



Passivsammler wie dieser im Hamburger Hafen registrieren die NO_2 -Belastung.

Kleine Röhrchen – Großer Nutzen

Messung von Stickstoffdioxid mit Passivsammlern

Der Luftschadstoff Stickstoffdioxid (NO_2) wird vom Hamburger Luftmessnetz HaLm (siehe auch Seite 50) intensiv überwacht: An allen 18 Messstationen wird dieser als Reizgas wirkende Stoff gemessen, um den EU-weit gültigen Jahresgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) zu überwachen. Während die großflächige Belastung auch an der am stärksten belasteten Hintergrundmessstation Veddel unter dem im letzten Jahr in Kraft getretenen Grenzwert bleibt, wird an den Verkehrsmessstationen seit Jahren eine zu hohe Belastung registriert: Sie lag im Jahr 2010 zwischen $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 in der Kieler Straße und $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Max-Brauer-Allee. Ursache für diese hohen Werte sind die Abgase des starken Straßenverkehrs, die sich infolge der dichten Bebauung fangen und sich nicht ausreichend mit weniger belasteter Luft verdünnen können.

Das Hamburger Luftmessnetz bietet mit den Ergebnissen seiner 18 Messstationen einen grundlegenden Überblick über die Luftbelastung durch NO_2 in Hamburg. Trotzdem ergeben sich immer wieder Fragen nach meist lokalen Belastungsstrukturen in Gebieten, in denen keine HaLm-Messstationen stehen, wie z. B.: Mit welcher NO_2 -Hintergrundbelastung muss bei einem Bebauungsplanverfahren gerechnet werden, wenn kein Verkehrseinfluss vorhanden wäre? Wie ist die Stickstoffdioxidbelastung im Hafen einzuschätzen? Kommt es in der HafenCity durch den Betrieb des Kreuzfahrtterminals zu erhöhten NO_2 -Belastungen?

Um auf diese und ähnliche Fragen aussagekräftige Antworten geben zu können, die sich nicht nur auf Modellrechnungen, sondern auf Messergebnisse stützen, wurden vom Institut für Hygiene und Umwelt in den letzten Jahren ergänzend zu den Messungen des Luftmessnetzes eine Reihe von Untersuchungen mit NO₂-Passivsammlern durchgeführt. Die aktuellen Jahresmittelwerte von April 2010 bis März 2011 sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

Die Hintergrundbelastung

Wie hoch ist die Stickstoffdioxidbelastung, wenn kein oder nur ein geringer lokaler Einfluss durch Verkehrsabgase besteht? Um dies zu klären, wurden 12 Messorte im Gebiet zwischen Stadtpark und Innenstadt, zwischen Altona und Wandsbek-Gartenstadt ausgewählt, an denen der Straßenverkehrseinfluss möglichst gering ist. Gelegen in ruhigen Seitenstraßen, Grünanlagen, Parks oder Kleingartengebieten sollten sie Auskunft geben, wie viel Stickstoffdioxid bereits im Hintergrund ohne deutlichen Verkehrseinfluss vorhanden ist.

Messort	µg/m ³ NO ₂	Messort	µg/m ³ NO ₂	Messort	µg/m ³ NO ₂
1 Mettlerkampsweg	22	5 Bartholomäusstr.	20	9 Fährdamm/Alster	20
2 Eilbekpark	18	6 Schmilinskystr.	24	10 Sottorfallee	21
3 KlgVTondernstr.	17	7 Großneumarkt	28	11 Webers Park	24
4 Stadtpark	18	8 Pflanzen u. Blumen	23	12 Bergiusstr.	24

NO₂-Hintergrundbelastung an verkehrsabgewandten Messorten April 2010 bis März 2011

Die Untersuchung ergab: Im stark bebauten Stadtkern von Eimsbüttel bis St. Georg mit seinem dichten Netz von Hauptverkehrsstraßen sind es zwischen 24 µg/m³ (Bergiusstr./Ottensen) und 28 µg/m³ (Großneumarkt/Neustadt). Die bisher für den Innenstadtbereich als repräsentativ herangezogene Messstation Sternschanze mit ebenfalls 28 µg/m³ NO₂ schätzt die Belastung somit gut, wenn auch konservativ ab. Sehr weit ab vom Verkehr und durch einen Bahndamm getrennt wurden in Pflanzen und Blumen sogar nur 23 µg/m³ erreicht. Bis zu 10 µg/m³ geringer als in der Innenstadt ist die Hintergrundbelastung im Stadtpark (18 µg/m³), im Eilbekpark (18 µg/m³) und in Wandsbek-Gartenstadt (Kleingartengelände Nähe Tondernstraße, 17 µg/m³). Dazwischen zieht sich von Lokstedt über Harvestehude bis Hamm ein Streifen mit 20 bis 22 µg/m³ NO₂.

PASSIVSAMMLER

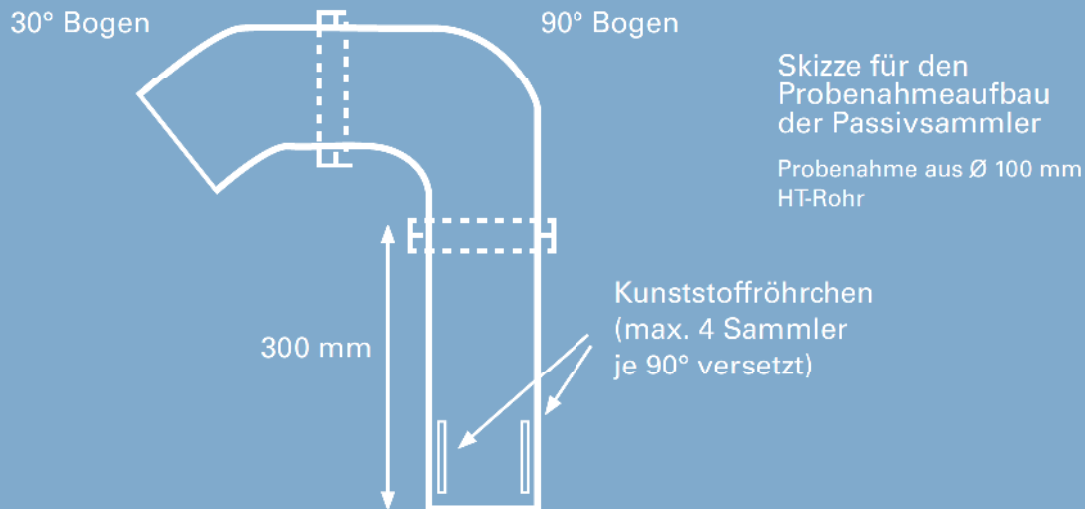
Die Probenahme von Luftschadstoffen mit Passivsammlern stellt ein einfaches und kostengünstiges Verfahren dar, wenn es nicht um eine zeitlich aufgelöste Messung geht, sondern es auf die Ermittlung von Mittelwerten über längere Zeiträume von z. B. einem Monat ankommt.

Für Stickstoffdioxid werden Diffusionssammler eingesetzt. Sie bestehen aus einem inerten Kunststoffröhrchen, das ein mit dem Absorptionsmittel Triethanolamin beschichtetes Sieb enthält. Die Außenluft gelangt nur durch Diffusion bis zu dem Sieb, an dem das in der Luft enthaltene NO₂ durch Adsorption gebunden wird.

Nach einer einmonatigen Expositionszeit werden die Kunststoffröhrchen getauscht, im Labor wird das adsorbierte NO₂ mit einem Reagenz extrahiert und anschließend zu einem Diazofarbstoff umgesetzt, der sich photometrisch bestimmen lässt. Aus der ermittelten NO₂-Menge und den Diffusionsparametern des Röhrchens lässt sich dann die Durchschnittskonzentration von NO₂ während der Expositionszeit berechnen.

Gemessen am kontinuierlichen Messverfahren, das im Hamburger Luftmessnetz eingesetzt wird und eine Anwendung des Referenzmessverfahrens Chemilumineszenz darstellt, ermitteln die Passivsammler NO₂-Jahresmittel mit einer Abweichung von weniger als +/- 10 %.

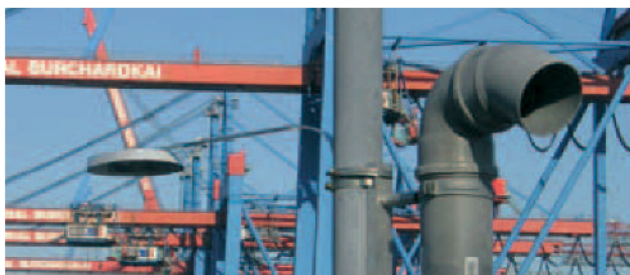
UMWELT



Stickstoffdioxid im Hafen

Neben dem Kraftfahrzeugverkehr gehören die Schiffsemissionen zu den Hauptquellen für die Stickoxide in Hamburg. Anders als beim Auto werden die Schiffsabgase aber über Schornsteine in zumeist einigen zehn Metern Höhe ausgestoßen, sie können sich dadurch stärker verdünnen und werden weiträumig über das Hafengebiet verteilt. Am Boden werden daher durch die Schiffsemissionen erheblich geringere Zusatzbelastungen erwartet als durch den Autoverkehr in dicht bebauten Hauptverkehrsstraßen. Über die im Hafen vorgefundene Belastung geben unsere Messungen in Steinwerder und Waltershof Auskunft: An der Ellerholzschleuse und am Köhlbranddeich wurden 37 bzw. 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 gemessen, das sind knapp 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr als im Citybereich (Vergleich mit Sternschanze). Von den Hintergrundmessstationen des Luftmessnetzes zeigt nur die Station Veddel eine vergleichbar hohe Belastung (38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2). In Waltershof, am Rugenberger Hafen und am stark frequentierten Waltershofer Hafen, wurden mit 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sogar Werte oberhalb des Grenzwertes erreicht. Hier bündeln sich offenbar die Einflüsse des Kraftfahrzeugverkehrs (Autobahn A7 und Zubringerlastverkehr zum Containerterminal) und des Seeschiffverkehrs am Containerterminal Waltershof und addieren sich auf die vorhandene erhöhte Hintergrundbelastung zu einer hohen Gesamtbelastung.

NO_2 -Belastung an
Messorten im Hafen
April 2010 bis
März 2011



	Messort	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2
1	Waltershofer Hafen	47
2	Rugenberger Hafen	44
3	Köhlbranddeich	38
4	Ellerholzschleuse	37



Einfluss von Kreuzfahrtschiffen auf die NO_2 -Belastung?

Die Messungen zur NO_2 -Luftqualität im Umfeld des Kreuzfahrtterminals der Hafencity laufen seit dem Frühjahr 2008 (siehe erste Ergebnisse in Aktuelle Themen 2008/2009), sie wurden im Laufe der Zeit um weitere Messpunkte ergänzt, zuletzt um einen Messpunkt auf dem als Schulhof ausgestalteten Dach der Katharinenschule in der Hafencity. Auf Basis der aktuellen 12-Monats-Mittelwerte von April 2010 bis März 2011 stellt sich die Belastungssituation ziemlich homogen dar: sie liegt zwischen 30 und 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 und ist damit etwas höher (2 bis 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) als an der städtischen Messstation Sternschanze, die auch hier als Vergleichsmaßstab herangezogen wird. Da auch der über 1 km entfernt vom Kreuzfahrtterminal am Baakenhafen liegende Messpunkt 7 gleiche Ergebnisse wie die im nahen Umfeld des Kreuzfahrtterminals aufweist, ist dieses Plus gegenüber Sternschanze eher auf den Hafenbetrieb insgesamt als allein auf die Emissionen der Kreuzfahrtschiffe zurückzuführen.

In Altona wurde am Edgar-Engelhard-Kai ein zweites Terminal für Kreuzfahrtschiffe angelegt, das von jährlich bis zu 50 Schiffen angelaufen werden soll. Nach erst wenigen Schiffen im Jahr 2010 soll der volle Betrieb in diesem Jahr starten. Ein begleitendes Messprogramm mit Passivsammlern wurde hier im Sommer 2009 begonnen, um bereits das Belastungsniveau vor

Messort	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2	Messort	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2
HC 1 Parkplatz	30	AL 1 Anleger West	30
HC 2 Anleger West	31	AL 2 Van der Smitten-Str	34
HC 4 Anleger Ost	30	AL 3 Altonaer Balkon	27
HC 5 Lohsepark	30	AL 4 Sandberg	32
HC 6 Oberhafen	30	AL 5 Olbersweg	27
HC 7 Petersenkai	31	AL 6 Große Elbstr.	35
HC 8 Katharinenschule	31		

**NO_2 -Belastung an
Messorten in der
HafenCity (HC) und in
Altona (AL)
April 2010 bis
März 2011**

Inbetriebnahme zu ermitteln. Die aktuellen 12-Monats-Mittelwerte bis März 2011 spiegeln daher die Situation weitgehend ohne Kreuzfahrtschiffe wieder. An insgesamt 6 Messpunkten wurden NO_2 -Werte zwischen 27 und $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Die niedrigsten Werte mit $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ergaben sich im Grünzug Altonaer Balkon am Geesthang, knapp 30 m über Elbniveau und ca. 160 m vom Strom entfernt. Am Kai unweit der Elbe wurden $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen und die drei weiteren Messpunkte mit darüber liegenden Werten sind durch lokalen Verkehr auf der Große Elbstraße bzw. der Van-der-Smissen-Straße zusätzlich belastet.

Qualitätssicherung durch Vergleichsmessungen

Um die Qualität der mit den Passivsammlern erhobenen Daten abzusichern und die Ergebnisse besser bewerten zu können, werden an drei unterschiedlich belasteten Messstationen des Luftmessnetzes Parallelmessungen zum kontinuierlichen Referenzmessverfahren der Chemilumineszenz durchgeführt. Es handelt sich dabei um die Hintergrundstationen Sternschanze und Veddel sowie die Verkehrsmessstation Habichtstraße. Die Ergebnisse für den Zeitraum April 2010 bis März 2011 sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

NO_2 -Vergleichsmessergebnisse in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Zeitraum April 2010 bis März 2011

HaLm-Messstation	HaLm-Referenzwert	Passivsammler	Abweichung (%)
Sternschanze	29,4	27,7	-5,8
Veddel	37,1	37,9	+2,2
Habichtstraße	60,9	62,7	+3,0

An der hoch belasteten Verkehrsstation werden mit den Passivsammlern leichte Mehrbefunde registriert. Die Minderbefunde von etwas über 5 % an der Station Sternschanze wurden erst ab letztem Jahr beobachtet (die Ursache ist unklar), zuvor lag die Übereinstimmung ähnlich gut wie an der Station Veddel.

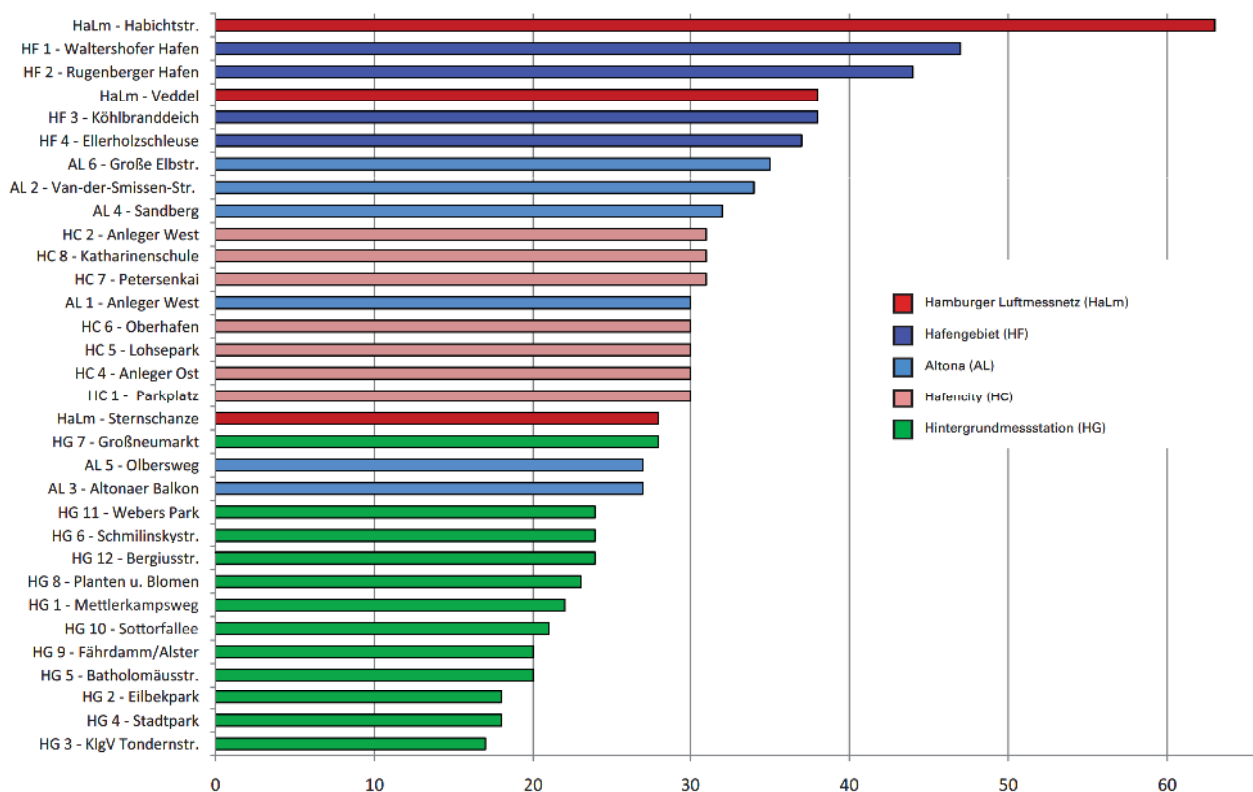
STICKOXIDE

Stickoxide entstehen als Nebenprodukt bei Verbrennungsvorgängen aus der Oxidation von Luftstickstoff. Dabei wird überwiegend (meist zu mehr als 90%) Stickstoffmonoxid NO freigesetzt, das sich aber in der Atmosphäre rasch zum Stickstoffdioxid NO_2 umsetzt.

Die Hauptquellen für Stickoxide in der Umgebungsluft sind folglich Feuerungsanlagen in Industrie, Kraftwerken, Gewerbe und Hausbrand sowie Verbrennungsmotoren. Zwischen 40 und 50 % der gesamten Stickoxidemissionen in Deutschland wird von Kfz-Verkehr erzeugt, in Hamburg kommt als weitere bedeutende Quelle der Schiffsverkehr noch hinzu. Da die Emissionen des Straßenverkehrs direkt am Boden in den Aufenthaltsbereich der Menschen erfolgen, spielen sie für die hohen Belastungen im Straßenraum eine besondere Bedeutung.

Eine gesundheitsschädliche Wirkung geht im Wesentlichen nur vom Stickstoffdioxid aus. Es ist relativ gering wasserlöslich, reaktiv und wirkt insbesondere schädigend auf die menschlichen Atemwege. In der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmenge (39. BImSchV) ist für NO_2 ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Jahresmittelwert festgelegt. Der 1-Std.-Mittelwert darf die Konzentration von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 höchstens 18mal im Jahr überschreiten. Beide Grenzwerte traten im Jahr 2010 in Kraft.

Die Stickoxide haben aber noch weitere umweltrelevante Wirkungen: Sie spielen im Zusammenwirken mit Kohlenwasserstoffen eine wichtige Rolle als Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon und anderen photochemischen Oxidantien. Und nach Weiteroxidation zum Nitrat (NO_3^-) sind sie an der Partikelbildung des Feinstaubes beteiligt (Sekundärpartikel) und tragen zum Stickstoffeintrag in Böden und Gewässer bei.



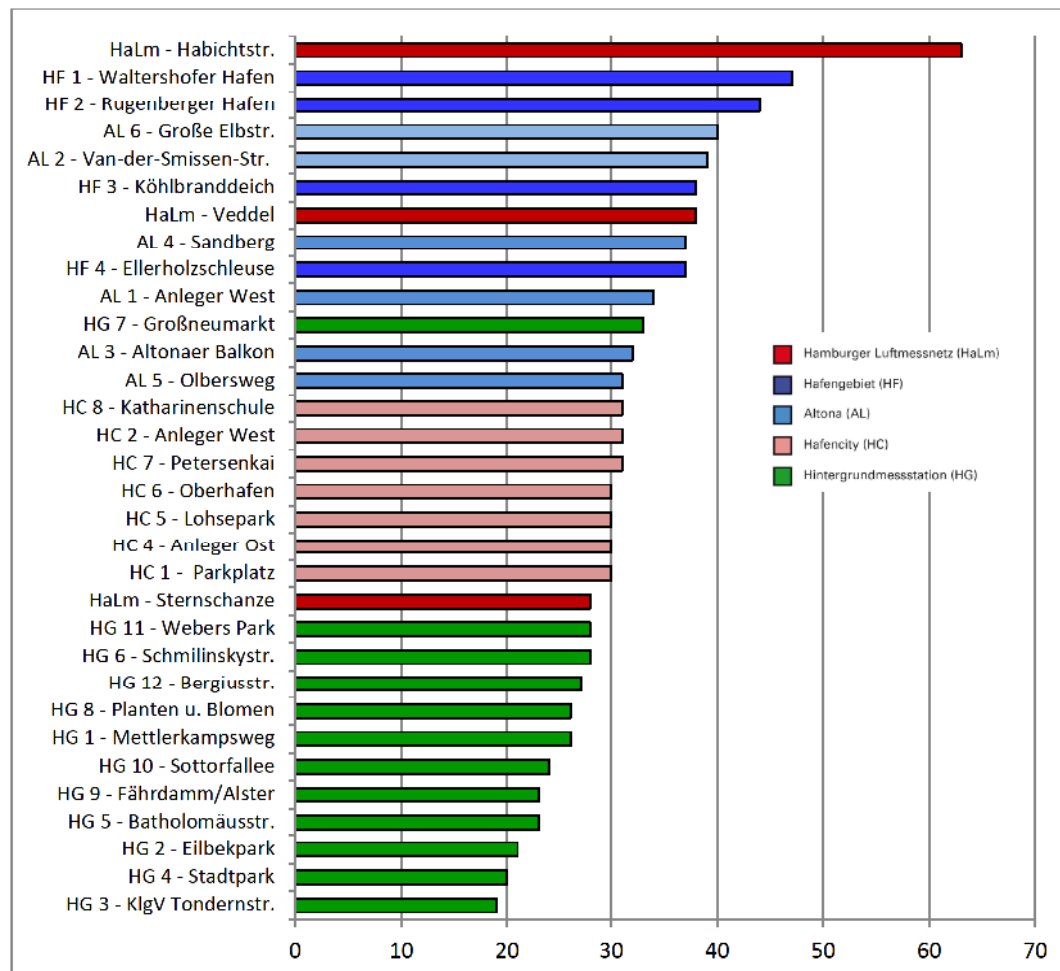
Dass die Messungen mit den Passivsammlern durchaus aussagekräftig sind, zeigte auch eine bundesweite Vergleichsmessung an einer Messstation in Essen: die Hamburger Ergebnisse lagen im Mittel nur um 3,0 % unter den Referenzwerten des Nordrhein-Westfälischen Messnetzes. Angesichts einer geschätzten Messunsicherheit des Passivsammler-Verfahrens von $\pm 10\%$ dürfen die ermittelten Abweichungen zum kontinuierlichen Referenzverfahren als zufriedenstellend bewertet werden.

**NO₂-Belastungen
in µg/m³ für den
Zeitraum
April 2010 bis
März 2011**

Zusammenfassung / Fazit

Messungen von Stickstoffdioxid mit Passivsammlern sind vergleichsweise einfach und preisgünstig durchzuführen. Mit ihnen konnten ergänzend zu den Daten des Hamburger Luftmessnetzes in den vergangenen Jahren nützliche Zusatzinformationen zur Belastungssituation in Hamburg gesammelt werden. So scheint die NO₂-Konzentration im Hafen gegenüber dem innerstädtischen Bereich großräumig um bis zu 10 µg/m³ höher zu liegen. Kommen dann lokal Verkehrs- und auch Schiffsabgase hinzu, kann die Belastung auf ein Niveau oberhalb des Grenzwertes steigen. Andererseits konnte ein Einfluss der Abgase von Kreuzfahrtschiffen auf die durchschnittliche NO₂-Situation im nahen Umfeld nicht eindeutig belegt werden. Der Hafenrand in der Hafencity ist gegenüber dem städtischen Hintergrund nur noch wenig höher belastet. Die Untersuchung im städtisch geprägten inneren Stadtgebiet Hamburgs hat die Kenntnisse über die im Hintergrund vorliegende NO₂-Belastung erweitert. Eine Gesamtübersicht aller Messergebnisse ist dem oben stehenden Balkendiagramm zu entnehmen. Auch in Zukunft ist vorgesehen, die Methode der Passivsammlermessungen zur Klärung bestimmter Fragestellungen, für kleinräumige Ergänzungsmessungen und für Sonderuntersuchungen einzusetzen.

**NO₂-Belastungen in µg/m³ für den Zeitraum April 2010 bis März 2011
(Korrigierte Fassung der Gesamtübersicht aller Messergebnisse)**



Durch die Korrektur der NO₂-Messwerte ändert sich die Reihenfolge der Messstationen in der Gesamtübersicht. Unabhängig davon behält aber der Abschnitt 'Zusammenfassung/Fazit' in seinen Kernaussagen auch nach Korrektur der Daten weiterhin seine Gültigkeit.