





Bereich Umweltuntersuchungen  
Abteilung Luftuntersuchungen HU43

## Ergebnisse von orientierenden Stickstoffdioxidmessungen in Bergedorf - Zentrum



Berichtsumfang: 11 Seiten

Projekt: H43/10/10  
Berichtsnummer: HU43/800.56-10/02.13

Auftraggeber: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,  
Luftreinhaltung (BSU-IB45)

Datum des Berichtes: 03.04.2013

Dieser Bericht ersetzt den Bericht Nr. HU43/800.56-10/01.12 vom 17.01.2012

### Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung und Veranlassung .....	2
2. Bewertungsmaßstäbe für Stickoxide .....	2
3. Messorte und Messzeitraum .....	2
4. Messverfahren .....	4
5. Ergebnisse der Messungen und Bewertung .....	5
6. Vergleichsmessungen .....	7
7. Zusammenfassung und Fazit .....	8
8. Anhang: Messverfahren .....	9

## 1. Einleitung und Veranlassung

Im Bergedorfer Zentrum wurde ein neuer zentraler Busbahnhof (ZOB) errichtet und das Einkaufszentrum CCB erweitert. Im Zusammenhang mit einer befürchteten deutlichen Verkehrszunahme wurden vom Institut für Hygiene und Umwelt (HU) in Abstimmung mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU)/Luftreinhaltung begleitend orientierende Messungen der Luftbelastung durchgeführt. Über die Ergebnisse der Messungen bis einschließlich Oktober 2011 wurde im Januar 2012 berichtet. Leider hatte sich die Inbetriebnahme des neuen Busbahnhofs erheblich verzögert, so dass er erst Mitte September 2011 seinen regulären Betrieb aufnehmen konnte. Die bis dahin durchgeführten Messungen spiegelten somit den Zustand vor dem neuen Verkehrszustand wider und es wurde deshalb beschlossen, die Messungen um ein Jahr bis zum Oktober 2012 zu verlängern, um die möglichen Auswirkungen durch die geänderte Verkehrslage zu erfassen.

## 2. Bewertungsmaßstäbe für Stickoxide

Die Bewertungsmaßstäbe für Luftverunreinigungen durch Stickoxide werden in der 39. BImSchV (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) angegeben, sie stellen eine Umsetzung der Grenzwerte der europäischen Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG dar:

Grenzwerte für den Schutz der menschlichen Gesundheit (gültig ab 2010):

40 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> als Jahresmittelwert

200 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> als 1-Std.-Mittelwert, darf nicht öfter als 18mal/Jahr überschritten werden

## 3. Messorte und Messzeitraum

Die Messorte waren mit dem Ziel festgelegt worden, Änderungen der Verkehrseinflüsse erkennbar zu machen, speziell auch an den künftigen Busrouten nach Eröffnung des ZOB: Die Messpunkte BD-2 und BD-5 waren in die neuen Zufahrtsbereiche zum ZOB gelegt worden und die Messorte BD-1 und BD-3 befanden sich im Einflussbereich des allgemeinen Verkehrs, der durch Zuwachs betroffen sein könnte. Der zur Ermittlung der allgemeinen Hintergrundbelastung in Bergedorf eingerichtete Messpunkt BD-4 wurde ab Februar 2012 nicht weiter beprobt, da hier keine Auswirkungen durch geänderten Verkehr auf die NO<sub>2</sub>-Belastung zu erwarten war. Die genaue Lage der Messorte ist dem Lageplan (Abb. 1) und der Tabelle 1 zu entnehmen.

Von Juli 2011 bis September 2012 wurde im Rahmen eines weiteren Untersuchungsprogramm des HU ebenfalls an der Bergedorfer Straße (Südseite Höhe Hausnr. 122) der Messpunkt GM-18 beprobt. Dieser Messpunkt, dessen erste Ergebnisse bereits im letzten Bericht aufgeführt wurden, wurde in die nachfolgende Übersichten (Abb. 1, Tab. 1) mit aufgenommen.

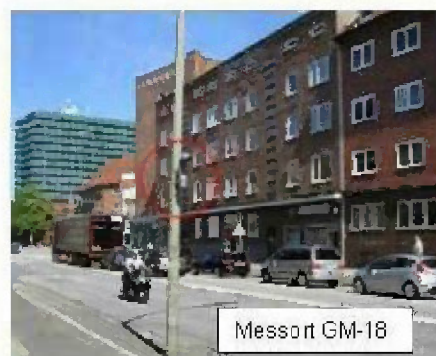
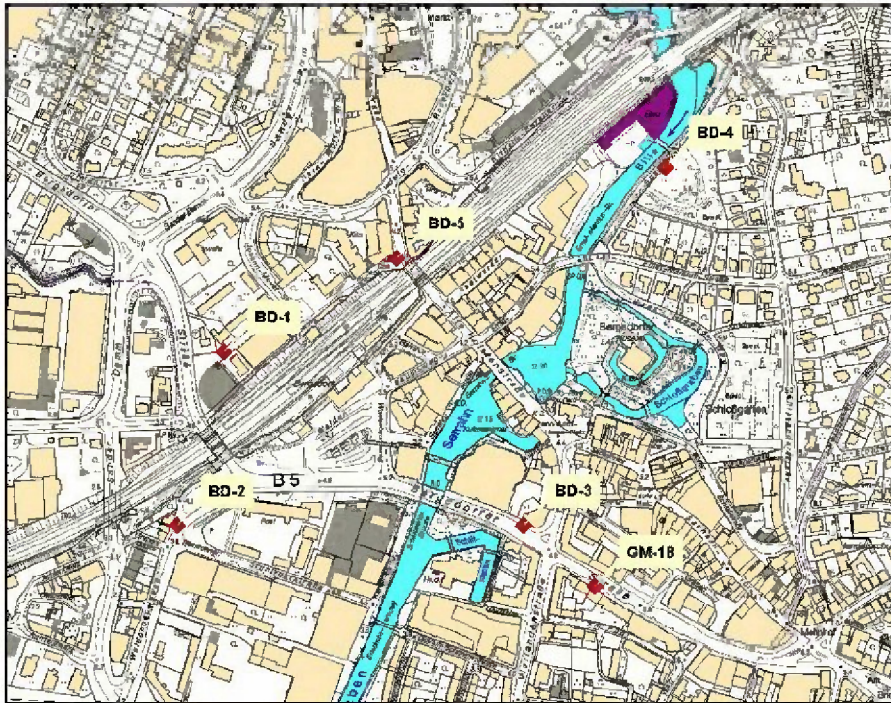


Abbildung 1: Lageplan und Umgebungsansichten der Messorte in Bergedorf

Messpunkt	Straße / Lage	Rechts / Hoch
BD-1	Bergedorfer Str. Höhe Nr. 85a, (Zufahrt zum Parkhaus)	3579.995 / 5929.369
BD-2	Weidenbaumsweg Höhe Hausnr. 34	3579.933 / 5929.138
BD-3	Bergedorfer Straße (Nordseite) gegenüber Hausnr. 112	3580.394 / 5929.138
BD-4	Am Schillerufer vor großer Wiese (nur bis Okt 2011)	3580.582 / 5929.614
BD-5	Herzog-Carl-Friedrich-Platz, Ecke Alte Holstenstraße	3580.225 / 5929.494
GM-18	Bergedorfer Straße (Südseite) Höhe Hausnr. 122	3580.488 / 5929.057

Tabelle 1: Lage und Gauss-Krüger-Koordinaten der Messpunkte

Die Messungen an GM-18 dienten der messtechnischen Überprüfung von Ergebnissen einer Screening-Berechnung der Luftbelastung an Hamburgs Hauptverkehrsstraßen, die die BSU im Rahmen der Luftreinhalteplanung in Auftrag gegeben hatte (Gutachten "Berechnung Kfz-bedingter Schadstoffemissionen und Immissionen in Hamburg" Ing. Büro Lohmeyer, Dezember 2010) und die an dieser Stelle die höchste Belastung für Bergedorf auswies. Die Verkehrsmengenkarte 2009 der BWVI enthält für die Bergedorfer Straße westlich der Gabelung in B5 und B 207 die Angabe von 28.000 Fahrzeugen für den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV). Das o. g. Gutachten gibt für den Straßenabschnitt der Messung einen DTV von 30.000 Kfz an. Im werktäglichen Verkehr DTVw beträgt der Lkw-Anteil 5 %. Der Verlängerungszeitraum der Messungen betrug ein Jahr bis einschließlich Oktober 2012.

#### 4. Messverfahren

Die orientierenden Messungen der NO<sub>2</sub>-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<sub>2</sub> untersucht. Als Auswertergebnis erhält man die NO<sub>2</sub>-Konzentration der Luft als Monatsmittelwert. Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens ist im Anhang beigefügt.

Abweichend von der bis 2009/10 praktizierten Verfahrensweise wurden die Passivsammler ab 2010/2011 überwiegend, so auch in Bergedorf, mit Diffusionssperren der Fa. PASSAM in Form von Glasfritten betrieben. Gegenüber den vorher eingesetzten Diffusionssperren ebenfalls der Fa. PASSAM aus Papier ergaben sich dadurch leider Minderbefunde, die erst durch Parallelmessungen mit Sammlern unterschiedlicher Diffusionssperren bemerkt wurden. Danach wurden zahlreiche Vergleichsmessungen mit beiden Systemen an verschiedenen Standorten durchgeführt, die einen linearen Zusammenhang zwischen den jeweils erzielten Ergebnissen zeigen. Dadurch wurde die Verwendung eines Korrekturfaktors bei der Auswertung der Ergebnisse für Messungen mit Glasfritten möglich wurde (Details siehe Anhang).

Rückwirkend müssen auch die im ersten Bericht vom Januar 2012 aufgeführten Ergebnisse mit diesem Faktor 1,15 berichtigt werden. Sie werden deshalb hier noch einmal dargestellt. Der Bericht HU43/800.56-10/01.12 vom 17.01.2012 wird hiermit zurückgezogen.

Im Gegensatz zu den Passivsammlermessungen wird im Hamburger Luftmessnetz (HaLm) die NO<sub>2</sub>-Konzentration mit kontinuierlich arbeitenden und direkt anzeigenden Stickoxidanalytoren gemessen, die nach dem Referenzmessverfahren der Chemilumineszenz arbeiten und die eine Eignungsbekanntgabe besitzen. Ihre Kalibrierung wird auf ein zertifiziertes Prüfgas rückgeführt und die Richtigkeit der Messung wurde in diversen Ringversuchen nachgewiesen.

## 5. Ergebnisse der Messungen und Bewertung

Für den Messzeitraum bis Oktober 2011 wurden die in der Tabelle 2 zusammengestellten korrigierten Messergebnisse ermittelt:

NO <sub>2</sub>	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-5	GM-18
	µg/m <sup>3</sup>					µg/m <sup>3</sup>
Sep 10	53	36	52	16	27	
Okt 10	*	32	50	20	27	
Nov 10	43	34	50	22	30	
Dez 10	40	39	51	*	37	
Jan 11	41	39	51	29	40	
Feb 11	25	31	48	17	29	
Mrz 11	44	42	56	24	41	
Apr 11	34	35	52	17	33	
Mai 11	38	31	57	15	34	
Jun 11	34	30	51	15	33	
Jul 11	28	27	46	11	26	57
Aug 11	31	29	46	15	30	66
Sep 11	32	36	45	18	36	70
Okt 11	31	36	48	22	38	66
<b>Mittel</b>	<b>35</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	

Tabelle 2: Monatswerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration sowie Jahresmittelwerte für den Zeitraum Nov. 2010 bis Okt. 2011, korrigiert mit dem Faktor 1,15.

\*: kein NO<sub>2</sub>-Monatswert, da Sammler während der Probenahme entwendet wurde.

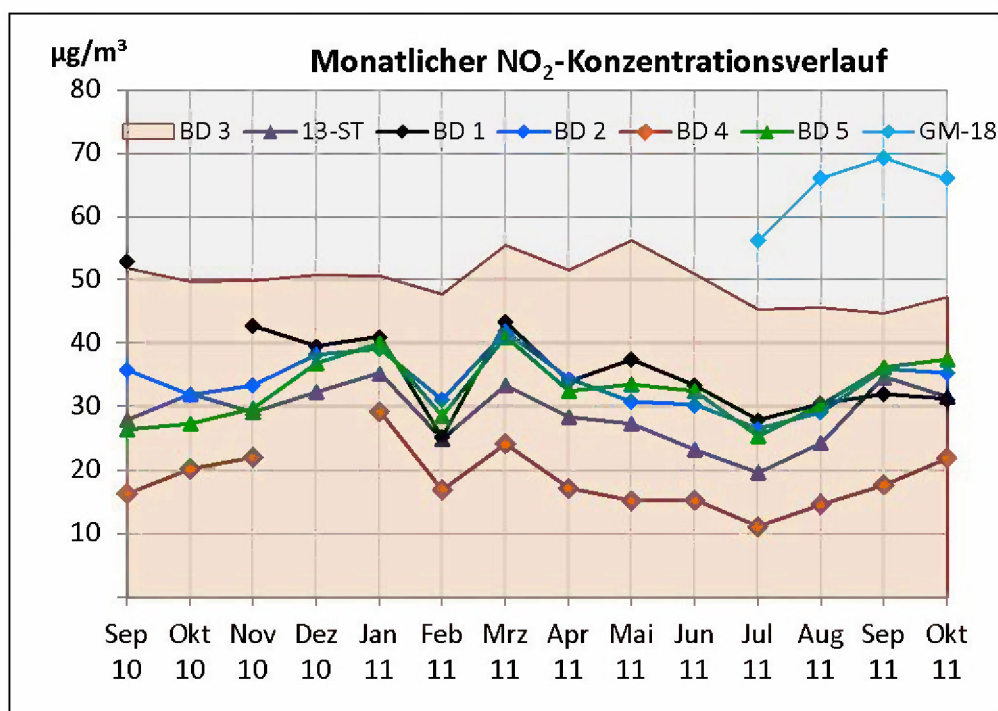


Abbildung 2: Verlauf der NO<sub>2</sub>-Monatsmittel bis Oktober 2011, korrigierte Messwerte

Die Abbildung 2 zeigt noch einmal für den ersten Teil des Bergedorfer Messprogramms bis Oktober 2011 den Verlauf der monatlich gemessenen und korrigierten NO<sub>2</sub>-Werte für alle fünf Untersuchungspunkte des Bergedorfer Messprogramms inklusive des Ergänzungspunktes GM-18 und der städtischen Hintergrundmessstation Sternschanze. Die Ergebnisse nach Eröffnung des Busbahnhofs von November 2011 bis Oktober 2012 sind in Tabelle 3 und Abbildung 3 dargestellt

NO <sub>2</sub>	BD-1	BD-2	BD-3	BD-4	BD-5	GM-18
	µg/m <sup>3</sup>					µg/m <sup>3</sup>
Nov 11	31	34	44	22	31	55
Dez 11	30	33	41	23	35	60
Jan 12	31	35	45	23	41	56
Feb 12	34	41	49		43	60
Mrz 12	34	42	52		48	69
Apr 12	27	37	54		35	61
Mai 12	22	36	57		32	57
Jun 12	23	34	49		36	57
Jul 12	22	36	41		31	48
Aug 12	27	40	49		37	55
Sep 12	34	43	49		38	
Okt 12	27	41	43		38	
<b>Mittel</b>	<b>28</b>	<b>38</b>	<b>48</b>		<b>37</b>	<b>60*</b>

Tabelle 3: Monatsmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentration sowie Jahresmittelwerte für den Zeitraum Nov. 2011 bis Okt. 2012 (\*: GM-18 Sep. 2011 bis Aug 2012)

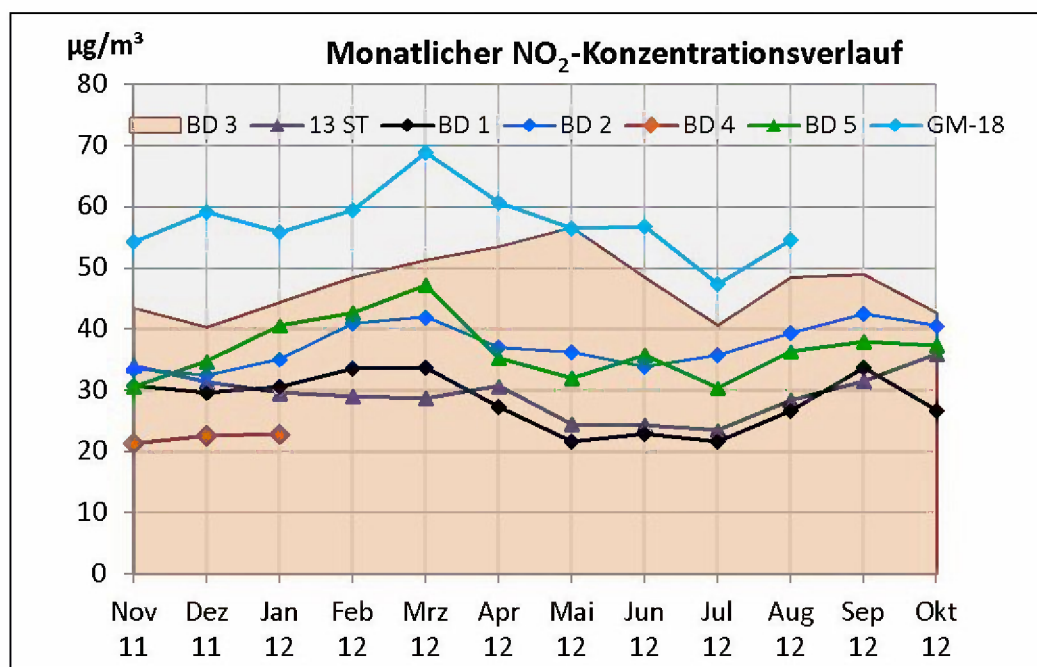


Abbildung 3: Verlauf der NO<sub>2</sub>-Monatsmittelwerte von Nov. 2011 bis Okt. 2012

Den Messdaten aus dem ersten Teil des Messprogramms war zu entnehmen, dass zwischen der in Bergedorf vorliegenden NO<sub>2</sub>-Hintergrundbelastung von 19 µg/m<sup>3</sup>, gemessen Am Schillerufer (BD-4), und der verkehrsnahen Belastung an der Bergedorfer Straße am Mess-

punkt BD-3 ein Faktor 2,6 liegt. Die Belastung am Messpunkt GM-18 liegt noch einmal etwa 10 µg/m³ höher als am Punkt BD-3 bei 60 µg/m³ NO<sub>2</sub>. Diese Messdaten stimmen gut mit den berechneten Werten aus dem Lohmeyer-Gutachten überein, die für die Bergedorfer Straße 50 µg/m³ am Ort BD-3 sowie 59 µg/m³ am Ort GM-18 ergeben haben.

An den anderen Messpunkten BD-1, -2 und -5 liegt die NO<sub>2</sub>-Belastung unterhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³. Gegenüber dem ersten Messjahr vor Inbetriebnahme des ZOB haben sich allerdings Änderungen ergeben: Der Messpunkt BD-1 westlich der S-Bahngleise lag während der Bauphase des ZOB in der Nähe des Busverkehrs; hier ist die Belastung im zweiten Messjahr mit 28 µg/m³ NO<sub>2</sub> merklich niedriger als zuvor mit 35 µg/m³. Anders an den Messpunkten BD-2 und BD-5, die an den Zufahrtstrecken des neuen ZOB liegen. An ihnen stieg die Belastung an von vorher 34 µg/m³ NO<sub>2</sub> auf jeweils 37 bzw. 38 µg/m³ im zweiten Messjahr. Durch die geänderte Streckenführung des Busverkehrs sind die Zu- und Abnahmen plausibel zu erklären.

## 6. Vergleichsmessungen

Bei der Bewertung der Belastungshöhe ist die Messunsicherheit des orientierenden Passivsammlerverfahrens zu berücksichtigen. Die seit einigen Jahren zur Qualitätssicherung laufenden Parallelmessungen zu den automatischen NO<sub>2</sub>-Messgeräten im Luftmessnetz an den zwei Stationen Sternschanze und Habichtstraße (und seit 2010 auch an der Station Veddel) hatten bis 2009/2010 gezeigt: Im städtischen Hintergrund lagen die mit Passivsammlern ermittelten Werte nahe bei den Referenzmesswerten aus dem Luftmessnetz; die Abweichungen betragen im Mittel weniger als 10 %. An Verkehrsmessstationen, also stark verkehrsbeeinflusst, traten bei den Passivsammlern zeitweise merkliche NO<sub>2</sub>-Mehrbefunde von 10 % bis 20 % auf. Die Ursache dafür konnte bisher nicht befriedigend erklärt werden. In den zurückliegenden drei Jahren haben sich die Vergleichsmessergebnisse generell auf geringe Abweichungen von unter 10 % eingependelt.

Für den Zeitraum der Messungen in Bergedorf bzw. für das Jahr 2012 wurden die folgenden Ergebnisse bei den Parallelmessungen erzielt:

NO <sub>2</sub>	Sternschanze		Habichtstraße		Veddel	
	passiv	HaLm	passiv	HaLm	passiv	HaLm
Angaben in µg/m³						
Nov 10 – Okt 11*	29	30,7	58	60,6	37	37,1
Nov 11 – Okt 12*	29	29,8	65	63,1	37	36,0
Jahr 2012 <sup>#</sup>	29	30,4	64	63,8	36	36,5

\*. Diffusionssperre aus Papier

<sup>#</sup>: Glasritze als Diffusionssperre, Korrekturfaktor 1,15

Tabelle 2: Ergebnisse der Vergleichsmessungen zwischen Passivsammlern und Luftmessnetz

Aus den Zahlen wird ersichtlich, dass alle Abweichungen gegenüber dem kontinuierlichen Referenzverfahren kleiner als 3 µg/m³ NO<sub>2</sub> sind. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) hat für vergleichbare NO<sub>2</sub>-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.



## 7. Zusammenfassung und Fazit

Die NO<sub>2</sub>-Messungen in Bergedorf spiegeln die Belastungssituation vor und nach Inbetriebnahme des neuen Busbahnhofs wider. Sie zeigen bei einer Hintergrundbelastung von knapp 20 µg/m<sup>3</sup> (Schillerufer) eine Belastung oberhalb vom Jahresgrenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) im stark befahrenen Straßenzug der Bergedorfer Straße. An den weiteren verkehrsnahen Messpunkten liegen die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen unterhalb des Grenzwertes. An ihnen hat sich die Belastung entsprechend den geänderten Busrouten nach Inbetriebnahme des ZOB geändert: Am Messort BD-1 wurde eine Entlastung um 7 µg/m<sup>3</sup> registriert, während in der Nähe der ZOB-Zufahrten (BD-2, BD-5) ein Anstieg von 3 bis 4 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> festzustellen war.

Hamburg, den 03.04.2013



## 8. Anhang: Messverfahren

Die passive Probenahme erfolgt über Diffusionssammler der Fa. PASSAM AG, deren Adsorptionsmittel (Triethanolamin) das Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) aus der Außenluft bindet. Nach Beendigung der Probenahme wird die adsorbierte Menge NO<sub>2</sub> im Labor mit einem Reagenz extrahiert und zu einem rosafarbenen Diazofarbstoff umgesetzt (Saltzman-Reaktion), der photometrisch vermessen wird. Das analytische Verfahren ist in der Richtlinie VDI 2453 Blatt 1 *Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration, manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman)* beschrieben.

Die Herstellerfirma Passam AG gibt folgende Verfahrenskenngrößen für die NO<sub>2</sub>-Messungen mit ihren Passivsammlern an:

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

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

Die Probenahme erfolgte entsprechend der Standardarbeitsanweisung SOP HU433.23 (Außenluft-Probenahme mit Diffusionssammlern) mit dem dort beschriebenen Probenahmeaufbau (Abb. 3). Als Diffusionssperren kamen die von der Fa. Passam gelieferten Glasritzen zum Einsatz. Die NO<sub>2</sub>-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 NO<sub>2</sub>-Konzentration erfolgt mit folgender Formel:

c [µg NO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]=	$m \cdot K_{\text{Sammler}} \cdot 1013 \cdot T_{\text{Probenahme}} \cdot 1000000$
	$\text{korrig. Diff. Koeffizient} \cdot \text{Expos. in s} \cdot p_{\text{Probenahme}} \cdot 293,15$

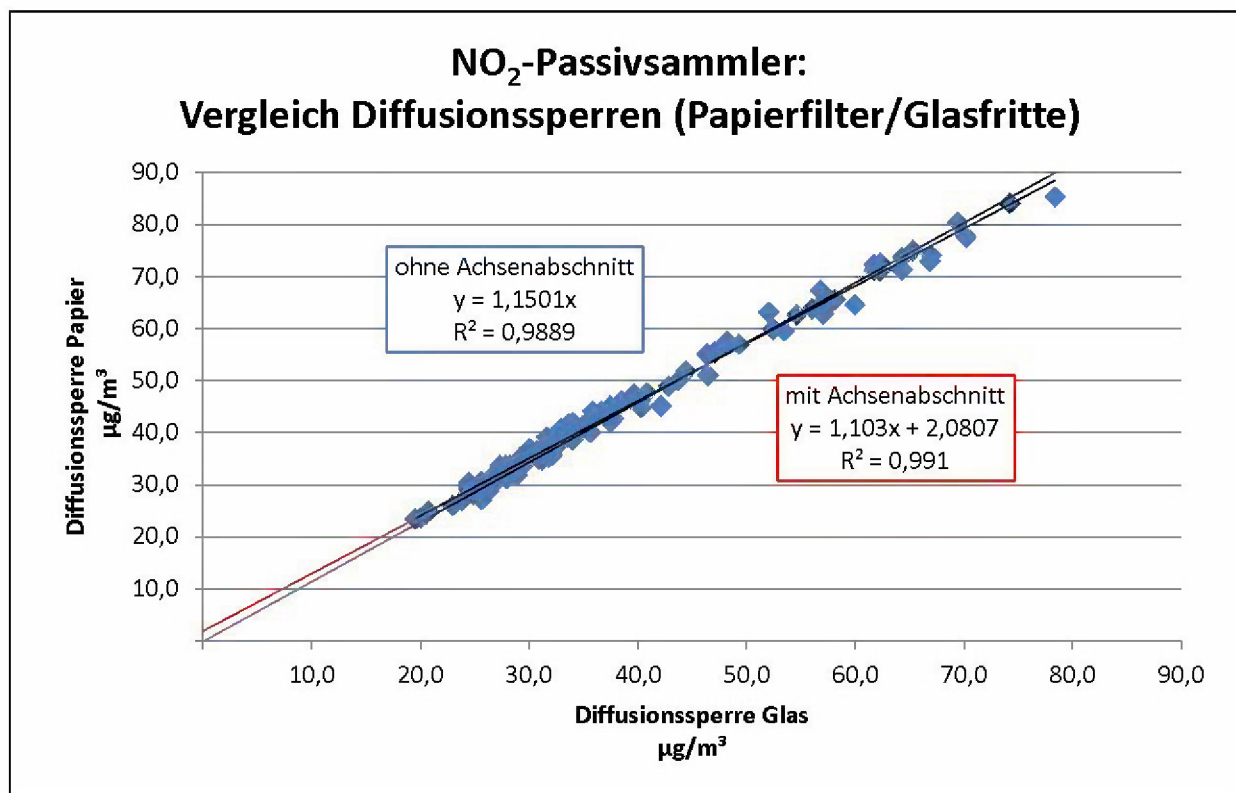
m	= µg NO <sub>2</sub> / Probe
K <sub>Sammler</sub>	= 11,28
T <sub>Probenahme</sub>	= mittlere Temperatur bei der Probenahme [°K]
p <sub>Probenahme</sub>	= mittlerer Außenluftdruck bei der Probenahme [hPa]
Expos. in s	= Probenahmezeit in s
Korrig. Diff. Koeffizient	= $0,154 \cdot (T_{\text{Probenahme}}/293,15)^{1,5} \cdot (1013/p_{\text{Probenahme}})$

Bei dem parallelen Einsatz von unterschiedlichen Diffusionssperren (Papierfilter und Glasritzen) wurde festgestellt, dass mit den Glasritzen geringere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen ermittelt wurden als mit Passivsammlern mit Papierritzen. Da die Glasritzen-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 NO<sub>2</sub>-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 NO<sub>2</sub>-Passivsammlern durchgeführt ([2], [3]). Dort wurde für vergleichbare NO<sub>2</sub>-Passivsammlermessungen eine erweiterte Messunsicherheit des Jahresmittelwertes von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt, das sind 12,5 % bezogen auf den Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

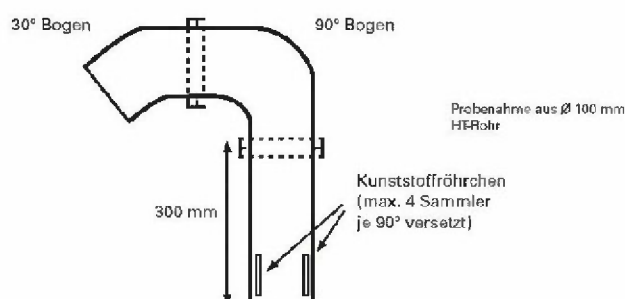


Abbildung 3: Probenahmeaufbau der Passivsammler nach [4]

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.
- [4]: Niedersächsische Landesamt für Ökologie: Der Einsatz von Passivsammlern zur Ermittlung der Benzol-Belastung in Straßenschluchten, ISSN 0945-4187, Februar 1997.