

Bereich Umweltuntersuchungen
Abteilung Luftuntersuchungen HU43

**Ergebnisse von orientierenden Stickstoffdioxidmessungen
im Hamburger Hafengebiet**
(Messzeitraum März 2008 bis Dezember 2014)

Bearbeiter: Dr. Thomas Reich
Dr. Joachim Peschke

Berichtsumfang: 26 Seiten

Berichtsnummer: HU43/800.56-10/02.15

Auftraggeber: Behörde für Umwelt und Energie,
Luftreinhaltung (BUE-IB4)

Datum des Berichtes: 18.12.2015

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung und Veranlassung	2
2	Bewertungsmaßstäbe für Stickstoffdioxid	2
3	Messverfahren.....	2
4	Untersuchungsprogramme, Messorte und Messzeiträume	3
5	Ergebnisse der Messungen und Bewertung	5
5.1	Kreuzfahrtterminal 1 / HafenCity.....	5
5.2	Kreuzfahrtterminal 2 / Altona	7
5.3	Einfluss des Kreuzfahrttourismus	9
5.4	Wasserschutzpolizei Altenwerder und weitere Hafenmesspunkte	11
5.5	Vergleichsmessungen	14
6	Zusammenfassung und Fazit	14
7	Anhang:.....	16
7.1	Messverfahren.....	16
7.2	Tabellarische Übersicht über die Passivsammler-Messorte im Hamburger Hafengebiet.....	18
7.3	NO ₂ -Jahresmittelwerte an den Passivsammler-Messorten im Hamburger Hafengebiet.....	19
7.4	NO ₂ -Monatsmittelwerte an den Passivsammler-Messorten im Hamburger Hafengebiet.....	20

1 Einleitung und Veranlassung

Obwohl die allgemeine Luftqualität in Hamburg aufgrund der Lage im norddeutschen Flachland mit oft höheren Windgeschwindigkeiten generell als gut zu bezeichnen ist, gibt es beim Schadstoff Stickstoffdioxid (NO_2) so genannte Hot-Spot-Belastungen an bebauten Hauptverkehrsstraßen, wo der Jahresgrenzwert der 39. BImSchV (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – siehe 2.) nicht eingehalten werden kann. Hauptverursacher hierfür ist der lokale Kraftfahrzeugverkehr,

Anders als beim Straßenverkehr werden die Schiffsemissionen allerdings in größerer Höhe (Schornsteinhöhe) in die freie Luftströmung abgegeben und die Abgase der Schiffe als Einzelquellen verteilen sich über das gesamte Hafengebiet als Quellregion. Da der Schiffsverkehr insgesamt einen vergleichbar hohen Anteil an den Stickoxidemissionen in Hamburg hat wie der Straßenverkehr (38% gegenüber 35%, Luftreinhalteplan für Hamburg, 1. Fortschreibung 2012), stellt sich die Frage, wie sich die Schiffsemissionen auf die NO_2 -Belastung im Hafengebiet und am Elbufer auswirken. Die drei Messstationen des Hamburger Luftmessnetzes (HaLm), die ursprünglich im Hafengebiet lagen (Stationen Hohe Schaar, Waltershof und Steinwerder) hatten in den 1990er Jahren ihren Betrieb nach und nach eingestellt, weil es dort keine exponierte Wohnbevölkerung gab.

Im Zusammenhang mit dem zunehmenden Kreuzfahrttourismus und den stadtnahen Kreuzfahrtterminals in der HafenCity und in Altona wurde eine Luftqualitätsüberwachung im Einflussbereich von Schiffsemissionen erforderlich. Beginnend im Laufe des Jahres 2008 wurden in diesem Gesamtrahmen verschiedene Programme (Projekte) zur Ermittlung der NO_2 -Belastung im Hafen mithilfe von Passivsammlern durchgeführt. Der Einsatz von Passivsammlern ist ein orientierendes Messverfahren, das es erlaubt kostengünstig an einer Vielzahl von Messorten Monatsmittelwerte der NO_2 -Konzentration zu ermitteln. Über die Ergebnisse der Untersuchungen soll im Folgenden zusammenfassend berichtet werden.

2 Bewertungsmaßstäbe für Stickstoffdioxid

Die Bewertungsmaßstäbe für Luftverunreinigungen durch Stickoxide werden in der 39. BImSchV angegeben, sie stellen eine Umsetzung der Grenzwerte der europäischen Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG dar.

Maßgeblich für die hier vorliegenden Untersuchungen ist der Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für den Jahresmittelwert (gültig ab 2010):

40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 als Jahresmittelwert

Da mit dem Messverfahren "Passivsammler" nur integral über längere Expositionszeiträume gemessen wird (in unserem Fall Monatszeiträume) hat der Kurzzeitgrenzwert für den NO_2 -1-Std.-Mittelwert für die vorgestellten Untersuchungen keine Bedeutung.

Die Überwachung des v. g. NO_2 -Grenzwertes erfolgt in Hamburg durch die kontinuierlichen Messungen des Hamburger Luftmessnetzes, die die entsprechenden Qualitätsanforderungen der 39. BImSchV erfüllen. In Ergänzung dazu erfolgen die Passivsammlermessungen als orientierende Zusatzuntersuchungen.

3 Messverfahren

Die orientierenden Messungen der NO_2 -Konzentration erfolgten mithilfe von Passivsammlern der Fa. PASSAM AG. Die Passivsammler werden jeweils für einen Monat exponiert und anschließend im Labor auf ihren Gehalt an NO_2 untersucht. Als Auswertergebnis erhält man die NO_2 -Konzentration der Luft als Monatsmittelwert. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens ist im Anhang 7.1 beigefügt.

Die Passivsammler werden seit ca. 2011 mit Diffusionssperren der Fa. PASSAM in Form von Glasfritten betrieben. Die dabei gegenüber den vorher eingesetzten Diffusionssperren aus Papier auftretenden Minderbefunde werden durch Anwendung eines Korrekturfaktors ausgeglichen (Details siehe Anhang 7.1).

Im Gegensatz zu den Passivsammlermessungen wird im Hamburger Luftmessnetz (HaLm) die NO₂-Konzentration mit kontinuierlich arbeitenden und direkt anzeigenden Stickoxidanalysatoren gemessen, die nach dem Referenzmessverfahren der Chemilumineszenz arbeiten und die eine Eignungsbekanntgabe entsprechend EU-Anforderung besitzen. Ihre Kalibrierung wird auf ein zertifiziertes Prüfgas rückgeführt und die Richtigkeit der Messung wurde in diversen Ringversuchen nachgewiesen. An den Messstationen Sternschanze, Habichtstraße und Veddel finden seit Jahren zur fortlaufenden Qualitätssicherung Parallelmessungen zwischen Passivsammlern und den Referenzmessgeräten des HaLm statt (siehe Kapitel 5.5).

4 Untersuchungsprogramme, Messorte und Messzeiträume

Für orientierende Messungen von Stickstoffdioxid im Hafen gab es unterschiedliche Anlässe.

- Durch den Betrieb von Kreuzfahrtterminals am Nordufer der Elbe in der Nachbarschaft von Büro- und Wohnnutzung stellte sich die Frage, ob dort durch die Schiffsabgase eine relevante zusätzliche Belastung verursacht wird
- Die Frage nach der Höhe der Stickstoffdioxidbelastung im Nahbereich einer sehr hohen Lkw-Verkehrsbelastung an der Zu- und Abfahrt des Containerterminals Waltershof und in der unmittelbaren Nachbarschaft eines frequentierten Containerschiff-Liegeplatzes mit entsprechenden Schiffsemissionen stellte sich an der Wasserschutzpolizeistation Waltershof.
- Weitere Messorte im Hafen, die nicht direkt durch einzelne vorherrschende Emissionsquellen in ihrer Nähe beeinflusst werden, sollten beprobt werden, um die Beurteilungsgrundlagen für die Messergebnisse von den erstgenannten Messorten zu verbreitern.

Im Umfeld der Kreuzfahrtterminals wurden zeitlich gestaffelt 8 Messorte ausgewählt, die unterschiedliche Emittenteneinflüsse widerspiegeln und eine möglichst gute Beurteilung der Langzeit-Belastungssituation durch NO₂ gewährleisten sollten. Die Messungen starteten im März 2008 an 4 Messorten in der HafenCity (Bezeichnung "HC") und bereits vor Aufnahme des Kreuzfahrtbetriebs im August 2009 in Altona (an zunächst 6 Messpunkten Bezeichnung "KfA").

Ebenfalls im März 2008 begannen die Untersuchungen an der Wasserschutzpolizeistation in Waltershof an zu Beginn 3 Messpunkten (Bezeichnung "WSP").

In der folgenden Tabelle werden alle beprobten Messorte hinsichtlich ihrer Lage und charakteristischen Emittenteneinflüssen beschrieben

Messpunkt	Straße / Lage	Art der Messstelle / Emittenteneinflüsse
HC 1	Parkplatz Cruise Terminal	HafenCity Hintergrund / Kreuzfahrtschiffe, Parkplatzverkehr
HC 2	Ausfahrt Sicherheitsbereich am Mast	HafenCity Hintergrund / Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Versorgungsverkehr
HC 3	Chicagokai, Mitte der Abzäunung	HafenCity Hintergrund / Kreuzfahrtschiffe, Hafen
HC 4	Chicagokai östl. Ende der Abzäunung	HafenCity Hintergrund / Kreuzfahrtschiffe, Hafen
HC-5	Am Lohsepark	HafenCity Hintergrund / kein Emittent im Nahumfeld
HC 6	Oberhafen	HafenCity Hintergrund / kein Emittent im Nahumfeld
HC 7	Südl. Baakenhafen/Petersenkai am Mast	HafenCity Hintergrund / kein Emittent im Nahumfeld
HC 8	Katharinenschule, Pausenhof auf Dach (in ca. 30 m Höhe)	HafenCity Hintergrund / kein Emittent im Nahumfeld
KfA 1	Westl. Ende Edgar-Engelhard-Kai	Altona Elbufer / Kreuzfahrtschiffe (östl. WR), Hafen, Schiffsverkehr Elbe

Messpunkt	Straße / Lage	Art der Messstelle / Emittenteneinflüsse
KfA 2	Van-der-Smissen-Straße, Lampenmast 11	Altona / Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Schiffsverkehr Elbe, Straßenverkehr
KfA 3	Altonaer-Balkon, Lampenmast	Altona am Elbhang / Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Schiffsverkehr Elbe
KfA 4	Sandberg, Lampenmast	Altona / Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Schiffsverkehr Elbe, Straßenverkehr
KfA 5	Olbersweg	Altona am Elbhang / Kreuzfahrtschiffe (Haupt-WR), Hafen, Schiffsverkehr Elbe
KfA 6	Elbstraße – Elbberg, Lampenmast	Altona am Straßenrand / Straßenverkehr, Kreuzfahrtschiffe (östl. WR), Hafen, Schiffsverkehr Elbe
KfA 7	Östl. Ende Edgar-Engelhard-Kai	Altona Elbufer/ Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Schiffsverkehr Elbe
KfA 8	Dach westl. Kontorhaus (in ca. 40 m Höhe)	Altona Elbufer/ Kreuzfahrtschiffe, Hafen, Schiffsverkehr Elbe
WSP 1	Zufahrt Parkplatz zur Polizeistation	Waltershof / Straßenverkehr (besonders LKW) / Schiffsverkehr
WSP 2	Balkon d. Gebäudes, Regenrohr (in ca. 12 m Höhe)	Waltershof / geringer Straßenverkehr / Schiffsverkehr
WSP 3	Zugang zum Schiffsanleger, Lampenmast	Waltershof / geringer Straßenverkehr / Schiffsverkehr
WSP 4	Nördl. Ende des Schiffsanlegers	Waltershof / geringer Straßenverkehr / Schiffsverkehr
WSP 5	Zaun nördl. der Polizeistation	Waltershof / geringer Straßenverkehr / Schiffsverkehr
WSP 6	Altenwerder Damm östl. Autobahn A7	Waltershof / geringer Straßenverkehr / Autobahn (Haupt-WR) / Schiffsverkehr
STW 1	Ellerholzschleuse (Hamburg Wasser)	Steinwerder / geringer Straßenverkehr, Schiffsverkehr
STW 2	Köhlbranddeich	Steinwerder / geringer Straßenverkehr, Schiffsverkehr
GM 19	Rethestieg	Wilhelmsburg Hafenhintergrund / kein Emittent im Nahumfeld

Tabelle 1: Übersicht über die Passivsammler-Messorte im Hamburger Hafengebiet und charakteristische Einflussgrößen

Der Messort "Rethestieg" (GM19) sollte Daten für die Hintergrundbelastung im Hafen ohne Bezug auf eine vorherrschende Emissionsquelle im direkten Nahumfeld liefern. Er wurde deshalb auf einem Firmengelände platziert über 50 m vom Rethestieg entfernt. Die Messpunkte Ellerholzschleuse (STW 1) und Köhlbranddeich (STW 2) sind durch Kfz-Verkehr (Ellerholzbrücke/Veddeler Damm ca. 80 m östlich STW 1) bzw. Schiffsverkehr auf dem Köhlbrand (STW 2) zusätzlich beeinflusst.

Wie dem Anhang 7.2 (Tabellarische Übersicht über die Passivsammler-Messorte im Hamburger Hafengebiet) zu entnehmen ist, wurden zahlreiche Messpunkte nur vorübergehend beprobt. Dies war insbesondere dann der Fall, wenn bestimmte Sachverhalte abzuklären waren (insbesondere bei den Untersuchungen bei der Wasserschutzpolizei Waltershof) oder wenn sich bei in der Nähe liegenden Messpunkten nahezu gleiche Belastungsniveaus herausgestellt hatten, so dass eine Messpunktreduzierung möglich war.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die Messgebiete und Messpunkte.

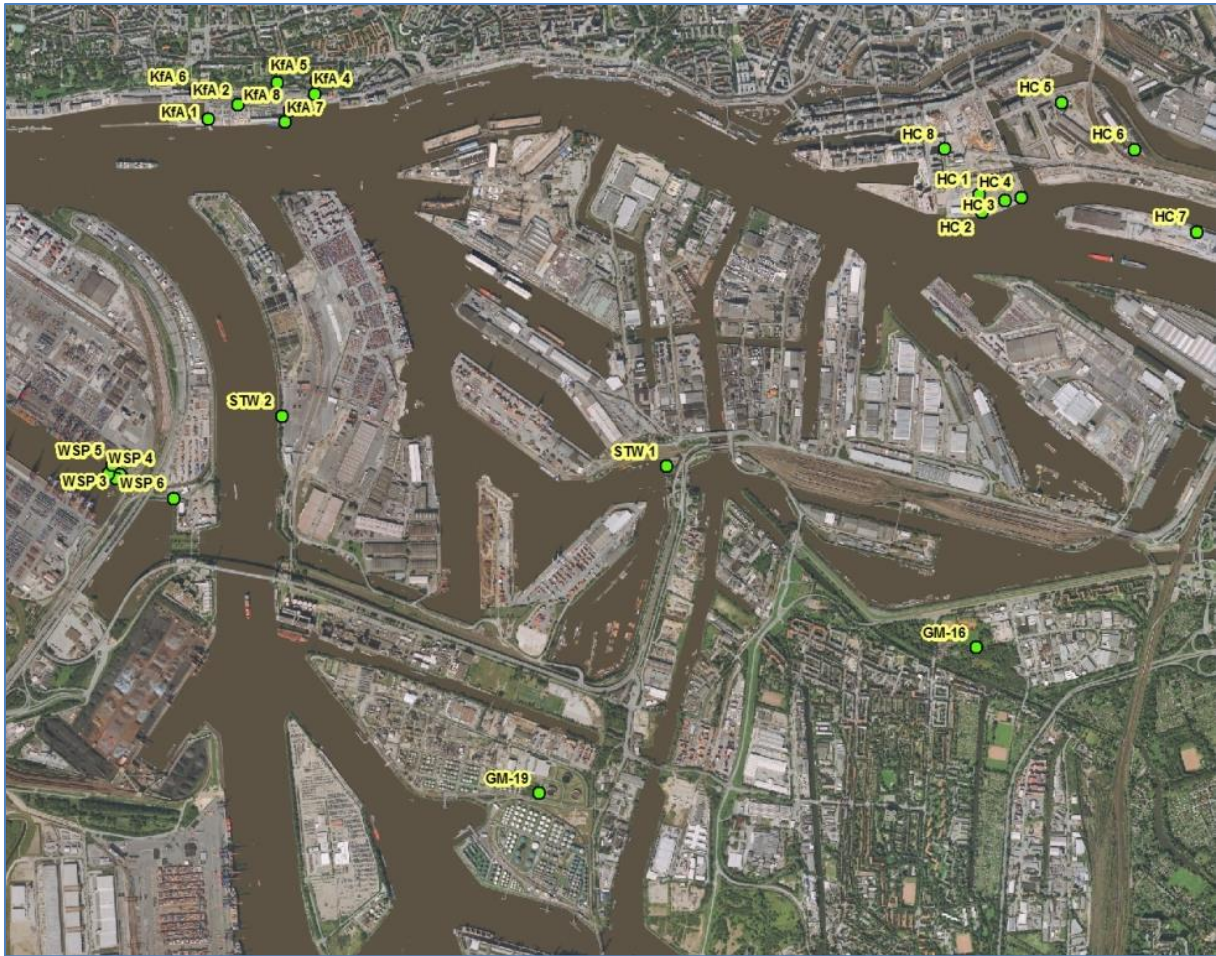


Abbildung 1: Hafengebiet Hamburg mit Lage der Messpunkte (siehe Tabelle1)

5 Ergebnisse der Messungen und Bewertung

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Messungen in Form von Balken- und Liniendiagrammen veranschaulicht. Eine Dokumentation der Ergebnisse in einer tabellarischen Übersicht der Jahresmittelwerte findet sich in Anhang. In den Kapiteln 7.3 und 7.4 sind die Tabellen mit allen Monatsmittelwerten zusammengestellt. Ab dem Jahr 2012 sind die Messergebnisse auch im Transparenzportal veröffentlicht.

5.1 Kreuzfahrtterminal 1 / HafenCity

Die Messungen in der HafenCity im Umfeld des Kreuzfahrtterminals begannen im März 2008 an zunächst 4 Messpunkten (HC 1 bis HC 4), die unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtung Südwest in die Nähe des westlichen Schiffs Liegeplatz (maximal 250 m Entfernung) gelegt wurden. Ab Januar 2009 wurde das Messgebiet um weitere drei Messpunkte nach Osten erweitert (HC 5 bis HC 7), die sich noch im Ausbaugebiet der HafenCity, in dem die künftige Bebauung noch nicht realisiert wurde, befanden. Diese 3 Messpunkte lagen aber mit 700 m (HC 5) bis 1.100 m (HC 7) deutlich weiter vom Kreuzfahrtterminal entfernt und sollten damit weniger dem Einfluss durch Kreuzfahrtschiffe ausgesetzt sein. Einzig der Messpunkt HC 8 auf dem Dach der Katharinenschule in ca. 20 m Höhe und knapp 400 m nördlich des Kreuzfahrtterminals befindet sich in einem schon fertiggestellten Bauabschnitt. Die Lage der Messpunkte ist der folgenden Abbildung 2 zu entnehmen.

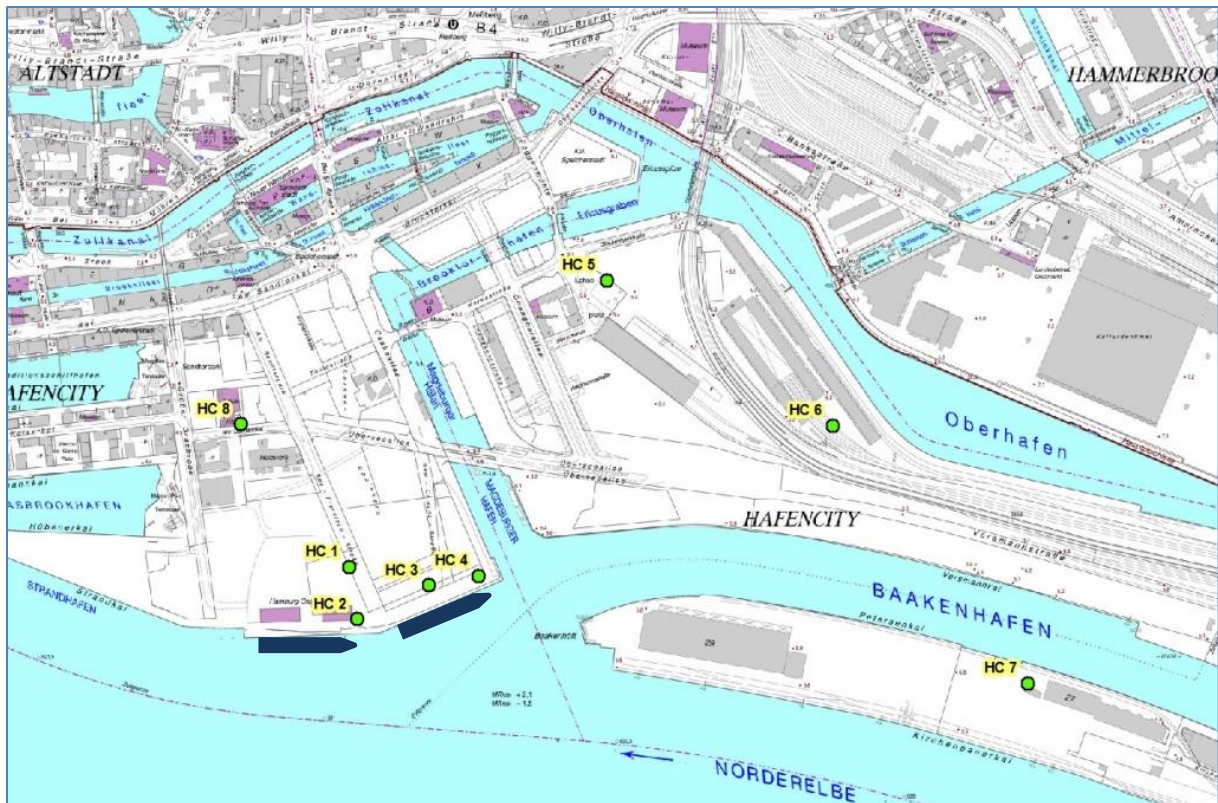


Abb. 2: Die Messorte im Umfeld des Kreuzfahrtterminals HafenCity

In den Jahren 2009 und 2010 wurden fast alle Messpunkte parallel beprobt, so dass sich die Belastungshöhen der Messorte untereinander gut vergleichen ließen.

Die Ergebnisse sind in der Abbildung 3 als Säulendiagramm dargestellt. Grundsätzlich wird deutlich, dass die NO_2 -Konzentrationen an den verschiedenen Punkten sehr ähnlich sind und sich nur in einem sehr schmalen Bereich zwischen 32 und 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2009) bzw. zwischen 29 und 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2010) bewegen. In beiden Jahren wurden die höchsten Werte an den Punkten HC 2 (Beleuchtungsmast direkt am Kai, beeinflusst auch durch den Versorungsverkehr der Kreuzfahrtschiffe) und HC 7 am Petersenkai / Baakenhafen gemessen.

Da im gesamten Messgebiet eine vergleichbares Belastungsniveau ermittelt wurde und an einzelnen Messorten Bauarbeiten begannen (z. B. HC 7), konnte die Messpunktzahl nach und nach reduziert werden, so dass ab 2012 nur noch die Punkte HC 2, HC 4 und HC 8 weiterhin beprobt wurden. Ab dem Jahresbeginn 2015 wird nur noch der Messpunkt HC 2 weiter beprobt, an dem stets die höchste NO_2 -Konzentration gemessen worden ist und der daher für die Obergrenze der Belastung in der HafenCity herangezogen werden kann.

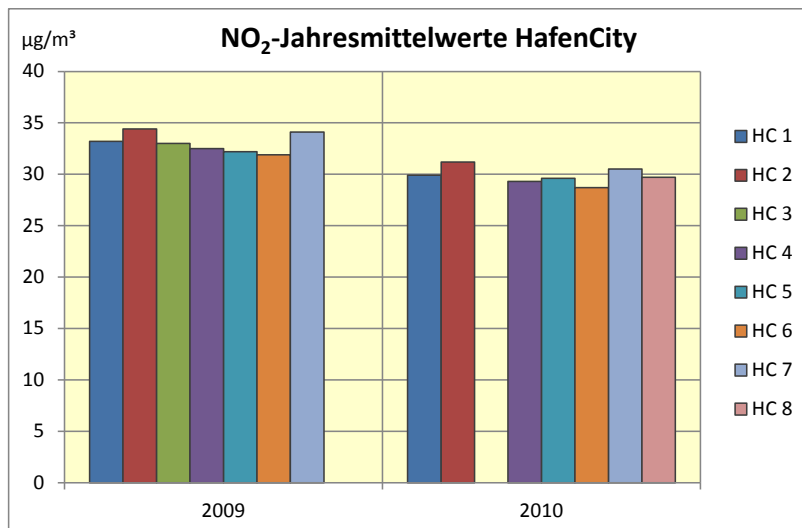


Abb. 3: Vergleich der NO₂-Jahresmittel in der HafenCity 2009 und 2010

Über die zeitliche Entwicklung der NO₂-Belastung gibt die Abbildung 4 Auskunft, in der die Jahresmittelwerte seit 2009 zusammengestellt sind. Sie zieht zudem den Quervergleich zur städtischen Belastung an der HaLm-Station Sternschanze und der höchsten Hintergrundbelastung einer HaLm-Station in Veddel.

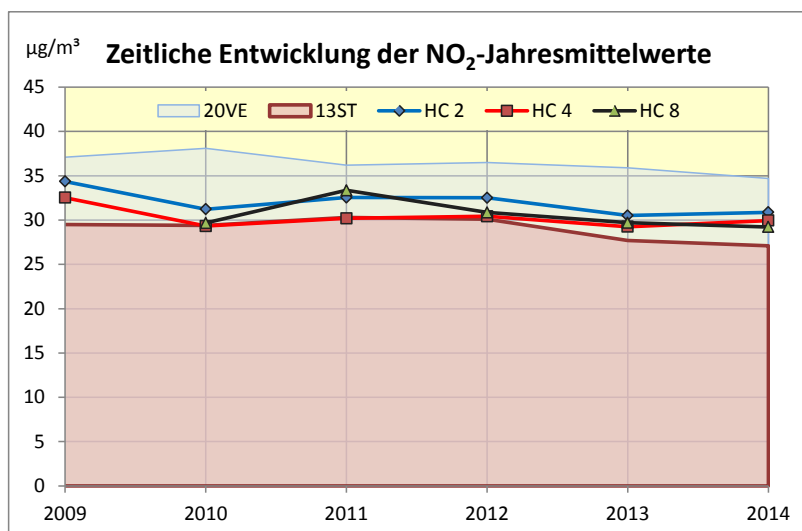


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der NO₂-Jahresmittel in der HafenCity

In der Zusammenfassung ist festzuhalten, dass im messtechnisch überwachten Gebiet der sich entwickelnden HafenCity ein homogenes Belastungsniveau der NO₂-Konzentration festgestellt wurde, das zwar geringfügig oberhalb der städtischen Hintergrundbelastung an der Station Sternschanze liegt, aber den Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 40 µg/m³ NO₂ für den Jahresmittelwert sicher einhält. Bezogen auf den Liegeplatz der Kreuzfahrtschiffe sind die einzelnen Messpunkte des Gebietes in ganz unterschiedlichen Entfernungen und Himmelsrichtungen angeordnet. Wenn sie trotzdem nahezu gleiche NO₂-Konzentrationen aufweisen, spricht dies eher für eine diffuse zusätzliche Belastung z. B. durch den Hafen insgesamt als Quellgebiet als für eine Belastung durch eine nahezu ortsfeste Emissionsquelle in der Nähe wie die am Terminal liegenden Kreuzfahrtschiffe.

5.2 Kreuzfahrtterminal 2 / Altona

Das Kreuzfahrtterminal Altona ging 2010 in Betrieb. Bereits ab August 2009 begannen die orientierenden Messungen mit Passivsammlern an 6 Messpunkten. Anders als bei der HafenCity gibt es im Umfeld des Terminals Altona eine Bestandsbebauung, zu der auch ein 20-stöckiges Wohnhaus ("Wohnkristall") ca. 300 m östlich des Kreuzfahrtanlegers gehört, das

die nächstgelegene Wohnbebauung darstellt. Wegen der 2009 noch bestehenden Kontorhaus-Baustelle zwischen Wohnkristall und dem Kreuzfahrtterminal konnten die Messpunkte KfA 7 und KfA 8 erst ab Februar 2012 bzw. ab September 2012 eingerichtet und beprobt werden. KfA 7 liegt am östlichen Ende des Edgar-Engelhard-Kai und ist wie KfA 1 am westlichen Ende des Kais so gut wie unbeeinflusst durch Straßenverkehrsabgase. Der Punkt KfA 8 liegt auf dem Dach des neuen Kontorhauses in ca. 40 m Höhe, um angesichts der Hochhausbebauung die NO₂-Belastung in ungefährender Schornsteinhöhe eines Kreuzfahrtschiffs zu erfassen. Die Lage aller Messpunkte ist der Abbildung 5 zu entnehmen.

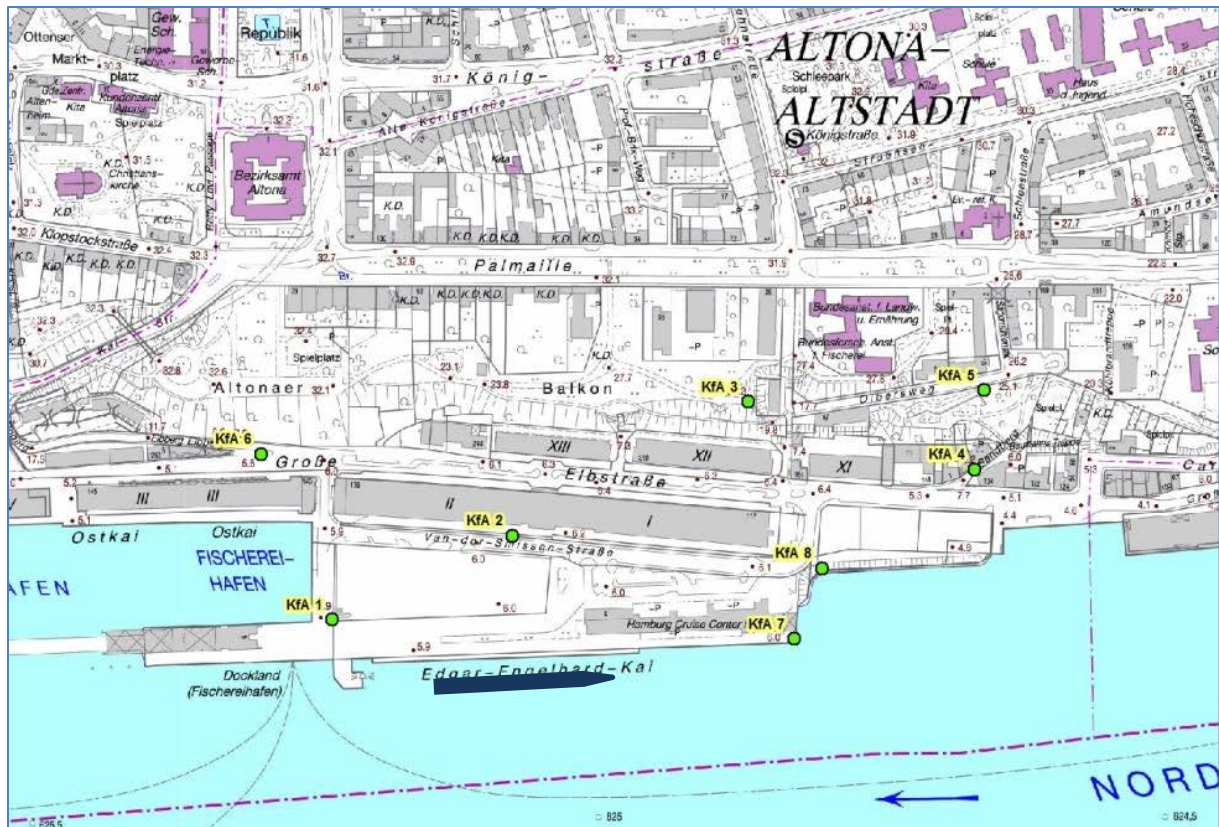


Abb. 5: Die Messorte im Umfeld des Kreuzfahrtterminals Altona

Zunächst sollen auch für das Kreuzfahrtterminal Altona die Ergebnisse für die einzelnen Messpunkte im Vergleich dargestellt werden (Abbildungen 6 a) und 6 b).

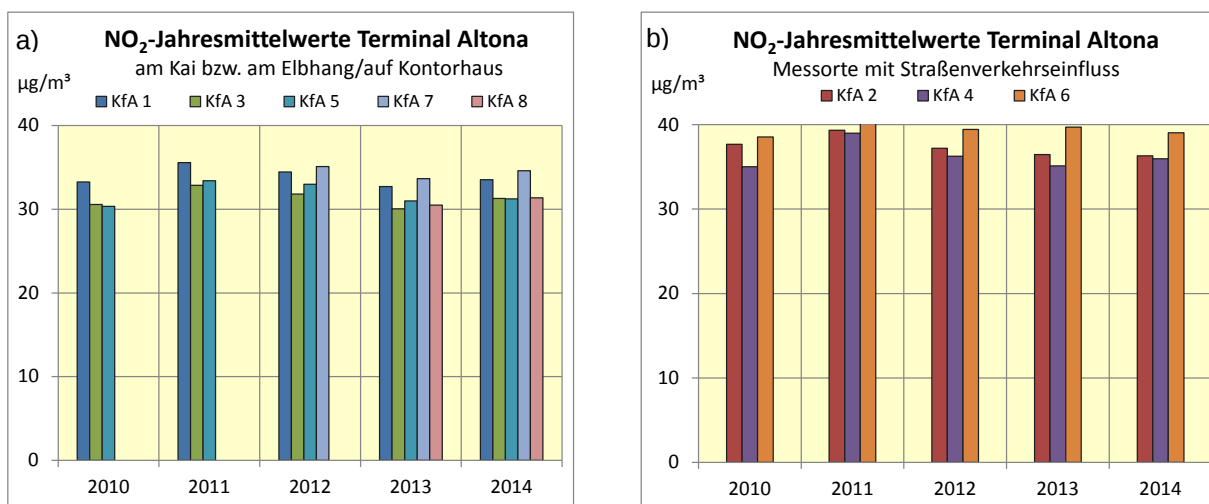


Abb. 6: Vergleich der NO₂-Jahresmittel an den KfA-Messorten in Altona 2010 bis 2014
a) am Kai, Elbhang und auf Kontorhaus b) an Messorten mit Straßenverkehrseinfluss

Am Kreuzfahrtterminal Altona bestehen zwischen den einzelnen Messorten größere Belastungsunterschiede als in der HafenCity. Der Grund dafür ist in der unterschiedlichen Nähe der Messpunkte zum Straßenverkehr zu sehen. Die höchsten NO_2 -Konzentrationen wurden stets an den Messpunkten KfA 2, 4 und 6 gemessen. Diese liegen nahe zur Großen Elbstraße (KfA 4) bzw. in der Van-Smisen-Straße (KfA 2, Lieferverkehr). Der mit knapp $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am höchsten belastete Messpunkt KfA 6 liegt direkt auf einer Verkehrsinsel zwischen Große Elbstraße und dem Abzweig Elbberg und sollte die Belastungsobergrenze des Messgebietes widerspiegeln, in der sich die Einflüsse von Kreuzfahrtschiff, Straßenverkehr und Schiffsemissionen allgemein bündeln. Die Messpunkte KfA 3, 5 und 8 zeigen dagegen bei untereinander ähnlicher Belastungshöhe die niedrigsten Werte. Sie liegen verkehrsabgewandt und in ca. 25 m Höhe im Grünzug "Altonaer Balkon" (KfA 3), im Olbersweg (KfA 5), wo seit 2012 auch die HaLm-Messstation Altona-Elbhang liegt, und auf dem Dach des Kontorhauses (KfA 8). Die NO_2 -Belastung direkt auf der Kaianlage am westlichen (KfA 1) und am östlichen Ende (KfA 7) liegt niedriger als an den straßenverkehrsnahen Messpunkten, aber höher als an den verkehrsabgewandten und höher gelegenen Messorten.

Die zeitliche Entwicklung der Belastung seit 2010, dargestellt in der Abbildung 7, die zum Vergleich auch wieder die Ergebnisse der städtischen HaLm-Messstationen Sternschanze und Veddel enthält, lässt keinen eindeutigen Trend erkennen.

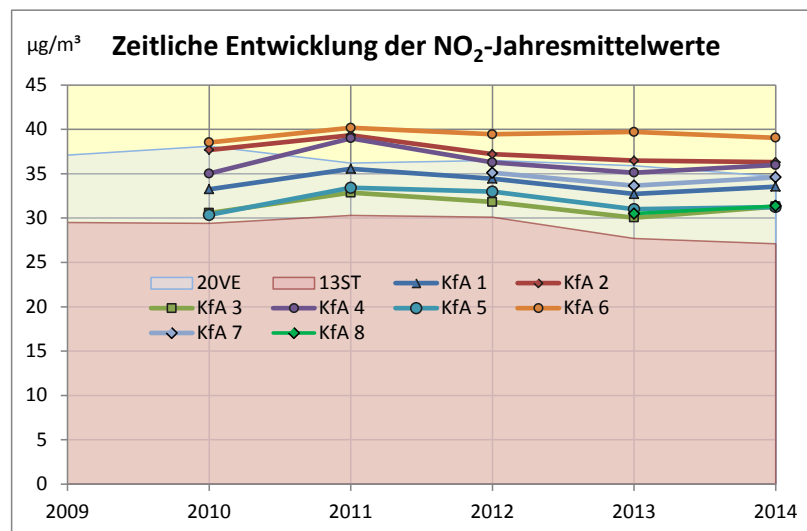


Abb. 7: Zeitlicher Verlauf der NO_2 -Jahresmittel am Kreuzfahrtterminal Altona

Die vom Kfz-Verkehr nahezu unbeeinflusste Belastung am Elbhang liegt insgesamt wenige $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ höher als an der städtischen Messstation Sternschanze. Direkt am Kai (KfA 1 und KfA 7) findet man noch einmal ca. $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höhere NO_2 -Werte. Aber auch die Belastung dieser Messpunkte bleibt unter $35 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ im Jahresmittel und liegt damit sicher unter dem Grenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit.

5.3 Einfluss des Kreuzfahrttourismus

Bei den Jahresmittelwerten ist kein eindeutiger Einfluss des Kreuzfahrttourismus auf die NO_2 -Belastung zu erkennen. Das geringe Plus bei der Belastung kann durch den Hafen insgesamt bzw. durch den vorbeifahrenden Schiffsverkehr auf der Elbe bedingt sein. Für das Jahr 2014 wurde die Belastung an beiden Terminals noch einmal detailliert anhand der Monatsmittelwerte betrachtet und mit den Liegezeiten der Schiffe in Beziehung gesetzt.

Abbildung 8 zeigt eine monatliche Aufschlüsselung der Liegezeiten in Stunden an den beiden Terminals.

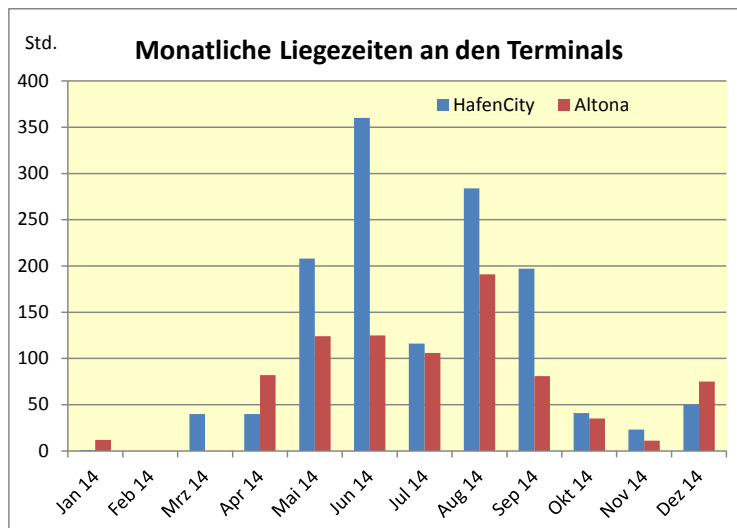


Abb.8: Liegezeiten der Kreuzfahrtschiffe im Jahr 2014

Man erkennt deutlich, dass die Hauptsaison für die Kreuzfahrtschiffe in den Monaten Mai bis September liegt, 75 % (Altona) bis 85 % (HafenCity) der Liegezeiten entfallen auf diesen Zeitraum. Die einzelnen Schiffe liegen in der Regel zwischen 7 bis 12 Stunden am Terminal und stellen während dieser Zeit eine Emissionsquelle dar. Zusätzlich zu den Schiffsemissionen addieren sich an Land die Emissionen aus dem Ver- und Entsorgungs- sowie aus dem Busverkehr. Die Emissionszeiten der Kreuzfahrtschiffe summieren sich über die genannten 5 Sommermonate in der HafenCity auf 32 % des Gesamtzeitraums, in Altona auf 17 %.

Vergleicht man nun die Monatsmittelwerte der Messpunkte in der HafenCity mit den Monatsmittelwerten der städtischen Hintergrundmessstation Sternschanze als Bezug (Abbildung 9) dann ist zu erkennen, dass die Resultate für die Passivsammler die Monatsmittel der Messstation im Sommer stärker übersteigen als während der anderen Jahreszeit. Dies gilt insbesondere für den Messpunkt HC 2, der an der Zufahrt zur Kaianlage liegt und somit durch den gesamten Ver- und Entsorgungsverkehr des Terminals zusätzlich belastet wird. Aber auch die Messpunkte HC 4 und HC 8 zeigen während der Kreuzfahrer-Hochsaison höhere Monatsmittelwerte als der städtische Hintergrund, während die Belastung in den Wintermonaten ungefähr gleich ist (für den ungewöhnlich hohen Messwert im Februar 2014 am Punkt HC 4 konnte keine plausible Erklärung ermittelt werden).

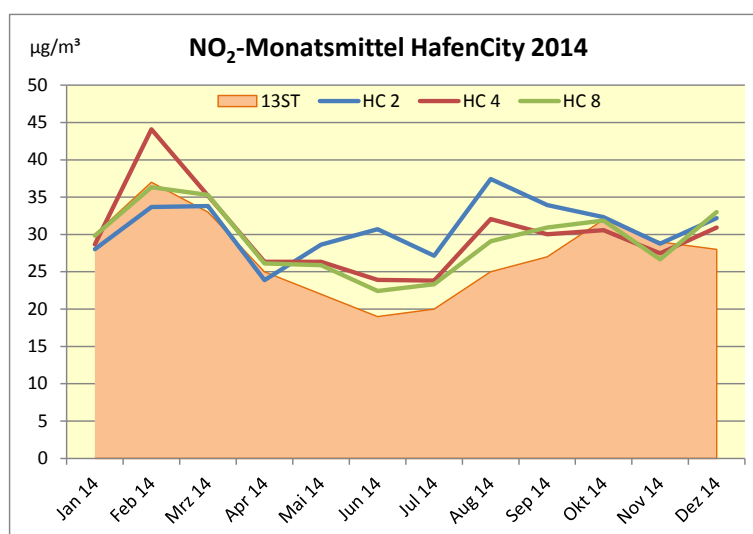


Abb. 9: Monatsmittelwerte HafenCity und Sternschanze (13ST)

An den Messpunkten in Altona, in der Abbildung 10 gezeigt am Beispiel der Punkte KfA 1 und KfA 7, ist der gleiche Effekt zu erkennen, allerdings schwächer ausgeprägt. Dies korreliert mit den geringeren Schiffs Liegezeiten in Altona.

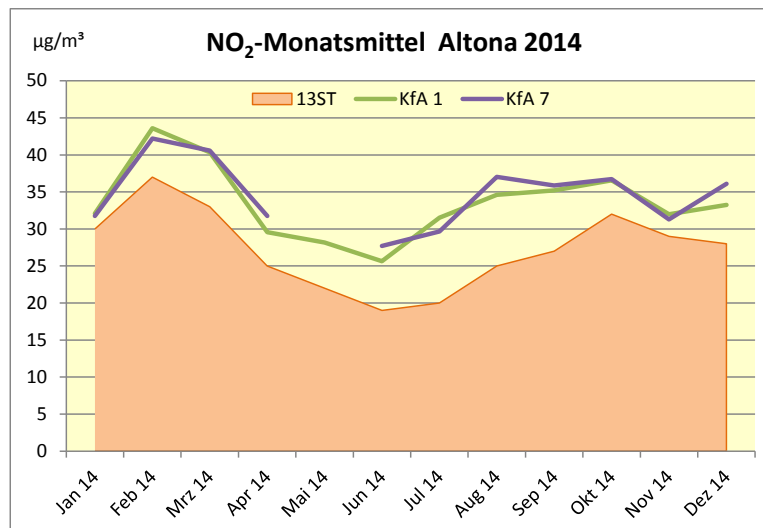


Abb. 10: Monatsmittelwerte Altona und Sternschanze (13ST) 2014

Im Unterschied zur HafenCity wird hier aber auch im Winter bei zu vernachlässigendem Kreuzfahrtbetrieb eine etwas höhere Belastung als in der Stadt gemessen. Dafür kommt als mögliche Ursache der Schiffsverkehr auf der Elbe und das Hafengebiet insgesamt als Flächenquelle infrage. Eine sichere Quellenzuordnung allein auf Grundlage der Immissionsmessdaten lässt sich allerdings nicht vornehmen.

5.4 Wasserschutzpolizei Altenwerder und weitere Hafenmesspunkte

Die orientierenden NO₂-Messungen an der Wasserschutzpolizeistation Waltershof begannen im März 2008 an drei Messpunkten. Die Polizeistation liegt am südöstlichen Ende des Waltershofer Hafens und nur wenig entfernt führt die stark frequentierte Lkw-Zufahrt zum Containerterminal Burchardkai vorbei. Da die Messergebnisse in unterschiedlichen Abständen zum Lkw-Verkehr (20 m, 45 m, 55 m) nicht den erwarteten Belastungsrückgang zeigten, wurden zur besseren Aufklärung der Situation zeitweise noch weitere Messpunkte eingerichtet (WSP 4 bis 6); der Messpunkt WSP 2 direkt am Gebäude der Polizeistation wurde bereits frühzeitig wieder aufgegeben, da er stets fast die gleichen Ergebnisse wie WSP 3 erbrachte.

Die Lage der einzelnen Messpunkte im Detail ist in der Luftbildaufnahme in Abbildung 11 dargestellt, die Zufahrt zum Containerterminal Burchardkai ist durch einen roten Pfeil markiert. Das räumlich relativ gleichmäßige NO₂-Belastungsniveau in Waltershof (siehe Abbildung 13 (auf der Seite 13) mit den Ergebnissen für das Jahr 2009) konnte nur erklärt werden, wenn neben dem Kraftfahrzeugverkehr eine weitere Quelle (mutmaßlich der Schiffsverkehr) für die erhebliche zusätzliche Belastung gegenüber dem städtischen Niveau von ca. 30 µg/m³ NO₂ sorgte. Dafür spricht auch, dass der Waltershofer Hafen als das Hafenbecken mit dem stärksten Schiffsverkehr gilt.

Von den insgesamt 6 Waltershofer Messorten wurde nur der Messort WSP 3 am Zugang zum Anleger der Wasserschutzpolizei über das Jahr 2010 hinaus bis heute weiter betrieben.



Abb. 11: Lage der Messpunkte im Umfeld der Wasserschutzpolizei Waltershof

Um weitere Informationen zur NO_2 -Belastung im Hafengebiet zu erhalten wurden deshalb in den Folgejahren drei weitere Hafen-Messorte beprobt (STW 1 und STW 2 in Steinwerder sowie GM 19 zwischen Neuhöfer Hafen und Reiherstieg). Die Lage der Messpunkte ist in der Karte in Abbildung 12 dargestellt.

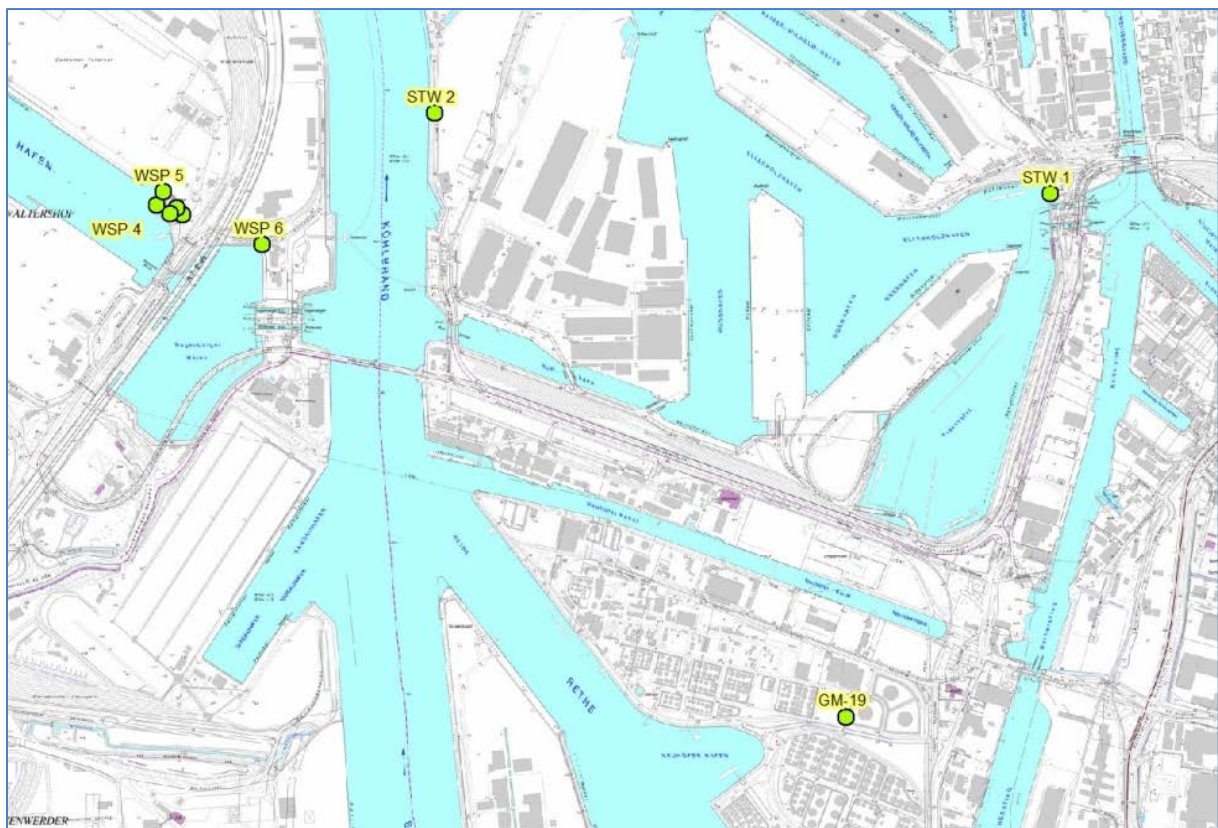


Abb. 12: Lage der Messorte im Hafengebiet - Übersicht

Während der Messpunkt STW 1 den stark befahrenen Veddeler Damm/Ellerholzbrücke in der Nachbarschaft hat (ca. 80 m entfernt) und STW 2 direkt am Köhlbrand den dortigen Schiffsemissionen und geringem Straßenverkehr ausgesetzt ist, lag der Messpunkt Rethesstieg (GM 19) abseits vom Straßenverkehrseinfluss auf einem Firmengelände ohne Stickoxidemittanten in direkter Nähe. Er bildet somit am ehesten die Hintergrundbelastung im (südlichen) Hafengebiet ab.

Die Jahresmittelwerte der zurückliegenden drei Jahre 2012 bis 2014 zeigt die nachfolgende Abbildung 14. Aus ihr wird deutlich, dass eine erhebliche Messwertspanne zwischen dem quellnahen Messpunkt WSP 3 und dem quellfernen Hintergrundmesspunkt GM 19 besteht.

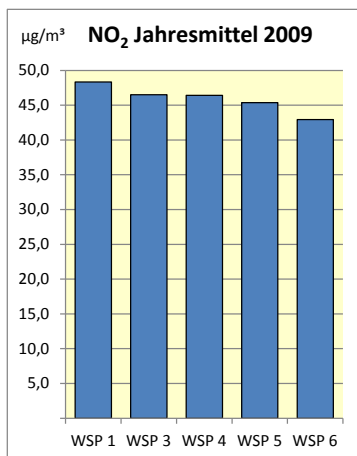


Abb. 13: Messpunkte WSP 2009

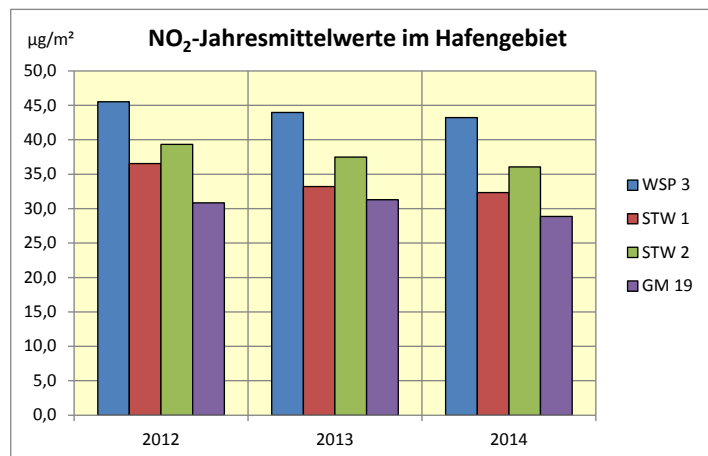


Abb. 14: Vergleich der NO₂-Jahresmittel im Hafen

Die deutlich höchste Belastung mit Jahresmittelwerten oberhalb von 40 µg/m³ NO₂ wurde am Messpunkt WSP 3 gemessen, an dem sich offenbar die Einflüsse von Schiffsabgasen (Waltershofer Hafen) und Lkw-Emissionen (55 m bis zur Zufahrt zum Containerterminal Burchardkai) bündeln. Die Autobahn A7 ist ca. 150 m entfernt.

Die Ergebnisse der Punkte STW 1 und 2 liegen zwischen dem "Hot Spot" WSP 3 und dem Hintergrund GM 19 mit NO₂-Belastungen oberhalb von 30 µg/m³, aber unterhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³.

Die zeitliche Entwicklung der Belastung ist in der Abbildung 15 dargestellt. Für den am höchsten belasteten Punkt WSP 3 ist ein rückläufiger Trend zu erkennen. Der Belastungsrückgang von 2008 (Mittelwert von März 2008 bis Februar 2009) auf 2009 ist besonders deutlich und hängt vermutlich auch mit den Umschlagsrückgängen infolge der Finanzkrise zusammen.

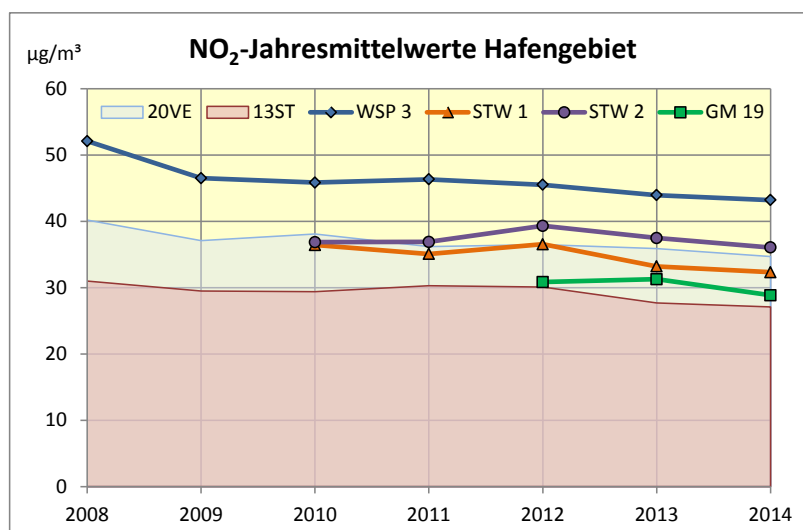


Abb. 15: Zeitlicher Verlauf der NO₂-Jahresmittel im Hafengebiet

Während der Verlauf am Messort STW 2 keine Trenderaussage zulässt, deutet sich bei STW 1 ebenfalls ein leichter Rückgang an.

5.5 Vergleichsmessungen

Bei der Bewertung der Belastungshöhe ist die Messunsicherheit des orientierenden Passivsammlerverfahrens zu berücksichtigen. Seit vielen Jahren laufen zur Qualitätssicherung Parallelmessungen zu den automatischen NO₂-Messgeräten im Luftmessnetz an den Stationen Sternschanze und Habichtstraße und seit 2011 auch an der Station Veddel. An den städtischen Hintergrundmessstationen lagen die mit Passivsammlern gemessenen Jahresmittelwerte nahe bei den entsprechenden Werten aus dem Luftmessnetz, die als Referenz gelten; die Abweichungen betrugen in den letzten 4 Jahren im Höchstfall 5 %. An der Verkehrsmessstation Habichtstraße, also stark verkehrsbeeinflusst, lagen die Abweichungen allgemein etwas höher.

In den letzten 4 Jahren wurden die folgenden Ergebnisse bei den Parallelmessungen erzielt:

NO ₂	Sternschanze		Habichtstraße		Veddel	
Angaben in µg/m ³	passiv	HaLm	passiv	HaLm	passiv	HaLm
Jahr 2011	29	30	58	62	36	36
Jahr 2012	29	30	64	64	36	37
Jahr 2013	26	28	60	57	37	36
Jahr 2014	27	27	61	58	35	35

Tabelle 3: Ergebnisse der Vergleichsmessungen zwischen Passivsammlern und Luftmessnetz

Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass die Abweichungen der Jahresmittelwerte gegenüber dem kontinuierlichen Referenzverfahren bei maximal 4 µg/m³ NO₂ liegen. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) hat für vergleichbare NO₂-Passivsammlermessungen eine erweiterte Messunsicherheit des Jahresmittelwertes von 5 µg/m³ ermittelt, das sind 12,5 % bezogen auf den Grenzwert von 40 µg/m³ (siehe Anlage [3]). Aufgrund der oben dargestellten Vergleichsmessergebnisse gehen wir von einer Messunsicherheit in vergleichbarer Größenordnung aus.

6 Zusammenfassung und Fazit

Für die Gesamtbewertung der Messergebnisse aus mehreren Untersuchungsprogrammen im Hafen bzw. am nördlichen Elbufer im Umfeld der Kreuzfahrtterminals werden die gemessenen Jahresmittelwerte mit den Ergebnissen der innerstädtischen Hintergrundmessstation Sternschanze und der industrie- und verkehrsnahen Station Veddel verglichen.

An allen Messorten im Hafen wird eine höhere NO₂-Belastung als an der Station Sternschanze festgestellt. Die geringste Abweichung mit einem Plus von 1 bis 2 µg/m³ findet man in der HafenCity, ähnlich auch am Hafenhintergrund-Messpunkt Rethestieg (GM 19), geringfügig mehr (2 bis 4 µg/m³) am Elbhang in Altona. Wenn in Altona auch noch Verkehrseinflüsse hinzukommen (KfA 2 und KfA 4) wird ungefähr das Belastungsniveau der Messstation Veddel erreicht oder sogar übertroffen (KfA 6); der NO₂-Jahresgrenzwert von 40 µg NO₂/m³ wurde aber stets eingehalten.

In Steinwerder liegen die NO₂-Konzentrationen 5 bis 6 µg/m³ (Messort STW 1) bzw. sogar 9 bis 10 µg/m³ (Messort STW 2) höher als an der Sternschanze und damit ungefähr auf dem Belastungsniveau der Station Veddel bzw. sogar leicht darüber.

Die Ballung von Straßenverkehr und Schiffsemissionen am Waltershofer Messort WSP 3 führt zu einem Belastungsschwerpunkt, an dem die NO₂-Werte um ca. 15 µg/m³ höher als an der innerstädtischen Messstation ausfallen. In diesem Bereich ist eine Überschreitung des NO₂-Jahresgrenzwertes zu erwarten.

Das räumliche Zusammentreffen von bedeutenden Schiffs- und Straßenverkehrsemissionen führt am Messpunkt WSP 3 in Waltershof dazu, dass die hier ermittelte NO₂-Konzentration die mutmaßliche Obergrenze der flächenhaften NO₂-Belastung im Hafenbereich darstellt. Im zentralen Hafenbereich in Steinwerder werden noch NO₂-Werte erreicht wie ansonsten nur an der am stärksten belasteten Hintergrundmessstation in Veddel, bis zu 10 µg/m³ NO₂ mehr als in der Innenstadt (Sternschanze). Ein signifikanter Einfluss auf die NO₂-Belastung durch die Kreuzfahrtschiffe im Umfeld der Terminals ist auf Basis der Jahresmittelwerte der Passivsammlermessungen nicht ermittelbar. Auf Basis der Monatsmittelwerte deutet sich während der Sommermonate (mit 75 bis 85 % aller Anläufe) ein geringfügiger Belastungszuwachs gegenüber dem städtischen Messpunkt Sternschanze an, der durch die Kreuzfahrtschiffe verursacht sein könnte. Im Übrigen sind der Hafen insgesamt sowie der Schiffsverkehr auf der Elbe als wichtige NO₂-Quellen zu nennen.

Hamburg, den 18.12.2015

(Dr. Thomas Reich)

(Dr. Joachim Peschke)

Bildnachweise: Abbildungen 1, 2, 5, 11 und 12;

Kartengrundlage: Landesbetrieb für Geoinformation und Vermessung

7 Anhang:

7.1 Messverfahren

Die passive Probenahme erfolgt über Diffusionssammler der Fa. PASSAM AG, deren Adsorptionsmittel (Triethanolamin) das Stickstoffdioxid (NO₂) aus der Außenluft bindet. Nach Beendigung der Probenahme wird die adsorbierte Menge NO₂ im Labor mit einem Reagenz extrahiert und zu einem rosafarbenen Diazofarbstoff umgesetzt (Saltzman-Reaktion), der photometrisch vermessen wird. Das Verfahren ist in der DIN EN 16339 (Nov. 2013) *Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid mittels Passivsammlern*, beschrieben. Ab November 2014 wurde das analytische Verfahren dahingehend geändert, dass die Extraktion mit Reinstwasser erfolgte und die Nitrit-Konzentration im Continuous-Flow-Verfahren bestimmt wurde.

Die Herstellerfirma Passam AG gibt folgende Verfahrenskenngrößen für die NO₂-Messungen mit ihren Passivsammlern an:

Messbereich:	1 – 200 µg/m ³	(Expositionszeit 1 – 4 Wochen)
Nachweisgrenze:	0,3 µg/m ³	(bei Messdauer von 1 Monat)
Erweiterte Messunsicherheit:	18,4 %	(im Bereich von 20 – 40 µg/m ³)

(Passam-Spezifikationen, Stand 04.01.2012, [1])

Die Probenahme erfolgte entsprechend der Standardarbeitsanweisung SOP HU433.23 (*Außenluft-Probenahme mit Diffusionssammlern*). Als Diffusionssperren kamen die von der Fa. Passam gelieferten Glasfritten zum Einsatz. Die NO₂-Proben wurden im Labor entsprechend der Arbeitsanweisung SOP HU433.24 (*Verfahren zur Messung der Stickstoffdioxid-Konzentration in der Außenluft mittels Passivsammler, orientierendes Verfahren auf Basis der Saltzman-Reaktion*) aufgearbeitet und ausgewertet.

Die Berechnung der NO₂-Konzentration erfolgt mit folgender Formel:

c [µg NO ₂ /m ³]=	m * K _{Sammler} * 1013 * T _{Probenahme} * 1000000
	korrig.Diff.koeffizient * Expos.in s * p _{Probenahme} * 293,15

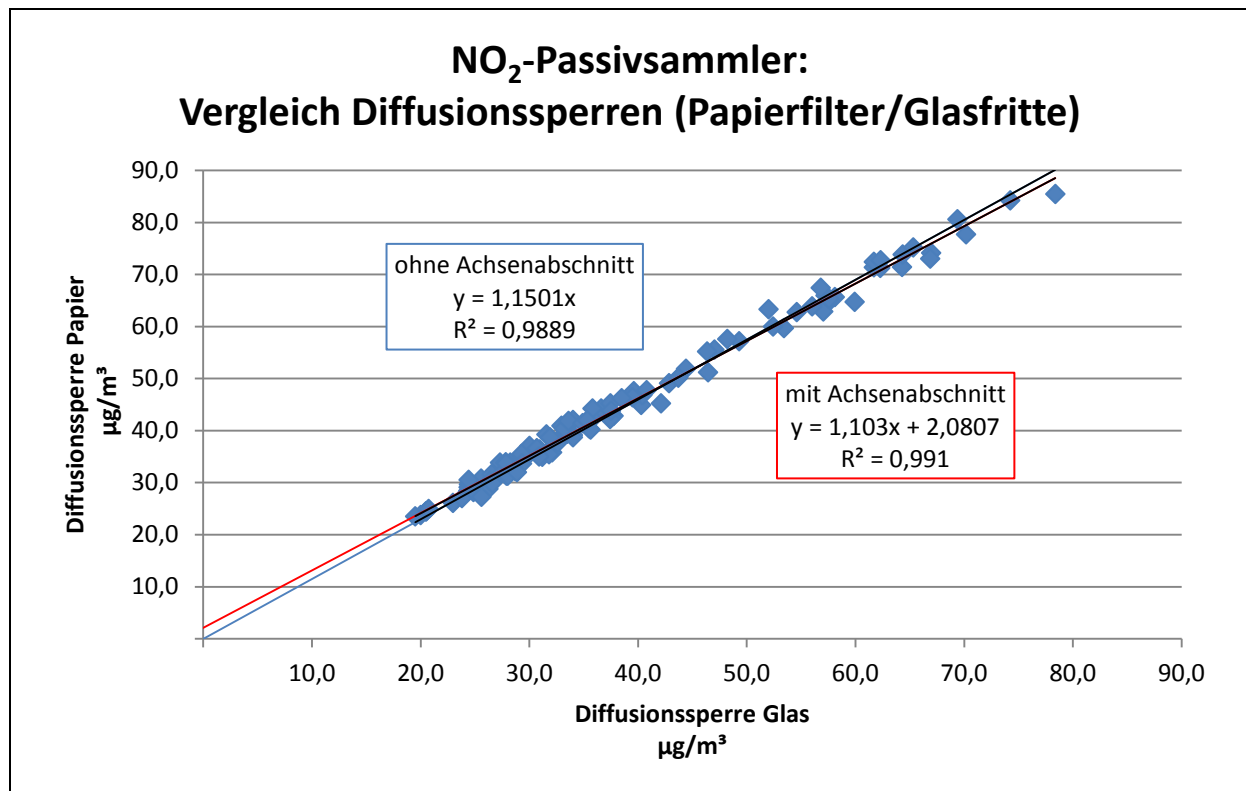
m	= µg NO ₂ / Probe
K _{Sammler}	= 11,28
T _{Probenahme}	= mittlere Temperatur bei der Probenahme [°K]
p _{Probenahme}	= mittlerer Außenluftdruck bei der Probenahme [hPa]
Expos. in s	= Probenahmezeit in s
Korrig.Diff.koeffizient	= 0,154 * (T _{Probenahme} /293,15) ^{1,5} * (1013/ p _{Probenahme})

Bei dem parallelen Einsatz von unterschiedlichen Diffusionssperren (Papierfilter und Glasfritten) wurde festgestellt, dass mit den Glasfritten geringere NO₂-Konzentrationen ermittelt wurden als mit Passivsammlern mit Papiersperren. Da die Glasfritten-Diffusionssperren in der Anwendung deutliche Vorteile aufweisen, wurden an folgenden Probenahmeorten entsprechende Vergleichsuntersuchungen durchgeführt.

Zeitraum Aug 2011 bis Dez 2012:	Messprogramm Wasserschutzpolizei: WSP 3
Zeitraum Okt 2011 bis Dez 2012:	Messstation Habichtstraße
Zeitraum Jan bis Aug 2012:	Messpunkte GM – 5, GM – 11
Zeitraum Jan bis Dez 2012:	Messstationen Sternschanze und Veddel
Zeitraum Jan bis Dez 2012:	Messpunkte KfA 5 und KfA 6, GM – 19

An den Stationen, an denen Doppelbestimmungen mit einer Art von Diffusionssperren erfolgten, wurden die Mittelwerte der NO₂-Konzentration für diesen Vergleich herangezogen.

In dem folgenden Diagramm sind die Ergebnisse dieser Vergleichsuntersuchungen dargestellt:



Wie aus dem Diagramm ersichtlich wird, ist ein guter linearer Zusammenhang der Messreihen mit unterschiedlicher Diffusionssperre zu erkennen. Für die weitere Auswertung wurde der Faktor 1,15 (linearer Zusammenhang ohne Achsenabschnitt) verwendet.

Eigene Ermittlungen der Kenndaten bezüglich des Analysenschrittes (ermittelt mit Kalibrations- und Leerwertmethode) zeigen eine Nachweisgrenze von $< 0,05 \mu\text{g NO}_2/2\text{ml}$, was einer Konzentration von $1,3 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ entspräche bei einer Expositionszeit von 4 Wochen.

Vom Bundesland Nordrhein-Westfalen wurden umfangreiche Messungen mit NO₂-Passivsammlern durchgeführt ([2], [3]). Dort wurde für vergleichbare NO₂-Passivsammlermessungen eine erweiterte Messunsicherheit des Jahresmittelwertes von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt, das sind 12,5 % bezogen auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Literatur:

- [1]: <http://www.passam.ch/products.htm> Nitrogen dioxide / specifications.
- [2]: Pfeffer, U. et al.: Measurements of nitrogen dioxide with diffuse samplers at traffic-related sites in North Rhine-Westphalia (Germany). Gefahrstoffe, Reinh. Luft 66 (2006), Nr. 1/2, S. 38-44.
- [3]: Pfeffer, U. et al.: Calibration of diffuse samplers for nitrogen dioxide using the reference Method – Evaluation of measurement uncertainty. Gefahrstoffe, Reinh. Luft 70 (2010), Nr. 11/12, S. 500-506.

7.2 Tabellarische Übersicht über die Passivsammler-Messorte im Hamburger Hafengebiet

Messpunkt	Straße / Lage	Rechts / Hoch	Beprobungsdauer von bis
HC 1	Parkplatz Cruise Terminal	3566217 / 5934674	03/08 – 04/11
HC 2	Ausfahrt Sicherheitsbereich am Mast	3566231 / 5934584	03/08 – aktuell
HC 3	Chicagokai, Mitte der Abzäunung	3566353 / 5934642	03/08 – 06/10
HC 4	Chicagokai östl. Ende der Abzäunung	3566437 / 5934658	03/08 – 12/14
HC-5	Am Lohsepark	3566655 / 5935161	01/09 – 04/11
HC 6	Oberhafen	3567039 / 5934614	01/09 – 04/11
HC 7	Südl. Baakenhafen/Petersenkai am Mast	3567371 / 5934476	01/09 – 02/12
HC 8	Katharinenschule, Pausenhof auf Dach (in ca. 30 m Höhe)	3466032 / 5934916	12/09 – 12/14
KfA 1	Westl. Ende Edgar-Engelhard-Kai	3562130 / 5935074	08/09 – aktuell
KfA 2	Van-der-Smissen-Straße, Lampenmast 11	3562289 / 5935148	08/09 – 12/14
KfA 3	Altonaer-Balkon, Lampenmast	3562497 / 5935267	08/09 – aktuell
KfA 4	Sandberg, Lampenmast	3562697 / 5935207	08/09 – 12/14
KfA 5	Olbersweg	3562706 / 5935277	08/09 – aktuell
KfA 6	Elbstraße – Elbberg, Lampenmast	3562067 / 5935221	08/09 – 12/14
KfA 7	Östl. Ende Edgar-Engelhard-Kai	3562538 / 5935057	02/12 – aktuell
KfA 8	Dach westl. Kontorhaus (in ca. 40 m Höhe)	3562562 / 5935120	09/12 – aktuell
WSP 1	Zufahrt Parkplatz zur Polizeistation	3561686 / 5933163	03/08 – 04/11
WSP 2	Balkon d. Gebäudes, Regenrohr (in ca. 12 m Höhe)	3561665 / 5933188	03/08 – 01/09
WSP 3	Zugang zum Schiffsanleger, Lampenmast	3561645 / 5933168	03/08 – aktuell
WSP 4	Nördl. Ende des Schiffsanlegers	3561600 / 5933196	11/08 – 11/09
WSP 5	Zaun nördl. der Polizeistation	3561621 / 5933240	11/08 – 11/09
WSP 6	Altenwerder Damm östl. Autobahn A7	3561949 / 5933065	02/09 – 04/11
STW 1	Ellerholzschleuse (Hamburg Wasser)	3564559 / 5933234	12/09 – aktuell
STW 2	Köhlbranddeich	3562521 / 5933499	12/09 – aktuell
GM 19	Rethestieg	3563883 / 5931501	08/11 -12/14

(Messhöhe: wenn nicht besonders vermerkt in ca. 2 – 3 m über Grund)

7.3 NO₂-Jahresmittelwerte an den Passivsammler-Messorten im Hamburger Hafengebiet

Messpunkt	2009	2010	2011	2012	2013	2014
HC 1	33	30	--	--	--	--
HC 2	34	31	33	33	31	31
HC 3	33	--	--	--	--	--
HC 4	33	29	30	30	29	30
HC-5	32	30	--	--	--	--
HC 6	32	29	--	--	--	--
HC 7	34	31	31	--	--	--
HC 8	--	30	33	31	30	29
KfA 1	--	33	36	34	33	34
KfA 2	--	38	39	37	37	36
KfA 3	--	31	33	32	30	31
KfA 4	--	35	39	36	35	36
KfA 5	--	30	33	33	31	31
KfA 6	--	39	40	39	40	39
KfA 7	--	--	--	34	34	35
KfA 8	--	--	--	--	31	31
WSP 1	48	48	--	--	--	--
WSP 2	--	--	--	--	--	--
WSP 3	47	46	46	46	44	43
WSP 4	46	--	--	--	--	--
WSP 5	45	--	--	--	--	--
WSP 6	43	44	--	--	--	--
STW 1	--	36	35	37	33	32
STW 2	--	37	37	39	38	36
GM 19	--	--	--	31	31	29

Tab. 1: NO₂-Jahresmittelwerte an den Passivsammler-Messorten im Hamburger Hafengebiet

7.4 NO₂-Monatsmittelwerte an den Passivsammler-Messorten im Hamburger Hafengebiet

Für das Jahr 2008:

Mess- punkt	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1	36	36	27	28	28	34	34	39	35	35
HC 2	37	35	30	33	31	38	33	41	35	35
HC 3	36	35	27	29	29	36	33	41	35	31
HC 4	35	36	26	30	29	34	33	39	32	34
HC-5										
HC 6										
HC 7										
HC 8										
WSP 1	55	65	61	55	56	52	51	48	45	45
WSP 2	53	62	55	49	51	51	48	47	42	42
WSP 3	56	64	58	57	52	52	50	47	45	43
WSP 4									44	42
WSP 5									44	42
WSP 6										

Hinweis: In der Datenzusammenstellung für das Hamburger Transparenzgesetz wurde der Messpunkt HC 8 als Messpunkt HC-Kat genannt.

Monatsmittelwerte für das Jahr 2009

Messpunkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1	42	39	36	32	29	24	30	33	33	31	37	35
HC 2	41	38	35	33	33	26	32	38	34	31	37	35
HC 3	40	38	34	32	29	23	31	37	33	31	35	34
HC 4	41	38	34	30	27	24	30	35	33	30	35	34
HC-5	41	38	32	27	26	25	28	30	31	30	44	34
HC 6	44	38	33	29	26	23	28	31	32	29	35	35
HC 7	41	37	36	30	28	25	34	35	35	31	39	37
HC 8												36
WSP 1	53	51	56	54	46	47	46	49	48	40	45	46
WSP 2	51											
WSP 3	52	50	53	52	43	45	43	47	46	40	43	45
WSP 4	52	50	52	50	44	45	43	46	47	39	44	
WSP 5	50	50	50	48	42	45	41	46	46	39	41	
WSP 6		49	51	42	42	44	39	43	44	40	39	39
KfA 1								42	34	30	43	36
KfA 2								45	42	39	40	37
KfA 3								33	36	32	38	35
KfA 4								47	39	36	39	39
KfA 5								37	35	33	37	37
KfA 6								48	39	35	42	41
KfA 7												
KfA 8												
STW 1												37
STW 2												38
GM 19												

Monatsmittelwerte für das Jahr 2010:

Messpunkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1	34			28	24	24	29	31	31	32	33	35
HC 2	37			30	32	27	32	33	23	32	31	36
HC 3	34			24	23	25	*					
HC 4	33			26	23	23	29	30	31	32	32	34
HC-5	33			27	24	26	21	31	31	33	34	35
HC 6	33			25	22	24	26	29	30	32	30	36
HC 7	35			26	22	26	29	33	31	34	34	36
HC 8	34			27	25	25	30	31	24	33	33	35
WSP 1	46			47	49	46	53	47	48	48	45	48
WSP 2												
WSP 3	43			47	47	44	51	45	45	45	44	47
WSP 4												
WSP 5												
WSP 6	40			46	49	46	41	43	39	41	43	47
KfA 1	37			34	21	27	36	34	38	35	34	37
KfA 2	39			36	31	36	40	40	40	39	37	40
KfA 3	35			30	20	25	28	33	30	36	34	34
KfA 4	37			34	26	30	34	35	39	39	37	40
KfA 5	36			28	21	26	29	32	32	33	34	34
KfA 6	39			39	35	34	39	39	41	36	41	41
KfA 7												
KfA 8												
STW 1	38			34	37	32	32	37	37	37	37	43
STW 2	38			36	39	36	36	38	33	38	39	38
GM 19												

*: Sammler fehlt; (HC 3, Jul 2010)

Für den Zeitraum Februar und März 2010 mussten die Messergebnisse aufgrund analytischer Probleme (Außerkontrollsituation) verworfen werden.

Monatsmittelwerte für das Jahr 2011:

Mess- punkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1	36	27	36	29								
HC 2	37	27	37	28	38	27	24	33	38	35	33	35
HC 3												
HC 4	37	25	36	27	30	25	22	31	35	32	31	32
HC-5	36		36	29								
HC 6	37	28	36	29								
HC 7	35	28	35	29	30	27	20	31	40	34	34	35
HC 8	38		37	29	31	26	23	31	35	35	41	41
WSP 1	48	44	58	56								
WSP 2												
WSP 3	49	42	55	51	51	42	45	48	46	43	43	41
WSP 4												
WSP 5												
WSP 6	46	37	53	46								
KfA 1	40	35	40	34	38	29	25	35	43	35	36	37
KfA 2	45	32	50	46	43	33	28	37	45	36	37	40
KfA 3	40	32	36	30	35	28	22	32	39	32	35	34
KfA 4	43	45	44	37	42	33	27	38	46	38	36	39
KfA 5	40	30	37	30	37	28	22	33	41	35	32	35
KfA 6	46	39	46	42	46	35	30	36	46	38	39	40
KfA 7												
KfA 8												
STW 1	41	33	46	39	36	34	26	31	37	34	32	33
STW 2	45	34	48	41	38	35	30	33	38	35	33	34
GM 19								30	35	33	32	31

Monatsmittelwerte für das Jahr 2012:

Messpunkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1												
HC 2	31	34	33	32	30	31	30	31	38	34	34	33
HC 3												
HC 4	29	33	31	30	25	28	25	29	33	35	34	34
HC-5												
HC 6												
HC 7	32	36										
HC 8	32	34		27	27	26	26	30		38	35	34
WSP 1												
WSP 2												
WSP 3	46	46	49	51	50	43	45	47	43	44	40	41
WSP 4												
WSP 5												
WSP 6												
KfA 1	32	37	32	38	30	29	32	34	37	39	36	37
KfA 2	37	37	37	41	34	32	35	37	39	40	38	39
KfA 3	29	31	30	33	27	29	29	31	36	38	35	34
KfA 4	35	35	35	38	34	34	33	37	39	40	37	38
KfA 5	30	32	32	34	27	29	31	33	37	37	36	37
KfA 6	36	41	39	43	39	37	37	41	42	41	38	39
KfA 7		36	35	37	31	32	32	35	38	38		37
KfA 8									36	36	33	34
STW 1	37	39	37	39	37	34	33	35	38	38	36	35
STW 2	40	43	44	44	41	35	35	37	39	41	37	36
GM 19	32	34	36	33	28	26	24	29	33	33	30	31

Monatsmittelwerte für das Jahr 2013:

Mess- punkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1												
HC 2	28	30	26	31	36	27	23	31	31	32	38	33
HC 3												
HC 4	28	30	27	31	30	24	22	29	29	31	37	34
HC-5												
HC 6												
HC 7												
HC 8			27	31	29	23	22	28	31	32	40	35
WSP 1												
WSP 2												
WSP 3	44	45	48	47	47	42	42	45	42	42	45	40
WSP 4												
WSP 5												
WSP 6												
KfA 1	31	31	29	36	34	27	26	36		36	38	37
KfA 2	34	36	34	40	39	32	32	37	35	39	42	40
KfA 3	29	29	27	32	30	24	22	29	28	36	37	37
KfA 4	32	34	33	39	37	28	28	35	37	38	41	40
KfA 5	28	31	29	34	32	26	23	31	33	36	39	*
KfA 6	35	38	39	43	42	35	33	41	41	41	44	43
KfA 7	30	31	30	36	36	29	28	33	36	36	41	38
KfA 8	27	28	27	32	33	26	23	31	32	33	39	36
STW 1	34	40	35	35	33	27	26	31	36	31	39	33
STW 2	39	42	41	40	36	32	34	36	38			35
GM 19	29	34	31	33	31	26	28	28	33	30	39	32

* Der Messwert (KfA 5, Dez 2014) war unplausibel (Probenahmeeinrichtung beschädigt)

Monatsmittelwerte für das Jahr 2014:

Mess- punkt	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
HC 1												
HC 2	28	34	34	24	29	31	27	37	34	32	29	32
HC 3												
HC 4	29	44	35	26	26	24	24	32	30	31	27	31
HC-5												
HC 6												
HC 7												
HC 8	30	36	35	26	26	22	23	29	31	32	27	33
WSP 1												
WSP 2												
WSP 3	37	47	48	49	42	44	43	45	51	39	36	37
WSP 4												
WSP 5												
WSP 6												
KfA 1	32	44	40	30	28	26	32	35	35	37	32	33
KfA 2	34	44	44	32	34	32	31	40	38	37	34	36
KfA 3	31	42	37	27	26	20	27	35	30	35	32	34
KfA 4	34	37	41	35	33	27	33	40	39	39	34	39
KfA 5	29	41	38	28	27	20	25	34	31	36	31	33
KfA 6	38	47	45	37	40	33	35	41	43	40	33	37
KfA 7	32	42	41	32	*	28	30	37	36	37	31	36
KfA 8	31	39	36	27	27	23	26	33	31	37	33	33
STW 1	29	33	37	33	29	32	33	34	35	32	30	31
STW 2	32	38	43	40	34	33	35	36	43	33	31	34
GM 19	27	31	37	31	26	26	26	29	30	29	27	28

* Sammler fehlt (KfA 7, Mai 2014)