eine Unterscheidung nach

atmosphärischen Stabilitäten erfolgt nicht, weil innerhalb städtischer Bebauung in aller Regel die dynamisch bedingte Turbulenz thermisch bedingte Einflüsse überwiegt. Das Jahresmittel der Konzentrationen im Untersuchungsgebiet ergibt sich aus der Wichtung der berechneten Konzentrationen mit der langjährigen Häufigkeit der einzelnen meteorologischen Situationen. Diese Häufigkeiten werden aus der Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes für Hamburg-Fuhlsbüttel (Bezugszeitraum 1996-2005) abgeleitet.

Die vorliegende Untersuchung der Immissionssituation im Bebauungsplangebiet „Altona-Altstadt 59“ basiert auf Rechnungen mit dem mikroskaligen Modell MISKAM (Version 5.02a, WinMISKAM 2012.4.12.0) [4], [5]. Dieses Modell wird seit Jahren in der gutachterlichen Praxis verwendet und ist von Genehmigungsbehörden bundesweit anerkannt. MISKAM ist ein prognostisches meteorologisches Modell, das für Gebiete mit fast beliebigen Gebäudekonfigurationen realitätsnah atmosphärische Wind- und Turbulenzfelder berechnet und darauf aufbauend die Ausbreitung passiver Schadstoffe ermittelt.

Stickoxide werden in den Ausbreitungsrechnungen summarisch als NO_x behandelt. Der Umwandlungsgrad von NO_x zu NO_2 wird anschließend nach der so genannten Romberg-Formel [6], modifiziert nach [7] bestimmt. Trotz rückläufiger NO_x -Emissionen wird in den letzten Jahren an einigen Verkehrsstationen eine Stagnation oder sogar ein leichter Anstieg der NO_2 -Immissionen beobachtet. Dies wird zum Teil auf die rapide zugenommene Zahl an Dieselfahrzeugen und deren Katalysatortechnik zurückgeführt. Vor diesem Hintergrund wird zwar seit einiger Zeit die weitere Anwendbarkeit der Romberg-Formel, die in den 90-er Jahren entwickelt wurde, diskutiert [8]. Dennoch stellt sie noch immer den Stand der Technik dar und beschreibt auch für neuere Messdaten den NO - NO_2 -Umwandlungsgrad auf Basis von Jahresmittelwerten in guter Näherung, siehe z. B. [9]. Alternativen Berechnungsmethoden wird es in absehbarer Zeit noch an den notwendigen Eingangsdaten mangeln.

In die Ausbreitungsrechnungen mit MISKAM gehen die Emissionen aus dem Verkehr auf den angrenzenden Straßenzügen Holstenstraße, Thadenstraße und Norderreihe ein. Weiterhin werden die Emissionen auf den umgebenden Straßen Max-Brauer-Allee, Mumsenstr., Chemnitzstr. und Karl-Wolff-Str. aus den tatsächlichen Verkehrsdaten abgeleitet und in den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt. Weitere Nebenstraßen gehen über abgeschätzte Emissionen ein.

Rechnerische Grundlage für die Emissionen aus dem Straßenverkehr ist das vom Umweltbundesamt herausgegebene Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in seiner aktuellen Fassung HBEFA 3.1 [10]. Daraus lassen sich auf Basis der durchschnittlichen

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

täglichen Verkehrsstärken (DTV) die Emissionen auf den Straßenzügen im Modellgebiet ableiten.

Im weiteren Verlauf wird zwischen der städtischen *Hintergrundbelastung* und der *Zusatzbelastung* aus dem in den Modellrechnungen berücksichtigten Straßenverkehr unterschieden. Die Summe aus Hintergrund- und Zusatzbelastung wird als *Gesamtbelastung* bezeichnet. Als städtische Hintergrundbelastung wird das Konzentrationsniveau verstanden, das sich aus dem großräumigen, ländlichen Hintergrund und der Summe aller städtischen Quellen relativ homogen über größeren Flächen des Stadtgebiets einstellt. Diese Skalentrennung von Hintergrund und Zusatz aus lokalen Verkehrsemissionen ist üblich und zulässig, weil Verkehrsimmissionen mit zunehmendem Abstand von Straßen relativ schnell abklingen und deshalb nur in unmittelbarer Nachbarschaft einen spezifischen, quantifizierbaren Beitrag zur Gesamtbelastung leisten.

3. Datengrundlage

3.1. Modellgebiet und Bebauung

Ein Ausschnitt aus der Digitalen Stadtgrundkarte ist in der Abbildung 3 wiedergegeben. Darin ist die Lage des MISKAM-Modellgebietes mit einem blauen Rahmen und das Bebauungsplangebiet mit einem roten Rahmen markiert. Das Modellgebiet ist gegenüber Nord um 14° gegen den Uhrzeigersinn gedreht und orientiert sich damit etwa an der Ausrichtung der Holstenstraße. Aufgrund der Drehung können die neue Bebauung und die Emissionen im Straßenraum der Holstenstraße optimal an dem Modellgitter ausgerichtet werden

Die Gebietsgröße geht deutlich über das eigentliche Plangebiet hinaus und reicht nach Süden bis an die Esmarchstraße / Govertsweg. Im Westen verläuft die Modellgebietsgrenze hinter der Kreuzung Karl-Wolff-Straße / Chemnitzstraße. Um einerseits die Gebäude hinter der großen Grünfläche des Friedhofs in ihrer Wirkung auf die Strömungsverhältnisse und andererseits die hohen Emissionen auf der Max-Brauer-Allee zu erfassen, ist das Modellgebiet nach Osten und Norden weiter ausgedehnt. Hier liegen die Grenzen hinter der Wohlers Allee und Winklers Platz bzw. nördlich der Johanniskirche. Das Modellgebiet hat eine Ausdehnung von 568 x 530 m².

Im Kernbereich, also innerhalb des Bebauungsplans „Altona-Altstadt 59“ und entlang der angrenzenden Straßenabschnitte hat das Rechengitter eine horizontale Gitterauflösung von 1 x 1 m². Zu den Rändern hin spreizt sich das Gitter allmählich bis auf maximal 4 m. Die vertikale Gitterauflösung beträgt bis in 2 m Höhe 0,4 m, wird dann ebenfalls langsam gespreizt. Die Rechengebietshöhe ist mit 130 m erheblich höher als das (mit Ausnahme des Turms der der Johanniskirche) höchste Gebäude im Rechengebiet, um Randeinflüsse zu vermeiden.

Die bestehende Bebauung wurde auf Grundlage des dargestellten Lageplans (Abb. 3) digitalisiert. Ergänzend wurde eine Ortsbegehung mit Fotoaufnahmen der Fassaden durchgeführt und 3d-Aufnahmen des Gebietes (www.bing.com, ergänzt durch StreetView in GoogleEarth) zum Abgleich von Gebäudehöhen und Geschossezahlen mit dem Lageplan herangezogen. Die zukünftige Bebauung (Planfall) wurde anhand des vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Entwurfs des Bebauungsplans „Altona-Altstadt 59“ digitalisiert.

Die Kfz-Emissionen werden im Modell als Linienquellen in 0,6 m Höhe angesetzt, das entspricht der zweiten Gitterzelle über dem Boden.

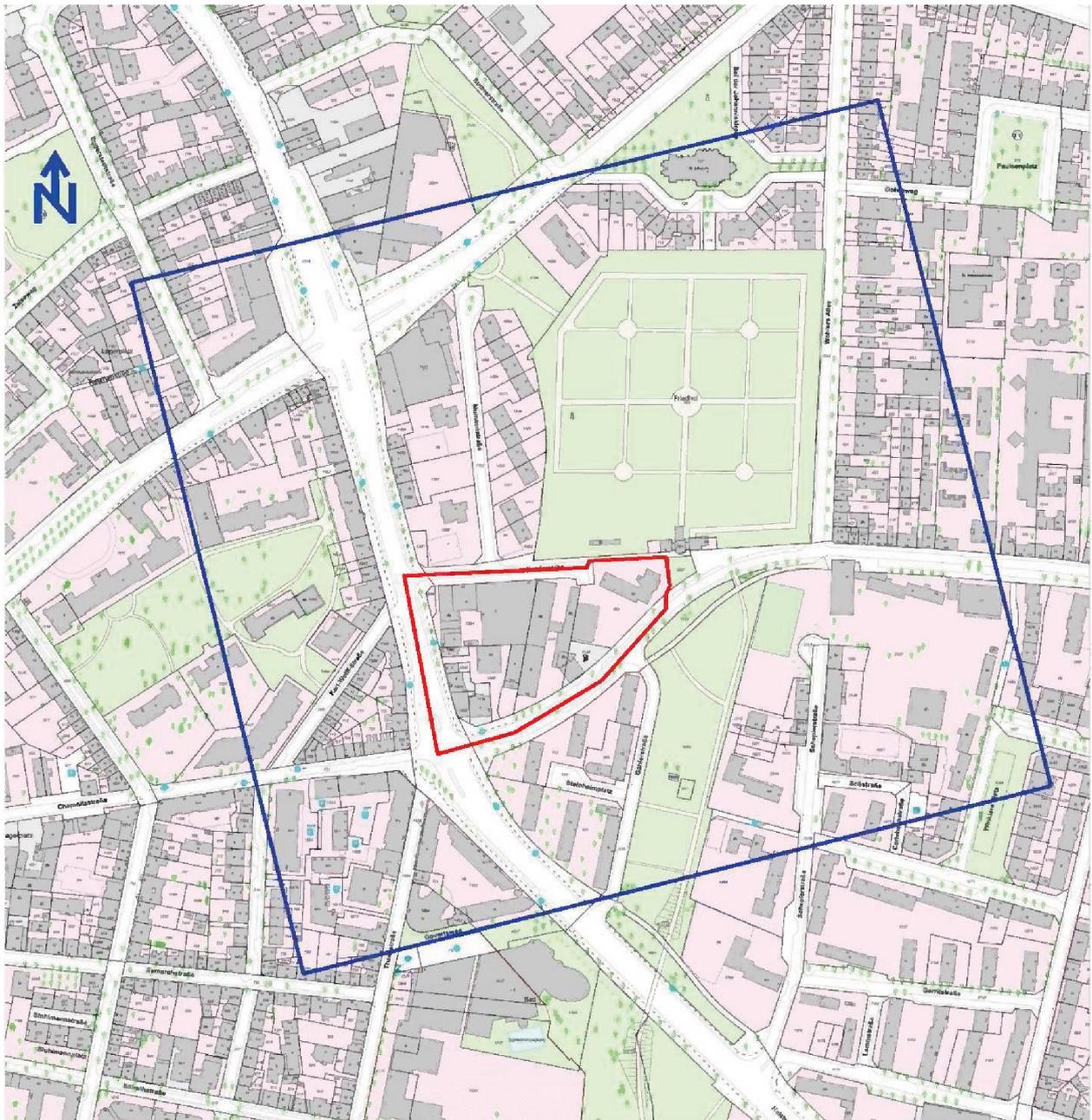


Abbildung 3: Digitale Stadtgrundkarte mit Lage des MISKAM-Modellgebietes (blaues Rechteck) und Bauungsplangebiet (rot).

3.2. Meteorologie

Die Modellrechnungen erfolgten für zwölf Windrichtungssektoren und neun Windgeschwindigkeitsklassen, insgesamt also für 108 unterschiedliche meteorologische Situationen. Die Einteilung der Sektoren und Klassen entsprechen den in der Tabelle 1

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

angegebenen Werten. Die ebenfalls in der Tabelle angegebenen Summenhäufigkeiten über die Geschwindigkeitsklassen bzw. Richtungssektoren sind aus der vom Deutschen Wetterdienst herausgegebenen Ausbreitungsklassenstatistik für Hamburg-Fuhlsbüttel (Mittel über 10 Jahre, 1996-2005) abgeleitet.

Windrichtung			Windgeschwindigkeit	
Abkürzung	Sektorengrenze	Häufigkeit	Klassengrenze	Häufigkeit
N	345° bis 15°	3,12 %	0 bis 1,3 m/s	10,23 %
NNE	15° bis 45°	4,35 %	1,4 bis 1,8 m/s	7,69 %
ENE	45° bis 75°	7,14 %	1,9 bis 2,3 m/s	9,72 %
E	75° bis 105°	7,52 %	2,4 bis 3,8 m/s	26,67 %
ESE	105° bis 135°	8,67 %	3,9 bis 5,4 m/s	22,69 %
SSE	135° bis 165°	8,18 %	5,5 bis 6,9 m/s	14,05 %
S	165° bis 195°	5,01 %	7,0 bis 8,4 m/s	6,19 %
SSW	195° bis 225°	10,05 %	8,5 bis 10,0 m/s	2,12 %
WSW	225° bis 255°	16,32 %	mehr als 10,0 m/s	0,66 %
W	255° bis 285°	12,42 %		
WNW	285° bis 315°	10,80 %		
NNW	315° bis 345°	6,43 %		

Tabelle 1: Häufigkeiten des Auftretens von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten in Hamburg-Fuhlsbüttel für 1996 – 2005.

3.3. Emissionen

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden im Wesentlichen durch folgende Parameter bestimmt:

- die Verkehrsmenge, d.h. die Anzahl der Fahrzeuge pro Stunde bzw. pro Tag
- die Verkehrszusammensetzung (Zusammensetzung der Fahrzeugflotte)
- Fahrmuster bzw. Verkehrssituation
- Parameter der Straße (z.B. Neigung).

Mit den Emissionsfaktoren, die im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) des Umweltbundesamtes [10] pro Fahrmuster / Verkehrssituation, Fahrzeugkategorie und pro Schadstoff

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

bereitgestellt werden, lassen sich bei Kenntnis der oben aufgelisteten Parameter die Emissionen für einen interessierenden Straßenabschnitt ermitteln. Bei der Emissionsbestimmung werden zusätzlich die Vorgaben der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 7 (Kfz-Emissionsbestimmung) berücksichtigt [11].

Die Verkehrszusammensetzung, z. B. der Anteil von G-Kat und Nicht-G-Kat-Fahrzeugen, Diesel-Pkw usw. verändert sich von Jahr zu Jahr und kann zudem von Stadt zu Stadt variieren. Die typische Verkehrszusammensetzung für das Bezugsjahr 2015 wurde dem HBEFA entnommen, in dem mittlere Verhältnisse für Deutschland gegeben sind.

Eine Verkehrssituation nach neuem HBEFA steht für die Kombination spezifischer Gebiets- und Straßentypen, Tempolimits und Verkehrszuständen. Diese vier Dimensionen führen zu maximal 272 Kombinationsmöglichkeiten, aus denen sich ein typischer Emissionsfaktor ergibt. Je nach Verkehrsstärke und Straßenstruktur wurde für jeden der betrachteten Straßenabschnitte eine passende Kombination der Dimensionen ausgewählt. Zusätzlich wurde zur Ermittlung des Verkehrsablaufs ein Tagesgang nach folgendem Muster angesetzt:

	% am DTV
Berufsverkehr 7:00 – 9:00 Uhr und 17:00 – 18:00 Uhr	35,5
21:00 – 5:00 Uhr	12,9
restliche Zeit	51,5

Für den Berufsverkehr wurde LOS3 (gebundener Verkehr) angesetzt. In den Nachtstunden ist der Verkehr frei (LOS1) und in der restlichen Zeit dicht (LOS2).

Knotenzählungen der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) aller Fahrzeuge und der Anteil der Schwerlastverkehre wurden von der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (Amt für Verkehr und Straßenwesen) zur Verfügung gestellt. In der Holstenstraße und der Max-Brauer-Allee liegen Dauerzählungen aus 2008 und 2009 vor, an den anderen Knoten handelt es sich um Stichproben aus unterschiedlichen Jahren. Da der Verkehr in Hamburg seit Jahren im Wesentlichen gesättigt ist und Änderungen eher auf strukturelle Änderungen in den Stadtquartieren, Baumaßnahmen etc. zurückgehen, können die Zahlen auch zur Berechnung der Emissionen für das Bezugsjahr 2015 verwendet werden.

Mit weiteren typischen Annahmen hinsichtlich Abrieb und Aufwirbelung von PM₁₀ sowie Kaltstarteinflüssen ergeben sich die in der Tabelle 2 angegebenen Kennzahlen und daraus

berechneten Emissionen für das Prognose-Bezugsjahr 2015. Die ID-Nummern entsprechen den in Abbildung 4 gekennzeichneten Straßenabschnitten.

Da erst in jüngster Zeit der Anteil der feineren Partikel $< 2,5 \mu\text{m}$ zunehmend Beachtung erfährt, liegen hinsichtlich dessen Anteil an den PM_{10} -Emissionen noch weniger Erkenntnisse vor. Er wird anhand derzeit akzeptierter Literaturansätze festgelegt. Nach [13] zeigen europaweite Messungen ein relativ einheitliches Bild für das Verhältnis von $\text{PM}_{2,5}$ zu PM_{10} in den Immissionswerten. Dieses liegt etwa zwischen 0,5 in maritimen Reinluftgebieten (Kanarische Inseln) und 0,7-0,8 in städtischen Bereichen auf dem europäischen Kontinent. In [12] werden aus Messungen in Deutschland Verhältnisse zwischen 0.63 für Verkehrsstationen und 0.71 für ländliche Hintergrundstationen abgeleitet. In [14], [15] und [16] werden weitgehend übereinstimmende Anteile von $\text{PM}_{2,5}$ an den PM_{10} -Emissionen angegeben. Danach entfallen fast 100 % der PM_{10} -Motoremissionen auf die Feinstaubfraktion $\text{PM}_{2,5}$. Beim Bremsabrieb können 70 % als $\text{PM}_{2,5}$ angenommen werden, an der Aufwirbelung von Straßenstaub hat $\text{PM}_{2,5}$ einen Anteil von rund 30 %. Mit 5 % $\text{PM}_{2,5}$ -Anteil werden beim Reifenabrieb fast ausschließlich die gröberen Partikel erzeugt. Da die verwendeten PM_{10} -Emissionsfaktoren nicht nach den einzelnen Beiträgen differenziert sind, muss ein integraler Faktor für den darin enthaltenen Anteil $\text{PM}_{2,5}$ verwendet werden. In [17] werden summarisch Jahresemissionen für die oben genannten Beiträge aus mobilen Quellen in Deutschland genannt. Daraus lässt sich ein integraler $\text{PM}_{2,5}$ -Anteil an den nicht aus dem Abgas stammenden PM_{10} -Emissionen in Höhe von etwa 25 % ableiten. Dieser Anteil wird für die Emissionsbestimmung der Feinstaubfraktion $< 2,5 \mu\text{m}$ verwendet. Die Motoremissionen werden konservativ als zu 100 % zu $\text{PM}_{2,5}$ gehörig angenommen.

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

Prognose-Planfall									
Straßenabschnitt	ID	VS	DTV ges. [Fz/d]	DTV Pkw [Fz/d]	DTV INFz [Fz/d]	DTV sNFz [Fz/d]	NOx [mg/m/s]	PM10 [mg/m/s]	PM2,5 [mg/m/s]
Thadenstraße	1	2	1575	1433	63	79	0,0105	0,0011	0,0003
Norderreihe	2	2	900	837	36	27	0,0052	0,0005	0,0002
Mumsenstraße	2a	2	900	837	36	27	0,0052	0,0005	0,0002
Chemnitzstraße	3	3	1755	1597	70	88	0,0113	0,0012	0,0003
Karl-Wolff-Straße	4	2	810	753	32	24	0,0047	0,0005	0,0002
Holstenstr. nördl. Thadenstr.	5	1	25000	22750	1000	1250	0,1274	0,0168	0,0046
Max-Brauer-Allee westl. Holstenstr.	6	3	26000	23660	1040	1300	0,1547	0,0178	0,0051
Max-Brauer-Allee östl. Holstenstr.	7	3	16000	14880	640	480	0,0821	0,0096	0,0029
Holstenstraße südl. Thadenstr.	8	1	25000	22750	1000	1250	0,1274	0,0168	0,0046
andere Nebenstr. geschätzt	a	2	1000	930	40	30	0,0058	0,0006	0,0002

Tabelle 2: DTV-Zahlen und Emissionen 2015 auf den Straßenabschnitten

VS = Verkehrssituation:

1 Urban/Ring, Magistrale mit regionalem Verkehr 50 km/h

2 Agglo städt. Erschl. 50 km/h

3 Agglo sonst. HVS 50 km/h

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

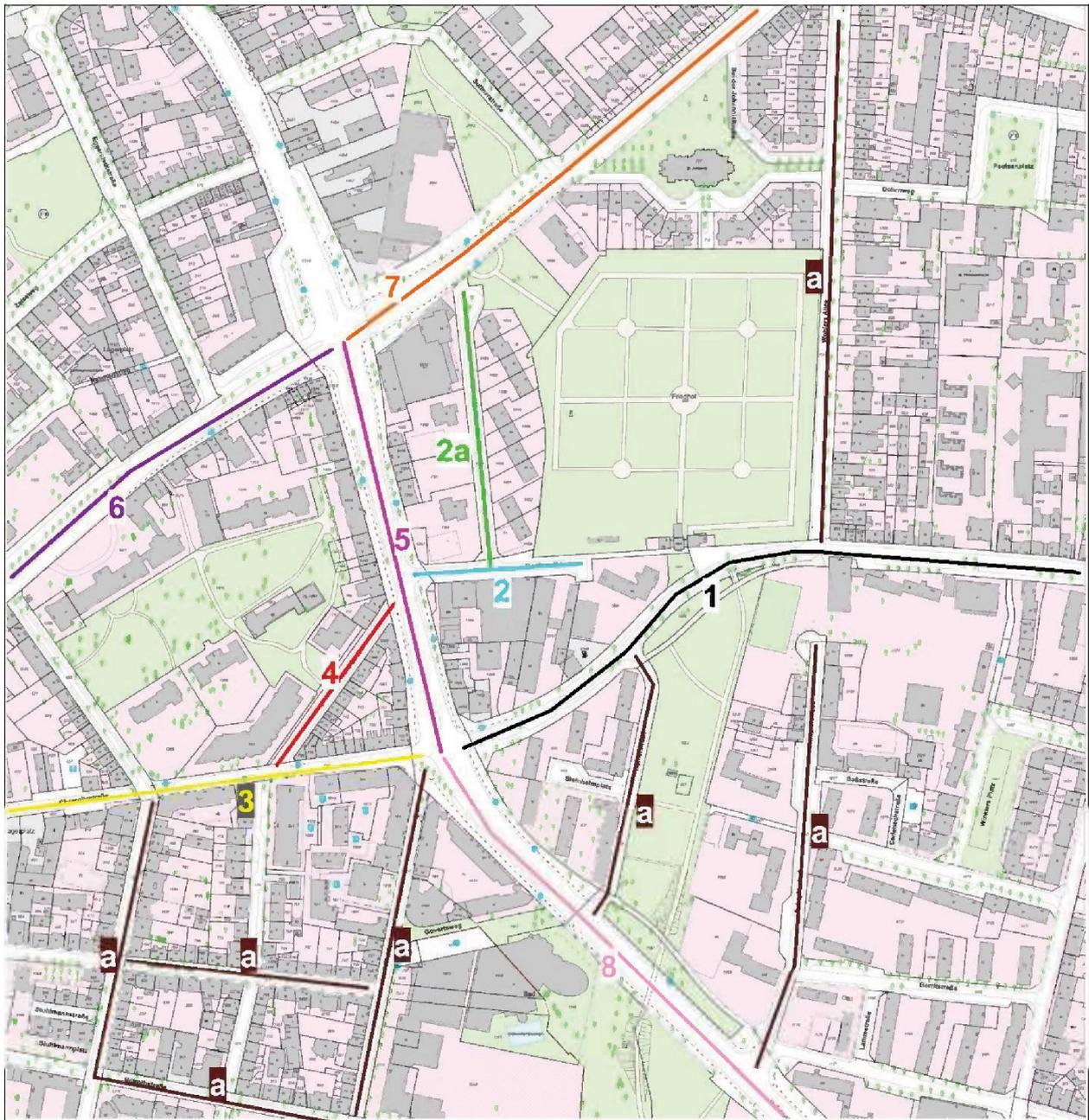


Abbildung 4: Bezeichnung der Straßenabschnitte unterschiedlicher Emissionsraten (siehe Tabelle 2).

3.4. Hintergrundbelastung

Als Grundlage zur Prognose der Hintergrundbelastung für Stickstoffdioxid und Feinstäube wurden Hintergrundwerte für den Istzustand aus dem Hamburger Luftmessnetz abgeleitet und mit dem Institut für Hygiene und Umwelt [REDACTED] abgestimmt.

Im Rahmen von Sonderuntersuchungen wurden in den Jahren 2010 / 2011 in der Bergiusstraße, etwa 1,5 km westlich des Plangebietes, eine NO₂-Hintergrundbelastung von 28 µg/m³ und 1,2 km südlich des Plangebietes am Olbersweg 31 µg/m³ festgestellt. Daraus lässt sich im Untersuchungsgebiet eine Hintergrundbelastung von 30 µg/m³ annehmen.

Hinsichtlich der städtischen Hintergrundbelastung durch Feinstaub PM₁₀ wird aus den Stationen Veddel (25 µg/m³), Billbrook (26 µg/m³) und Sternschanze (29 µg/m³) ein Jahresmittelwert in 2011 von 25-26 µg/m³ abgeschätzt.

Der Ultrafeinstaub PM_{2,5} wird gemäß der Messung an der Station Wilhelmsburg mit einem Jahresmittel von 17 µg/m³ für den städtischen Hintergrund angesetzt.

Die aktuellen Hintergrundbelastungen sind auf den Planhorizont 2015 zu prognostizieren. Derzeit findet sich bundesweit an einigen innerstädtischen Verkehrsstationen eine Stagnation oder sogar eine leichte Zunahme in den NO₂-Immissionen. Diese ist zumindest zu einem erheblichen Teil auf die Zunahme des NO₂-Anteiles an den verkehrlichen NO_x-Emissionen zurückzuführen. Durch die (relative) Zunahme direkter NO₂-Emissionen kann in den beobachteten Fällen, d. h. im direkten Einflussbereich hoher Verkehrsemissionen, die Abnahme von NO_x-Emissionen kompensiert werden. Für die ländliche und auch städtische Hintergrundbelastung ist dagegen tendenziell in den nächsten Jahren von einer Abnahme sowohl von NO₂ als auch PM₁₀ zu rechnen. Die Prognose auf den Planhorizont 2015 erfolgt entsprechend den Angaben des MLuS [18], das in diesem Jahr aktualisiert werden soll und für das neue Reduktionsfaktoren bereits vom LAI beschlossen worden sind [19]. Diese neuen Faktoren werden im Rahmen dieses Gutachtens bereits verwendet. Damit ergeben sich für Istzustand und Planhorizont die in Tabelle 3 aufgeführten Hintergrundkonzentrationen.

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

	2011	Prognose 2015
NO ₂	30 µg/m ³	27,1 µg/m ³
PM ₁₀	25 µg/m ³	24,0 µg/m ³
PM _{2,5}	17 µg/m ³	16,3 µg/m ³

Tabelle 3: Aktuelle und prognostizierte Hintergrundbelastung.

4. Ergebnisse

Die mit MISKAM berechneten Jahresmittelwerte der Immissionsbelastung mit Stickstoffdioxid (NO₂) und beiden Feinstaubfraktionen (PM₁₀ und PM_{2,5}) sind in den Abbildungen 5 bis 7 als Farbflächendarstellung für den Bereich des Bebauungsplangebietes und angrenzende Straßenzüge aufbereitet. Die Farbskalen sind so gewählt, dass Überschreitungen der seit 2005 / 2010 bzw. zukünftig (2015) geltenden Grenzwerte rot erscheinen (siehe Tabelle 4). Die Bezugshöhe in den Abbildungen entspricht mit 1,4 m über Grund etwa der Atemzone nach 39. BImSchV.

	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}
	seit 2010	seit 2005	ab 2015
Jahresmittel	40 µg/m ³	40 µg/m ³	25 µg/m ³
Tagesmittel	-	50 µg/m ³ (35)	-
Stundenmittel	200 µg/m ³ (18)	-	-

Tabelle 4: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV, in Klammern Anzahl der zulässigen Überschreitungen pro Jahr.

Die Farbflächendarstellungen sind mit Luftbildaufnahmen aus Google Earth unterlegt. Da Gebäude in den Luftbildaufnahmen je nach örtlicher Lage mehr oder weniger schräg aufgenommen sind, kann keine absolute Deckungsgleichheit der überlagerten Darstellungen erreicht werden. Die nach dem B-Plan „Altona-Altstadt 59“ vorgesehene Bebauung ist noch nicht fertiggestellt und daher in den Google-Luftbildern nicht enthalten. Die entsprechenden Gebäude sind deshalb den Abbildungen als Grauf Flächen überlagert. Der teilweise stufenförmige Verlauf der Gebäude beruht auf der begrenzten Auflösungs genauigkeit des Modellgitters von 1 m, in dem nur ganze Gitterzellen als Gebäude dargestellt werden können.

Stickstoffdioxid NO₂ (Abb. 5)

Die höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen treten naturgemäß über den Fahrbahnen auf, wo die Emissionen freigesetzt werden. Entlang der Holstenstraße sind über den Fahrbahnen durchgehend die rot dargestellten Grenzwertüberschreitungen zu sehen. Die Fahrbahnbereiche

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

spielen allerdings für die Bewertung keine Rolle. Relevant sind Gehwege und Hausfassaden als Aufenthaltsbereiche der Bevölkerung.

Auf der westlichen Seite der Holstenstraße reichen die Grenzwertüberschreitungen teilweise bis auf die Gehwege und in zwei Abschnitten sogar bis an die Hausfassaden heran.

Am nördlichen Rand des dargestellten Ausschnitts ist in den hohen Immissionen bereits tendenziell ein Einfluss des Kreuzungsbereichs Holstenstraße / Max-Brauer-Allee zu erkennen. Die dortigen Grenzwertüberschreitungen sind so weit vom Bebauungsplangebiet entfernt, dass der Einfluss der neu geplanten Gebäude nicht bis hierher reicht. Sie würden deshalb mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit in gleicher Höhe auch für einen Prognose-Nullfall 2015 berechnet werden und sind deshalb nicht dem Vorhaben zur Last zu legen.

Etwas weiter südlich zeichnet sich auf Höhe der Häuser Holstenstraße 98 / 100 ein weiterer, rund 20 m langer Abschnitt mit knappen Grenzwertüberschreitungen ab. Dieser Straßenabschnitt liegt zwar nicht im Plangebiet, aber in dessen unmittelbarer Nachbarschaft. Aus gutachterlicher Sicht kann weder bestätigt noch ausgeschlossen werden, dass diese lokal erhöhten Immissionen auf die Verengung des Straßenquerschnitts durch die neuen, höheren und teilweise weiter an die Straße heranrückenden Gebäude im Plangebiet zurückzuführen sind. Eine eindeutige Aussage wäre nur anhand einer Vergleichsrechnung für den Prognose-Nullfall 2015 möglich.

Anlage 3, Abschnitt B der 39. BImSchV [1] fordert von Standorten für Immissionsmessungen einerseits eine solche räumliche Repräsentativität, dass die höchsten Werte erfasst werden, denen die Bevölkerung über längere Zeiträume ausgesetzt ist. Andererseits sollten Messungen im Allgemeinen für Abschnitte von mindestens 100 m repräsentativ sein. Insofern ist fraglich, wie knappe Grenzwertüberschreitungen über einen Abschnitt von 20 m, aber entlang zweier Wohnhäuser zu bewerten sind. Gutachterlich kann als Entscheidungshilfe angemerkt werden, dass eine Realisierung der Planungen vor 2015 unwahrscheinlich ist, die Überschreitungen gering sind und für die Folgejahre wegen technischer Minderungsmaßnahmen die spezifischen Emissionen aus dem Verkehr abnehmen und somit auch das Immissionsniveau eher geringer wird.

Auf Höhe des Plangebiets werden entlang der Fassaden auf der westlichen Seite der Holstenstraße fast durchgehend um die $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet. Das ist ein hohes, aber knapp unter dem Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegendes Immissionsniveau.

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

Im Plangebiet selbst treten die höchsten Immissionen auf der östlichen Seite der Holstenstraße auf. Der Schwerpunkt liegt dabei nördlich, vor der Einmündung der Norderreihe. Im Jahresmittel liegt die NO₂-Belastung dort bei 34 bis 35 µg/m³.

Innerhalb des restlichen Plangebiets werden, mit Ausnahme der Fahrbahnen, durchgehend Werte unter 30 µg/m³ NO₂ und damit nur wenig über der städtischen Hintergrundbelastung berechnet. Insbesondere auf das Allgemeine Wohngebiet (WA) nach dem Bebauungsplanentwurf wirkt sich demnach der Verkehr der Holstenstraße nur noch sehr geringfügig aus.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei Umsetzung der Planung innerhalb des Plangebiets mit keinen Überschreitungen des Grenzwerts für Stickstoffdioxid zu rechnen ist. In Nähe des Plangebiets zeigen die Berechnungen an zwei Wohngebäuden leichte Überschreitungen, die möglicherweise auf die Planungen zurückzuführen sind. In den Jahren nach 2015 ist mit einem Rückgang des NO₂-Immissionsniveaus zu rechnen, so dass dann auch hier die Grenzwerte sehr wahrscheinlich eingehalten werden.

Feinstaub PM₁₀ (Abb. 6)

Die Immissionsbelastung mit Feinstaub (PM₁₀) ist, gemessen an den gültigen Grenzwerten, sehr viel geringer. Überschreitungen des zulässigen Jahresmittelwertes werden auch über den Fahrbahnen nicht mehr berechnet. Dort liegen die maximalen Jahresmittelwerte der Feinstaubbelastung um 35 µg/m³. Sie treten dort auf, wo auch die Stickoxidbelastung am höchsten liegt, nämlich im nördlichen Abschnitt der Holstenstraße.

In den nutzungssensiblen Bereichen von Gehwegen und Häuserfassaden des Bebauungsplangebietes und dessen näherer Umgebung werden prognostizierte Feinstaubkonzentrationen von 29 µg/m³ im Jahresmittel nicht mehr überschritten. Diese Werte treten gegenüber des Plangebiets auf der westlichen Seite der Holstenstraße auf.

Im Plangebiet liegt die höchste PM₁₀-Konzentration mit knapp 27 µg/m³ an den Hausfassaden zur Holstenstraße, kurz vor der Einmündung der Norderreihe.

Abseits dieser Straße wird das Niveau der Hintergrundbelastung von 24 µg/m³ kaum noch überschritten.

Die Gesamtbelastung bleibt damit im gesamten Untersuchungsgebiet klar unter dem gesetzlichen Grenzwert.

Feinstaub PM_{2,5} (Abb. 7)

Das Jahresmittel der berechneten PM_{2,5}-Immissionen in Höhe der Atemzone liegt im Niveau unter dem der PM₁₀-Immissionen, da PM_{2,5} in PM₁₀ enthalten ist.

Die höchsten Immissionen werden natürlich auch für diese Feinstaubfraktion direkt über den Fahrbahnen berechnet. Sie liegen selbst hier mit maximal 20 µg/m³ noch klar unter dem zukünftigen Grenzwert. In den Bereichen des Bebauungsplangebietes und dessen Umgebung, die für die Beurteilung relevant sind, werden noch einmal geringere Werte berechnet. Sie bleiben mit weniger als 17 µg/m³ flächendeckend nur knapp über dem Niveau der Hintergrundbelastung.

Somit bleibt auch die PM_{2,5}-Belastung im gesamten Untersuchungsgebiet weit unter dem gesetzlichen Grenzwert.

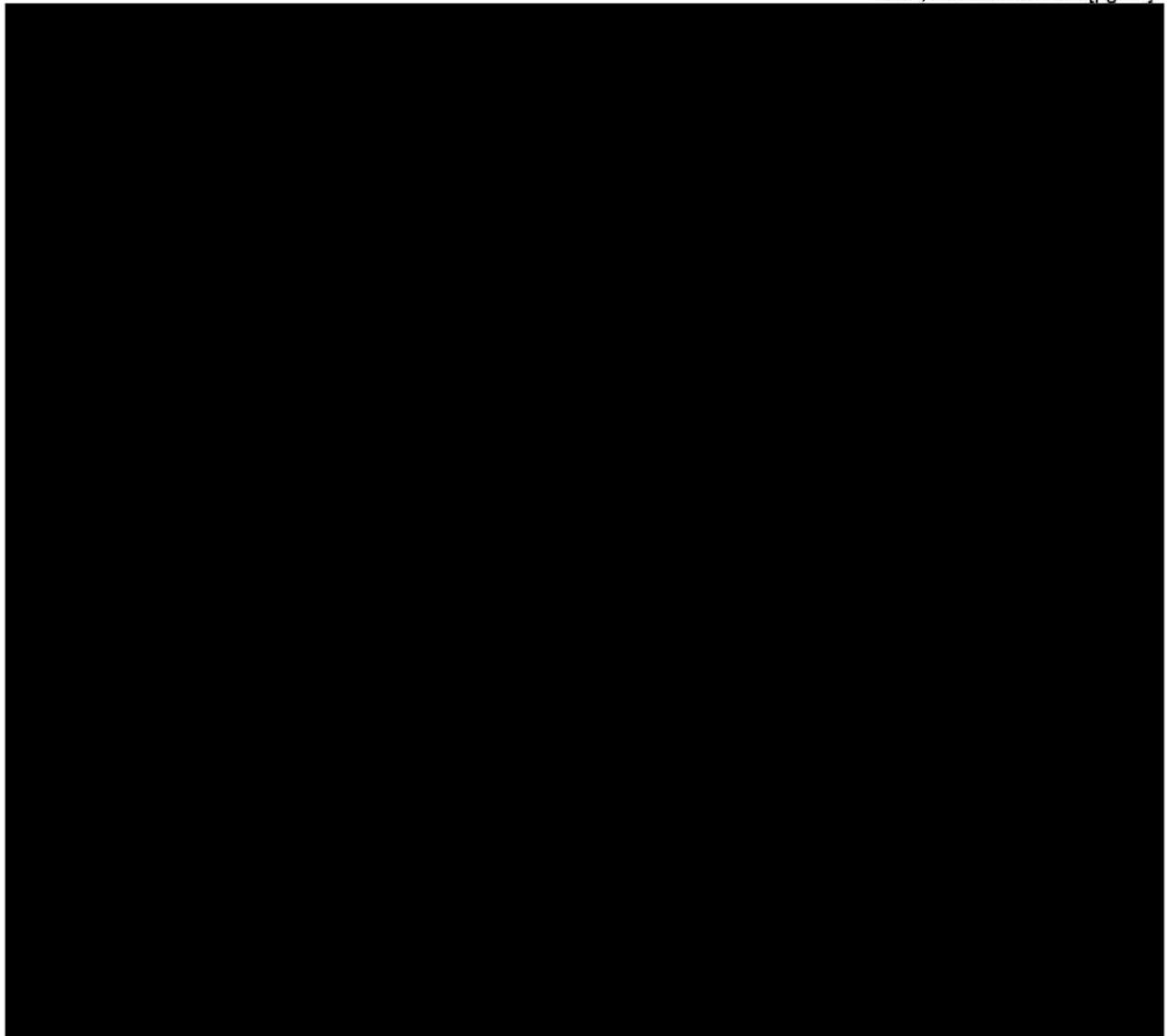
Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

HH_Altona-59 B-Plan
Prognose-Planfall

404.0 m x 326.0 m
Level: 4 (1.2-1.6m)



NO₂, Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



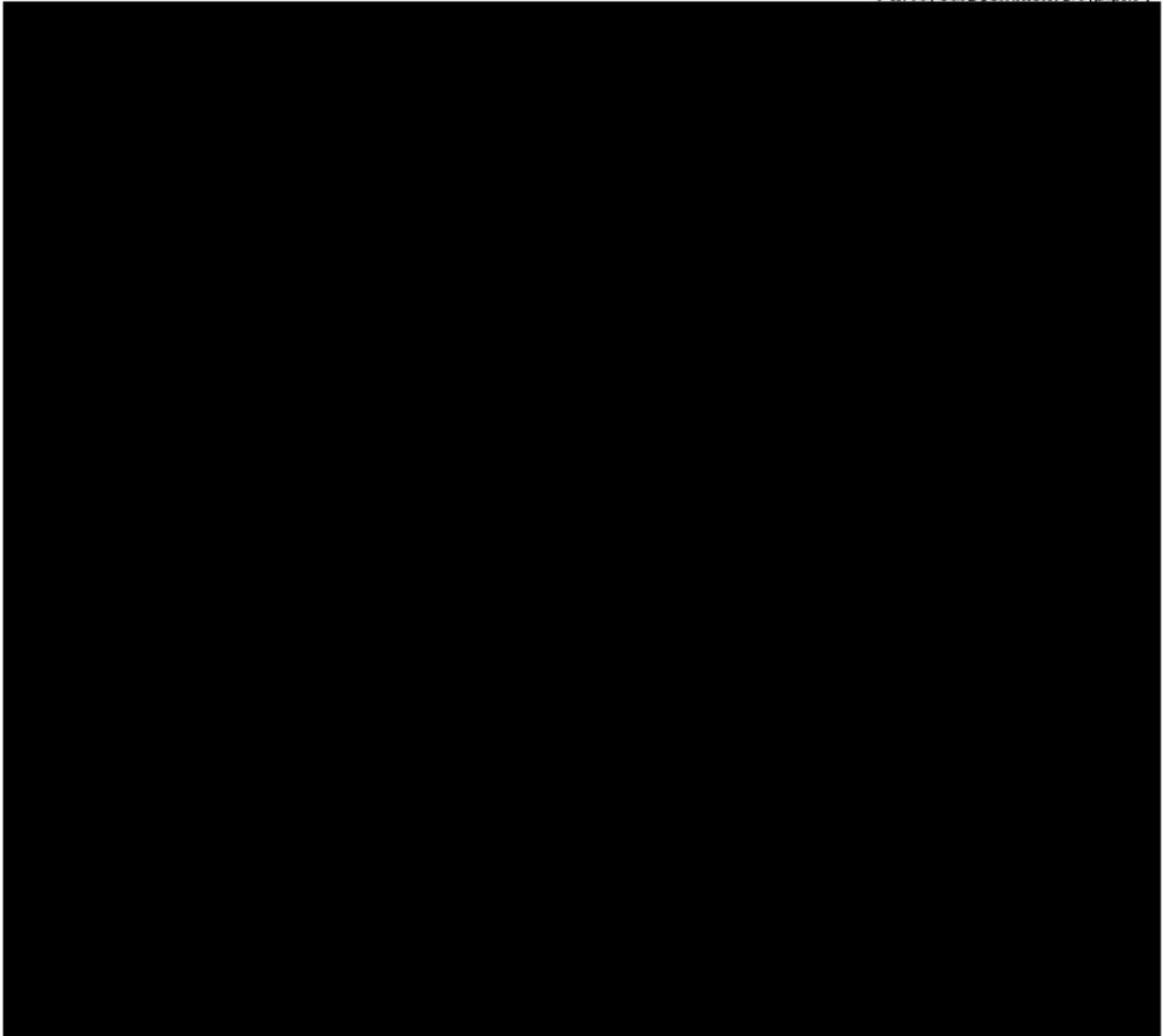
Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

HH_Altona 59 B-Plan
Prognose-Planfall

404.0 m x 326.0 m
Level: 4 (1.2-1.6m)



PM10, Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



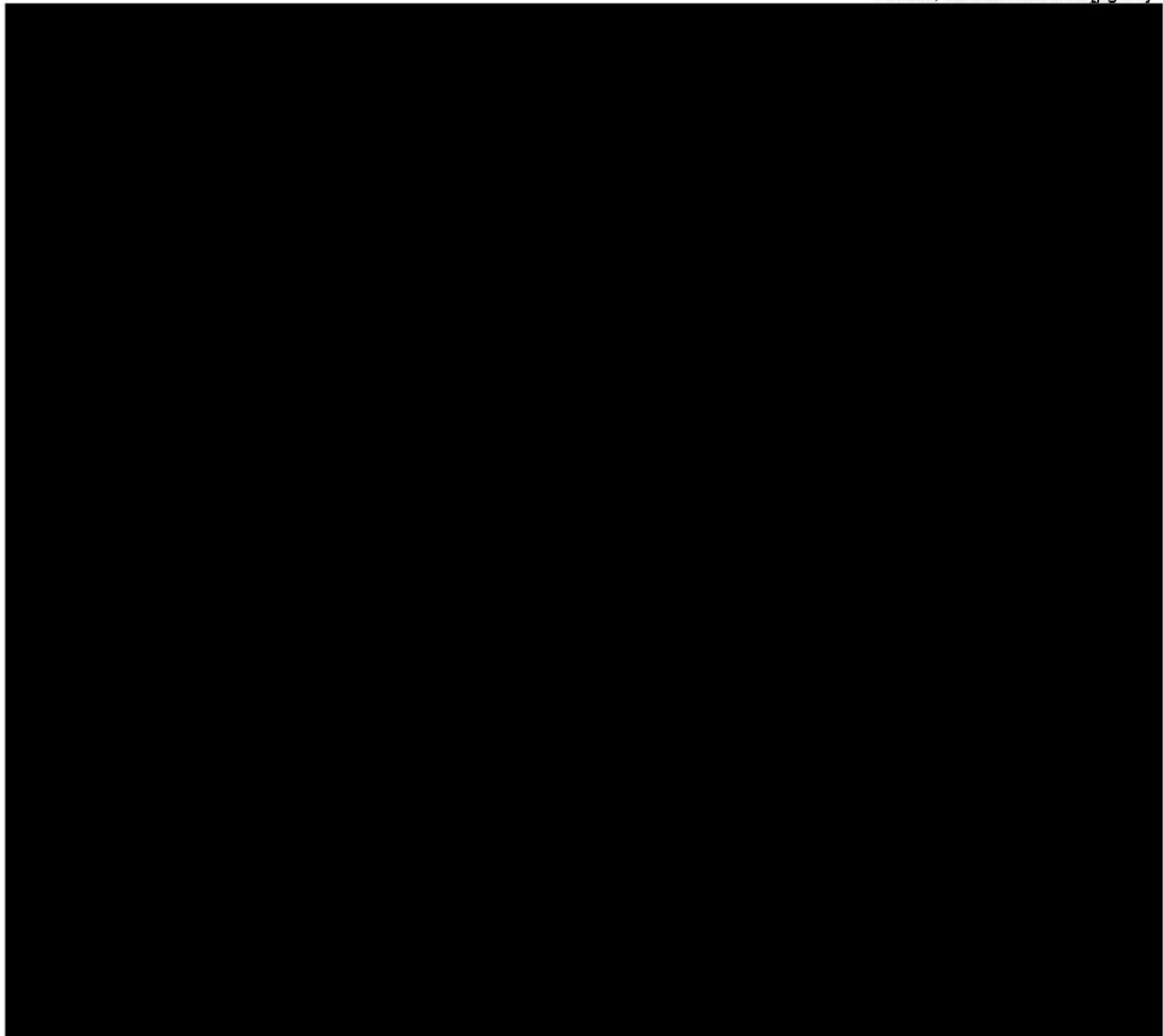
Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

HH_Altona-59 B-Plan
Prognose-Planfall

404.0 m x 326.0 m
Level: 4 (1.2-1.6m)



PM2.5, Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Überschreitungshäufigkeiten / Kurzzeitwerte

Die Anzahl an Überschreitungen der Grenzwerte für Stundenmittel bzw. Tagesmittel lassen sich nicht direkt aus den Modellrechnungen bestimmen.

Beim Feinstaub PM₁₀ ist es derzeit noch Stand der Technik, Kurzzeitwerte bzw. die Anzahl an Überschreitungen aus dem berechneten Jahresmittelwert abzuschätzen. Für Hamburg hat sich in den Jahren 2005 bis 2011 der in der Abbildung 8 dargestellte Zusammenhang in den Messungen gezeigt (www.hamburger-luft.de). Die Regressionsgeraden durch die Datenpunkte der Jahre 2005 bis 2007 weisen bei Jahresmitteln zwischen 32 und knapp 38 µg/m³ den Grenzwert von 35 Überschreitungen aus, so dass bisher mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden konnte, dass bei Jahresmittelwerten unter dem niedrigsten Schwellwert von 32 µg/m³ auch die Anzahl der Überschreitungen den Grenzwert nach 39. BImSchV nicht übersteigt. Die Jahre 2008 bis 2010 haben meteorologisch bedingt eine insgesamt geringere Belastung aufgewiesen, so dass die Regression hier keinen belastbaren Schwellenwert liefert. Im Jahr 2011 (dunkelgrüne Punkte) traten bei nur wenig anderen Jahresmittelwerten erstaunlich viel mehr Überschreitungen des Grenzwertes für das Tagesmittel auf. Dies hängt mit einer ungewöhnlichen Häufung anhaltender austauscharmer Wetterlagen zusammen, während derer anhaltend hohe Feinstaubkonzentrationen vorlagen, die sich aber auf das Jahr gesehen kaum ausgewirkt haben. Die Regressionsgerade für 2011 schneidet die zulässige Anzahl an Überschreitungen knapp unter 30 µg/m³. Um auch solche für Hamburg meteorologisch eher untypischen Jahre abzudecken, wird die Verwendung eines neuen Schwellwertes von 30 µg/m³ für das Jahresmittel empfohlen.

Da jedoch in allen nutzungssensiblen Bereichen des Untersuchungsgebietes Jahresmittelwerte unterhalb des Schwellenwertes von 30 µg/m³ berechnet werden, ist im Bebauungsplangebiet und dessen näheren Umgebung im Bezugsjahr 2015 mit keiner unzulässig hohen Anzahl an Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von 40 µg/m³ zu rechnen.

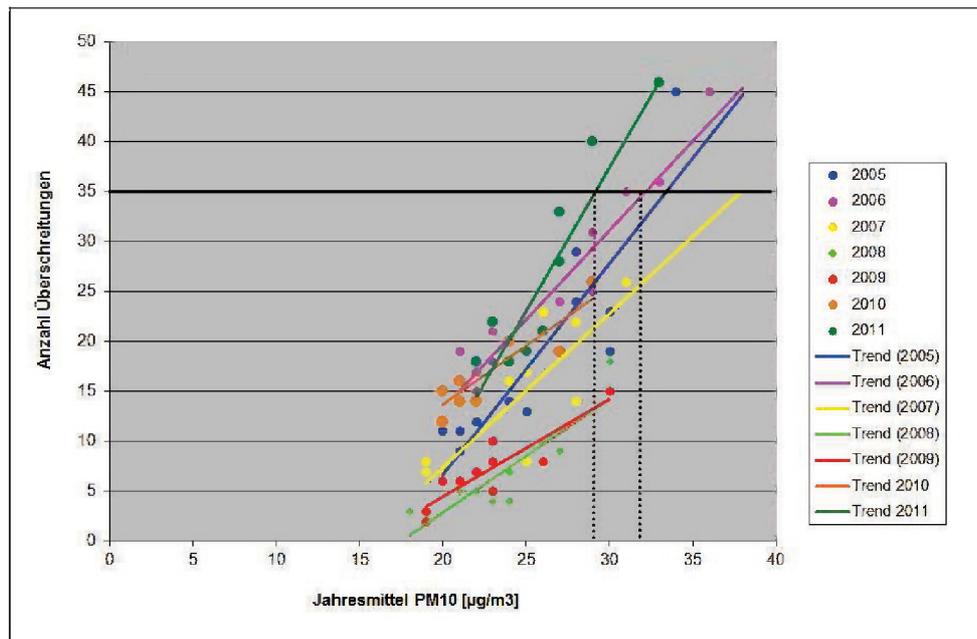


Abbildung 8: Bezug zwischen der Anzahl der Überschreitungen des Kurzzeitwertes von PM_{10} nach 39. BImSchV und dem Jahresmittelwert an Hamburger Messstationen in den Jahren 2005 bis 2011.

Für NO_2 streut die Anzahl an Überschreitungen des Stundenmittelwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Abhängigkeit von dem korrespondierenden Jahresmittelwert sehr viel stärker. Die Abbildung 9 zeigt den Zusammenhang zwischen beiden Größen an vier Hamburger Verkehrsstationen für die Jahre 2001 bis 2011. Die Anzahl an Überschreitungsstunden scheint in Hamburg mehr von der Lage der Messstation als von dem Jahresmittelwert abzuhängen. Dennoch zeigt sich seit 2001 keine mehr als 18-malige Überschreitung eines Stundenwertes von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Jahresmittelwerten unter $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser Befund deckt sich gut mit den Angaben im LUBW-Leitfaden für die Modellierung verkehrsbedingter Immissionen [20], in dem ebenfalls ein Schwellwert von $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittel angegeben wird.

Da dieser Schwellwert in allen nutzungssensiblen Bereichen des Untersuchungsgebietes bei weitem nicht erreicht wird, werden im Bebauungsplangebiet und dessen näherer Umgebung im Bezugsjahr 2015 die Anzahl der zulässigen Überschreitungen des NO_2 -Stundenmittelwertes eingehalten werden.

Luftschadstoffgutachten B-Plan „Altona-Altstadt 59“

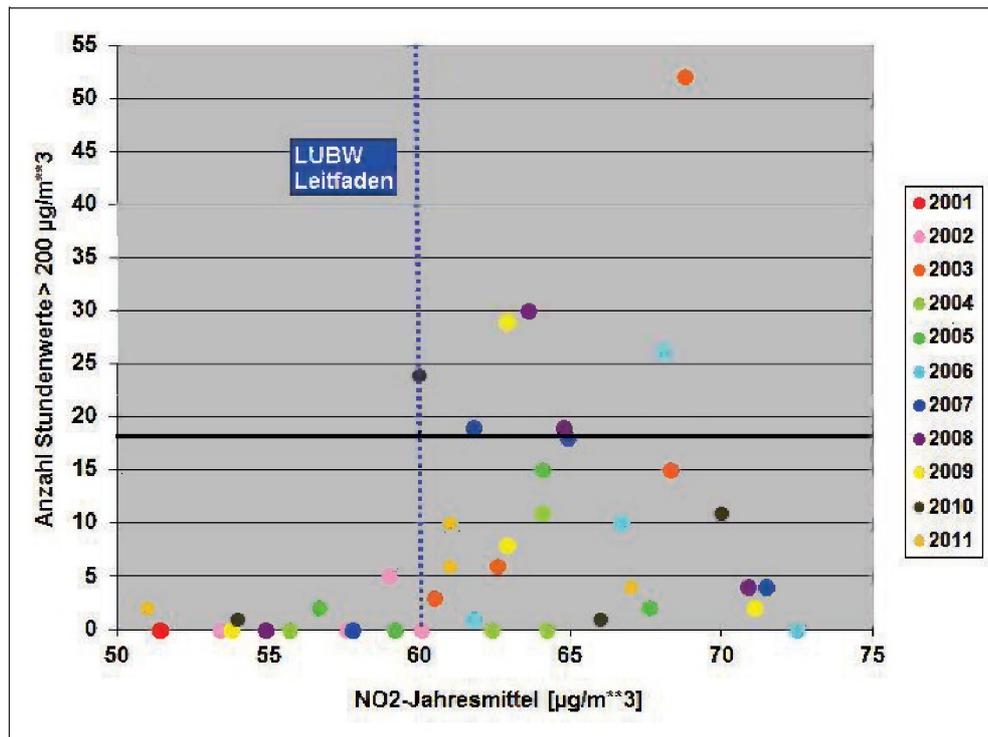


Abbildung 9: Bezug zwischen der Anzahl der Überschreitungen des Kurzzeitwertes von NO₂ nach 39. BImSchV und dem Jahresmittelwert an Hamburger Messstationen in den Jahren 2001 bis 2011.

Zusammenfassung

Im Bezugsjahr 2015 ist innerhalb des Bebauungsplangebietes „Altona-Altstadt 59“ auf Grund der Modellrechnungen mit keinen Überschreitungen der Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) und die beiden Feinstaubfraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} innerhalb von nutzungssensiblen Bereichen zu rechnen. In unmittelbarer Nähe zum Plangebiet zeigen die Berechnungen an zwei Wohngebäuden leichte Überschreitungen, die möglicherweise auf die Planungen zurückzuführen sind. In den Jahren nach 2015 ist mit einem Rückgang des NO₂-Immissionsniveaus zu rechnen, so dass dann sehr wahrscheinlich auch hier die Grenzwerte eingehalten werden.

Die höchsten Immissionswerte im Plangebiet treten vor den Fassaden in der Holstenstraße nahe der Einmündung Norderreihe auf. Sie liegen bei 34 - 35 µg/m³ für NO₂ und bei 27 µg/m³ für Feinstaub PM₁₀ im Jahresmittel. Bei der Feinstaubfraktion PM_{2,5} werden maximal 17 µg/m³ im Jahresmittel erreicht. Im Innenbereich des Plangebietes ist die Immissionsbelastung durch verkehrsbedingte Luftschadstoffe noch einmal deutlich geringer.

Pinneberg, den 13. Oktober 2012



(Dr. Klaus Bigalke)

Literatur

- [1] 39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010.
- [2] EU-LQR (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.6.2008.
- [3] Bigalke, K. (1998): Zur statistischen Auswertung mikroskaliger Immissionsprognosen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 58, 239-247.
- [4] Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Dissertation. Meteorologisches Institut, Universität Mainz.
- [5] Eichhorn, J. (1998): Handbuch zum Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM. Giese-Eichhorn, Umweltmeteorologische Software.
- [6] Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E.-P. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 56, 215-218.
- [7] Düring, I., Bächlin, W., Dünnebeil, F., Ellner, H., Friedrich, U., Schaefer, L., Schönefeld, T. (2010): Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997-2020. *Immissionsschutz*, 3.10, 118-123.
- [8] Görgen, R., Lambrecht, U. (2008): Hohe Stickstoffdioxidbelastungen. Können die NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden? *Immissionsschutz*, 1 (2008), 4-12.
- [9] Buchholz, S. (2006): Einfluss meteorologischer und luftchemischer Parameter auf die NO₂-Immissionskonzentration am Beispiel von ausgewählten Luftmessstationen in Baden-Württemberg. Diplomarbeit, Universität Trier, Fachbereich Geographie/Geowissenschaften.
- [10] HBEFA (2010): Handbuch für Emissionsfaktoren, Version 3.1, Januar 2010. INFRAS AG Bern/Schweiz. Herausgeber: Umweltbundesamt Berlin.
- [11] VDI (2003): Richtlinie 3782, Blatt 7. Kfz-Emissionsbestimmung. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

- [12] Bruckmann, P. et al. (2009): Welche Anforderungen stellen die neuen europäischen Regelungen zu der Feinstaubfraktion PM_{2.5} an den Immissionsschutz? Immissionsschutz, 2009, 3, 112-116.
- [13] CAFE (2004): Second Position Paper on Particulate Matter –final draft-. CAFÉ Working Group on Particulate Matter, April 6th, 2004, http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/pdf/working_groups/2nd_position_paper_pm.pdf.
- [14] Pregger, T., Friedrich, R. (2003): Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schlussbericht BWPLUS Projekt, Förderkennzeichen BWE 20005, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart.
- [15] Pregger, T. (2006): Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart.
- [16] UBA (2006): Verkehrsbedingte Feinstäube in der Stadt. UBA Texte 18/06, Umweltbundesamt, Berlin.
- [17] Pregger, T., Friedrich, R. (2004): Feinstaubemissionen in Deutschland. Quellen, zukünftige Entwicklung, Minderungspotenziale. In: KRdL-Experten-Forum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11. November 2004, Düsseldorf. KRdL-Schriftenreihe Band 33, Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf.
- [18] MLuS, 2002, geänderte Fassung 2005: Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln. Ausgabe 2002.
- [19] Düring, I. (2010): persönliche Mitteilung zur geplanten Neufassung der MLuS 2010: Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln.
- [20] LUBW (2009): Leitfaden. Modellierung verkehrsbedingter Immissionen – Anforderungen an die Eingangsdaten -. IVU Umwelt GmbH, Freiburg im Auftrag der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Karlsruhe.