



NO₂-ÄQUIVALENZNACHWEIS

für die im Berliner Luftgütemessnetz
eingesetzten Passivsammler
für das Jahr 2019

Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

BERLIN



Impressum

Herausgeber:

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz

Berliner Luftgütemessnetz

Brückenstraße 6

10179 Berlin

Tel.: 030-9025-0

Bearbeitung:

Michaela Preuß, Sebastian Clemen, Dr. Paul Herenz, Dr. Katja Grunow, Dr. Heike Kaupp

Stand:

Dezember 2021

Bezug des Berichtes bei:

Michaela Preuß

Tel.: 030 /9025-2355

E-Mail: michaela.preuss@senuvk.berlin.de

Titelbild:

BLUME-Passivsammler-Röhrchen zur Messung von Stickoxiden, welche im Labor des Berliner Luftgütemessnetzes für den Einsatz vorbereitet wurden (Quelle: Berliner Luftgütemessnetz).

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Kurzzusammenfassung	4
1 Grundlagen	5
2 NO ₂ -Passivsammlermessungen im Berliner Luftgütemessnetz im Jahr 2019	5
2.1 BLUME-Passivsammler	5
2.2 PASSAM-Passivsammler.....	5
2.3 Vergleichsorte mit der Referenz im Jahr 2019	6
3 Bedingungen an die Datensätze für die Prüfung der Äquivalenz	6
4 Nachweis der Äquivalenz	7
4.1 BLUME-Passivsammler (MP5xx).....	7
4.2 PASSAM-Passivsammler (MP6xx).....	9
Anlage	10
Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis	11
Referenzen	11

Kurzzusammenfassung

Im Berliner Luftgütemessnetz (BLUME) wurden 2019 zwei verschiedene Passivsammlertypen zur Bestimmung der NO₂-Jahresmittelwerten eingesetzt. Es wurden jeweils sogenannte Palmes-Röhrchen eingesetzt. An allen Standorten mit 500er-Nummern (MP5xx) kamen vom BLUME modifizierte Palmessammler zum Einsatz, welche im Labor des BLUME analysiert wurden (im weiteren Verlauf „BLUME-Passivsammler“ genannt). An allen Standorten mit 600er-Nummern (MP6xx) kamen Palmes-Sammler zum Einsatz, welche extern von der Firma Passam AG analysiert wurden (im Folgenden „PASSAM-Passivsammler“ genannt). Da beide Verfahren im Detail analytische und baubedingte Unterschiede aufweisen, muss die Äquivalenz zum Referenzverfahren beider Passivsammlertypen getrennt voneinander nachgewiesen werden.

Die Bewertung der BLUME-Passivsammler bzw. der PASSAM-Passivsammler als sogenannte Äquivalenzverfahren zu den entsprechenden Werten der Referenzmethode gemäß 39. BImSchV (Chemolumineszenz nach DIN EN 14211) wird in der vorliegenden Auswertung gemäß „Leitfaden zur Demonstration der Gleichwertigkeit der Methoden zur Überwachung der Umgebungsluft“ (GDE 2010) vom Januar 2010 erbracht.

Die Jahresmittelwerte der BLUME-Passivsammler über einen Zeitraum von 15 Jahren (2005 bis 2019) und die Ergebnisse der Beprobung über ca. 14 Tage der NO₂-PASSAM-Passivsammler sind mit den Ergebnissen der automatischen Chemolumineszenz-Referenzmethode als ortsfeste Messungen mit einer geforderten erweiterten Messunsicherheit $\leq 15\%$ am Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert vergleichbar. Die Ergebnisse der BLUME-Passivsammler mit einer Beprobung über ca. 14 Tage ist im Jahr 2019 als orientierende Messung mit einer geforderten erweiterten Messunsicherheit von $\leq 25\%$ am Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zum Referenzverfahren vergleichbar.

1 GRUNDLAGEN

- Im Anhang VI der EU-Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft vom 21.5.2008 bzw. in der 39. BImSchV Anlage 6 Absatz A 2 wird als anzuwendendes Verfahren zur Ermittlung der NO₂-Konzentration die Referenzmethode nach DIN EN 14211:2012 festgelegt. In der Anlage 6 B werden auch andere Verfahren zugelassen, wenn der Nachweis der Gleichwertigkeit zur Referenzmethode erbracht wird. Diese Verfahren werden als Äquivalenz- oder Kandidatenverfahren bezeichnet.
- Die erweiterte kombinierte Messunsicherheit des Äquivalenzverfahrens muss bei Stickstoffdioxid am Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ für orientierende Messungen ≤ 25 % sein und für ortsfeste Messungen ≤ 15 %.
- Die Europäische Kommission hat im „Leitfaden zur Demonstration der Gleichwertigkeit der Methoden zur Überwachung der Umgebungsluft“ [GDE, 2010] unter Punkt 7 konkrete Vorgaben zum Nachweis der Äquivalenz für manuelle Methoden bei Gasen (z.B. Passivsammler für NO₂) gemacht.
- Die Bestimmung von NO₂ mit Hilfe von Passivsammlern erfolgt üblicherweise mit Hilfe sogenannter Palmes-Röhrchen. Diese Röhrchen nehmen per Diffusion über einen Zeitraum von ca. 1 bis 4 Wochen Stickstoffdioxid aus der Luft auf. Im Anschluss an die Sammlung werden die Proben im Labor photochemisch vermessen.

2 NO₂-PASSIVSAMMLERMESSUNGEN IM BERLINER LUFTGÜTEMESSNETZ IM JAHR 2019

2.1 BLUME-Passivsammler

- Bis zum Jahr 2018 wurde im Berliner Luftgütemessnetz als manuelles Verfahren zur Bestimmung von NO₂ ausschließlich ein Anfang der 1990er in Berlin modifiziertes Verfahren angewendet, das neben der Bestimmung von NO₂ auch die Bestimmung von NO_x erlaubt. Dabei kommen Palmes-Röhrchen aus eigener Herstellung zum Einsatz. Die Analyse erfolgt im Labor der Berliner Luftgütemessnetzes BLUME. Die entsprechenden Passivsammler werden im folgenden BLUME-Passivsammler genannt.
- Dieses Berliner Verfahren wird an 500er-Messpunkten (MP5xx) eingesetzt.
- Die Probenahme erfolgt kontinuierlich über jeweils ca. 14 Tage.
- Es werden jeweils 3 Passivsammler-Röhrchen parallel beprobt.

2.2 PASSAM-Passivsammler

- Mit dem Urteil der 10. Kammer des Verwaltungsgerichts Berlin (VG 10 K 207.16) vom 09.10.2018 wurde das Land Berlin verpflichtet, zusätzliche Messstellen einzurichten. Im Zuge dieses Urteils musste der Luftreinhalteplan für Berlin derart fortgeschrieben werden, dass an 117 Streckenabschnitten luftreinerhaltende Maßnahmen zu prüfen waren, um zukünftig den NO₂-Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ einzuhalten. Neben global wirksamen Maßnahmen (z.B. Parkraumbewirtschaftung, Erneuerung der Fahrzeugflotte) wurden an zahlreichen Streckenabschnitten auch lokale Maßnahmenpakete (z.B. Durchfahrverbote für Diesel-Kfz, Ausweitung von Tempo30-Zonen) angeordnet. Das Verwaltungsgericht Berlin hatte auferlegt, dass die Wirksamkeit dieser Maßnahmen mit Messungen eruiert werden sollte. Dazu mussten neue Messorte in Betrieb gehen.
- Diese zusätzlichen Messstellen konnten aufgrund von Personalengpässen nicht mehr vollständig im Labor des BLUME analysiert werden. Daher werden an den im Jahr 2019 eingerichteten Messpunkten Passivsammler der Firma Passam AG eingesetzt.
- Diese Passivsammler werden mit 600er Nummern gekennzeichnet (Messpunkte MP6xx).
- Die Probenahme erfolgt kontinuierlich über jeweils ca. 14 Tage.
- Es werden jeweils 2 PASSAM-Passivsammler parallel beprobt.

2.3 Vergleichsorte mit der Referenz im Jahr 2019

- Im Berliner Luftgütemessnetz wird die mittels Passivsammler ermittelte NO₂-Konzentration an 6 Stationen mit dem automatischen Referenzverfahren kontinuierlich verglichen.
- Für den Nachweis der Äquivalenz wurden Vergleichsorte für Parallelmessungen der Passivsammler zu den Referenzgeräten so gewählt, dass sie repräsentativ für typische Bedingungen und Konzentrationsbereiche sind. Es wurden im Jahr 2019 an insgesamt sechs Standorten Vergleichsmessungen durchgeführt:
 - am Stadtrand an der Station mit der UBA-Kennung DEBE051 (MC077, Buch),
 - im städtischen Hintergrund an der Station mit der UBA-Kennung DEBE034 (MC042, Nansenstr.) sowie
 - an den folgenden Verkehrsstationen DEBE061 (MC117, Schildhornstr.), DEBE063 (MC143, Silbersteinstr.), DEBE064 (MC220, K.-Marx-Str.) und DEBE065 (MC174, Frankfurter Allee).
- Zur automatischen Bestimmung von Stickstoffdioxid werden Messgeräte der Firma Horiba vom Typ APNA 370 eingesetzt. Diese Geräte bestimmen die Stickoxidkonzentration mit Hilfe des in der 39. BImSchV festgelegten Referenzverfahrens (Chemilumineszenz nach DIN EN 14211:2012).
- Die Wartung und Kalibrierung der kontinuierlichen Messgeräte erfolgte im Routinebetrieb, die Ergebnisse der deutschlandweiten Ringversuche waren erfolgreich und haben die Qualität der Referenzmessung bestätigt.
- Die Bestimmung der Unsicherheit der Referenzmethode im Feldbetrieb wurde im Jahr 2020 durch Parallelmessungen zweier Automaten an einer Messstation begonnen und liegt bei 0,7 µg/m³. Hinzu kommen noch weitere Unsicherheiten, dennoch kann von einer Unsicherheit < 2 µg/m³ ausgegangen werden. Da die Parallelmessung noch nicht abschließend ausgewertet wurde, wird im Äquivalenzsheet die Unsicherheit der Referenzmethode mit 0 µg/m³ angenommen und somit die volle Fehlerbreite dem Passivsammler zugeschrieben (schärfste Annahme für die Passivsammler).
- Die Verfügbarkeit aller angewendeten Verfahren ist für alle Orte größer als 90 %.

3 BEDINGUNGEN AN DIE DATENSÄTZE FÜR DIE PRÜFUNG DER ÄQUIVALENZ

- Das Feldtestprogramm zum Nachweis der Äquivalenz wurde für beide Kandidatenverfahren gemäß Abschnitt 7.4. Feldtestprogramm GDE realisiert.
- Im Abschnitt 7.4.2 dieses Leitfadens werden Bedingungen für das Feldtestprogramm und in Abschnitt 7.4.3.3.2 Bedingungen an die Datensätze festgeschrieben, die für die Überprüfung der Vergleichbarkeit eines Kandidaten- bzw. Äquivalenzverfahrens zur Referenzmethode erfüllt sein müssen. Diese Bedingungen sind:

Die Passivsammlermethode muss an mehreren Orten parallel zur Referenzmethode verglichen werden (zeit- und ortsgleich) bei niedrigen und hohen

- Konzentrationen,
- Feuchten und Temperaturen sowie
- Windgeschwindigkeiten.

Es müssen mindestens 40 Datenpaare vorhanden sein.

Die Sammler müssen so positioniert werden, dass keine räumliche Inhomogenität der Probeluft vorhanden ist.

Beide zu vergleichenden Verfahren sollen unter praxisnahen Bedingungen betrieben werden, dabei müssen alle relevanten Parameter dokumentiert werden z.B.:

- Kalibrierungen,
- Temperatur der Probeluft,
- Beginn und Ende der Beprobung,
- Besonderheiten,
- Blindwerte u.a. Qualitätsprüfungen.

Die Konzentration ist auf 20°C und auf 101,3 kPa zu normieren, bzw. der Unsicherheitsbeitrag ist abzuschätzen, falls dies nicht erfolgt.

20 % der Ergebnisse müssen größer oder gleich der oberen Beurteilungsschwelle (32 µg/m³) sein.

Die Standardunsicherheit der Referenzgeräte kann aus bestehenden Studien verwendet werden.

Bei Parallelmessungen (Doppel- oder Dreifachbestimmung) kann ein Grubbs-Test zur Anwendung kommen, um Ausreißer zu bestimmen. Daten dürfen nur begründet entfernt werden.

Für den Vergleich des Kandidatverfahrens zum Referenzverfahren werden zunächst die Einzelergebnisse der Parallelmessungen gemittelt und die Konzentration der Referenz genau zeitgleich zur Kandidaten-Probenahmezeit ermittelt, um vergleichbare Datenpaare „Kandidat zu Referenz“ zu erhalten. Es müssen mehr als 40 Datenpaare zum Vergleich vorliegen.

- Die Äquivalenz der eingesetzten Passivsammler wird durch die Anwendung der orthogonalen Regression mittels Excel-Sheet; RIVM Ruben Beijj, Version 2.9 [RIVM, 2012] überprüft und nachgewiesen.

4 NACHWEIS DER ÄQUIVALENZ

4.1 BLUME-Passivsammler (MP5xx)

- Die Äquivalenz der BLUME-Passivsammler wird sowohl basierend auf den Jahresmittelwerten von 2005 bis 2019 als auch basierend auf den 14-Tageswerten im Jahr 2019 untersucht. Ergänzend wurden die 14-Tageswerte der Jahre 2011 bis 2019 einzeln und als Gesamtdatensatz untersucht.
- Die Bedingungen an die Datensätze (nach Abschnitt 7.4.3.3.2 GDE) für die Überprüfung der Vergleichbarkeit der Passivsammler zur Referenzmethode werden jeweils (Jahresmittelwerte 2005-2019; 14-Tageswerte 2019; 14-Tageswerte 2011 bis 2019) erfüllt, insbesondere:
 - Es liegen mehr als 40 Datenpaare zum Vergleich vor.
 - 20 % der Ergebnisse sind größer oder gleich der oberen Beurteilungsschwelle.
 - Ausreißer wurden nur begründet entfernt, bei den Passivsammlern wurde ein Ausreißertest der gemessenen Extinktionen vor der Konzentrationsberechnung durchgeführt.
- Die Daten der BLUME-Passivsammler wurden – wie die automatisch bestimmten NO₂-Konzentrationen – auf 20°C umgerechnet, wobei die mittlere Temperatur einer ausgewählten Berliner Station mit repräsentativer Temperatur für Berlin über den jeweiligen Messzeitraum verwendet wurde (GDE 7.4.3.1); der Druckeinfluss wurde nicht berücksichtigt.
- Für die Erzeugung der zu vergleichenden 14-Tages-Datenpaare wurden die Automatenwerte zeitgleich zu den einzelnen Passivsammlerergebnissen pro Messort gemittelt und somit vergleichbare Einzeldatensätze über jeweils ca. 14 Tage gebildet.
- Die Jahresmittelwerte der automatischen Referenzgeräte wurden aus 1-Stundenwerten vom 01.01. 00:00 Uhr des jeweiligen Jahres bis zum 01.01. 00:00 Uhr des Folgejahres berechnet.
Für die Kandidatenmethode (Passivsammler) wurden ab 2018 gewichtete Jahresmittelwerte stundengenau ab 01.01. 00:00 Uhr bis 01.01. des Folgejahres 00:00 Uhr verwendet und für die Jahresmittelwerte der Passivsammler vor 2018 wurde die gesamte Doppelwoche, in der die meisten Tage liegen, in die Mittelung des Jahres einbezogen.
- Der Vergleich der Jahresmittelwerte von 2005 bis 2019 aller Vergleichsorte der NO₂-BLUME-Passivsammler (Kandidatenmethode CM) zur Referenzmethode (RM) ist in der Abbildung 1 dargestellt. Die zulässige erweiterte Unsicherheit von 15 % für ortsfeste Messungen am Grenzwert von 40 µg/m³ ist mit 8,8 % eingehalten.

Damit ist die Gleichwertigkeit der NO₂-Jahresmittelwerte der BLUME-Passivsammler zu den automatischen Geräten (Referenz) nachgewiesen.

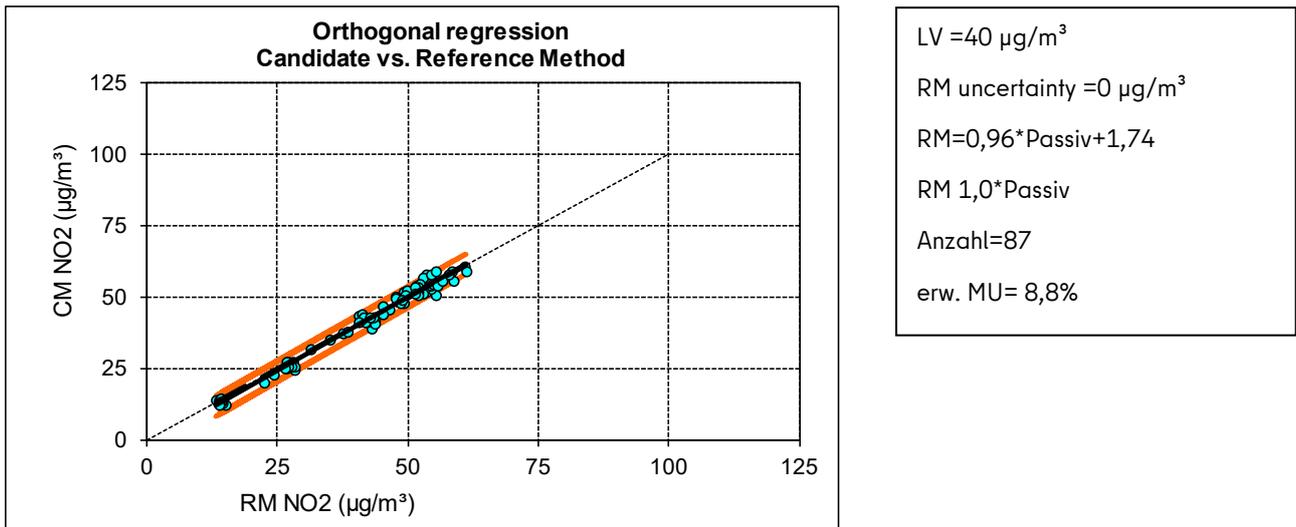


Abbildung 1: Vergleich der NO₂-Jahresmittelwerte von 2005 bis 2019 der BLUME-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9]

- Für die Erzeugung der zu vergleichenden 14-Tages-Datenpaare wurden die Automatenwerte zeitgleich zu den einzelnen Passivsammlerergebnissen pro Messort stundengenau gemittelt und somit vergleichbare Einzeldatensätze über jeweils ca. 14 Tage gebildet.
- Der Vergleich für die 14-Tageswerte des Jahres 2019 aller Vergleichsorte der BLUME-Passivsammler (Kandidatmethode CM) zur automatischen Referenzmethode (RM) ist in Abbildung 2 dargestellt. Die zulässige erweiterte Unsicherheit von 25 % für orientierende Messungen ist auch bei den höher aufgelösten 14-Tageswerten eingehalten. Wenn der Referenzmethode eine reale Messunsicherheit > 0 µg/m³ zugeordnet wird, sinkt die erweiterte Messunsicherheit für die BLUME-Passivsammler, allerdings müsste die Messunsicherheit der Referenzmethode bei 2,6 µg/m³ liegen, um für die BLUME-Passivsammler die Bedingung für ortsfeste Messungen der 14-Tagesmessungen von 15 % einzuhalten.

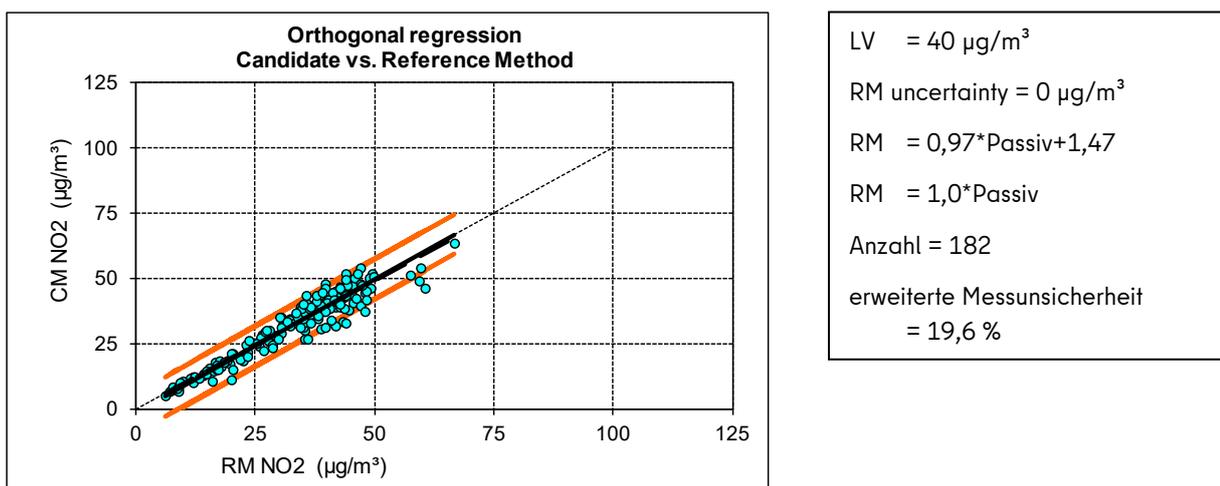


Abbildung 2: Vergleich der NO₂-14-Tagesmittelwerte 2019 der BLUME-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9]

- Die weiteren Ergebnisse der Jahre 2011 bis 2019 aus dem RIVM [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9] sind aus Tabelle 1 der Anlage zu entnehmen.

4.2 PASSAM-Passivsammler (MP6xx)

- Da erst seit 2019 Daten vorliegen, werden die 14-Tageswerte auf ihre Vergleichbarkeit geprüft, eigentlich müssten nur Jahresmittelwerte auf ihre Äquivalenz überprüft werden, dafür liegen aber nicht ausreichend viele Datenpaare vor (mindestens 40 Datenpaare verlangt).
- Die Bedingungen an die Datensätze (nach Abschnitt 7.4.3.3.2 GDE) für die Überprüfung der Vergleichbarkeit der Passivsammler zur Referenzmethode werden für die 14-Tageswerte erfüllt, insbesondere:
 - Es wurden unterschiedliche meteorologische Bedingungen abgedeckt.
 - Die Sammler wurden so positioniert, dass keine räumliche Inhomogenität der Probeluft vorhanden ist.
 - Es liegen mehr als 40 Datenpaare zum Vergleich vor.
 - 20% der Ergebnisse sind größer oder gleich der oberen Beurteilungsschwelle.
- Die Einzelergebnisse der Parallelmessungen der Palmes-Sammler wurde mittels Ausreißertest untersucht und bereinigt. Bei den aus Parallelmessungen gemittelten Ergebnissen wurden Werte nur begründet entfernt.
- Die Daten der PASSAM-Passivsammler wurden - wie die automatisch bestimmten NO₂-Konzentrationen - auf 20 °C umgerechnet, wobei die mittlere Temperatur einer ausgewählten Berliner Station mit repräsentativer Temperatur für Berlin über den jeweiligen Messzeitraum verwendet wurde (GDE 7.4.3.1); der Druckeinfluss wurde nicht berücksichtigt.
- Für die Erzeugung der zu vergleichenden 14 Tages-Datenpaare wurden die Automatenwerte zeitgleich zu den einzelnen Palmes-Sammler Ergebnisse pro Messort gemittelt und somit vergleichbare Einzeldatensätze über ca. 14 Tage gebildet.
- Der Vergleich der über ca. 14 Tage beprobten Ergebnisse des PASSAM-Passivsammler (Kandidatenmethode CM) aller Vergleichsorte mit der Referenzmethode (RM) ist in Abbildung 3 dargestellt, die zulässige erweiterte Unsicherheit von 15 % für ortsfeste Messungen ist mit 13,1 % eingehalten.

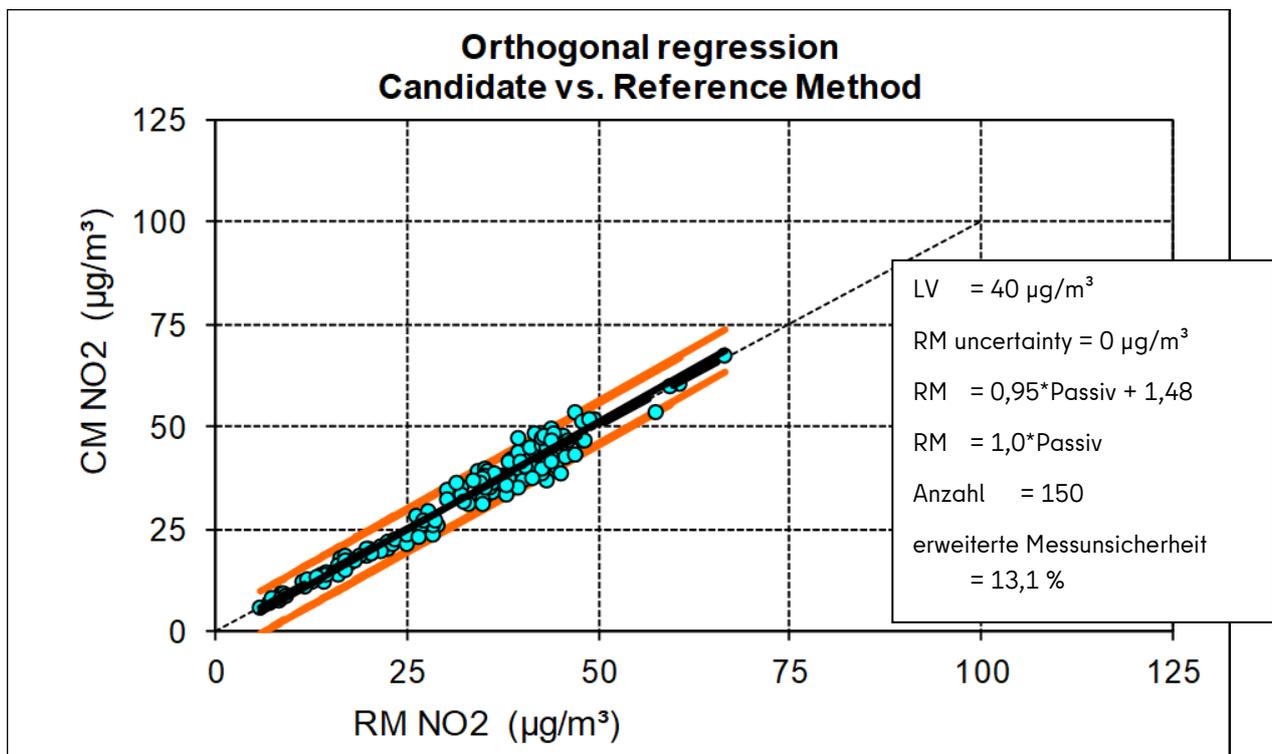


Abbildung 3: Vergleich NO₂ 14-Tagesmittelwerte 2019 PASSAM-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9]

Damit ist die Gleichwertigkeit der PASSAM-Passivsammler mit einer Beprobung von ca. 14 Tagen zu den automatischen Geräten (Referenz) als ortsfeste Messung nachgewiesen.

ANLAGE

Tabelle 1: Kennwerte der 14-Tages-Messungen der BLUME-Passivsammler (CM) im Vergleich zu den Automaten (RM) für die Jahre 2011 bis 2019

Jahr	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*	2018	2019	Jahre 2011 bis 2019 aus 14-Tagesmessungen
	Mittelwert und Anzahl aus EU-Sheet:									
Mittelwerte CM (BLUME-Passiv) in µg/m ³	40,4	40,5	42,1	39,3	40,2	38,2	37,2	35,4	32,7	38,8
Mittelwerte RM (Auto) in µg/m ³	41,4	40,8	39,8	40,1	38,8	38,7	37,4	35,6	33,3	38,7
Differenz RM MW - CM MW in µg/m ³	-1,0	-0,3	2,3	-0,8	1,4	-0,5	-0,2	-0,2	-0,6	0,1
Anzahl Datenpaare	155	161	153	155	156	155	155	153	148	1319 (Summe)
	Regressions-Kennwerte:									
Relative beidseitige Messunsicherheit in % am Grenzwert von 40 µg/m ³ mit einer RM Unsicherheit von 0,0 µg/m ³	22,7	19,7	22,2	17,8	17,5	23,0	21,8	15,8	19,6	20,1
RM = b*CM	1,01	1,00	0,94	1,02	0,96	1,01	1,00	1,00	1,01	1,00
RM = b*CM+a										
Steigung b	0,96	0,96	0,92	1,00	0,95	0,98	1,00	0,96	0,97	0,97
Achsenabschnitt a	2,60	2,00	0,84	0,93	0,62	1,20	0,33	1,65	1,47	1,30
CM=BLUME-Passiv; RM=Auto										
Regressionskoeffizient R ²	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,92	0,91	0,96	0,91	0,94
20 % der Daten RM > o.B? (Soll)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja

* Für das Jahr 2017 erfüllten die Rohdaten die Vorgaben zur Messunsicherheit nicht, so dass sie mit einem Regressionsfaktor korrigiert wurden. Hier angegeben sind die Parameter nach Anwendung dieser Korrektur. In den anderen Jahren war eine solche Korrektur nicht erforderlich.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vergleich der NO ₂ -Jahresmittelwerte von 2005 bis 2019 der BLUME-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9].....	8
Abbildung 2:	Vergleich der NO ₂ -14-Tagesmittelwerte 2019 der BLUME-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9]	8
Abbildung 3:	Vergleich NO ₂ 14-Tagesmittelwerte 2019 PASSAM-Passivsammler (CM) zu den Automaten (RM) [Quelle: RIVM 2012; Ruben Beijk, V2.9]	9

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kennwerte der 14-Tages-Messungen der BLUME-Passivsammler (CM) im Vergleich zu den Automaten (RM) für die Jahre 2011 bis 2019	10
------------	--	----

Referenzen

39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV), https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39/ (Stand 26.02.2021)
- Richtlinie 2008/50/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/LSU/?uri=CELEX:32008L0050> (Stand 26. Mai 2021)
- DIN EN 14211:2012-11: Außenluft - Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz; Deutsche Fassung EN 14211:2012. Beuth-Verlag.
- RIVM 2012: Ruben Beijk, Version 2.9. Excel-Datei zum Nachweis der Äquivalenz eines Kandidatenverfahrens mit einem Referenzverfahren gemäß 39.BImSchV. Erstellt vom RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Dutch Institute for Public Health and the Environment, dep. Centre for Environment Monitoring. Version 2.9 vom März 2012; https://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/RIVM_PM_equivalence_v2.9.xls (Stand 26.02.2021)
- GDE 2010: GUIDE TO THE DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS; Deutscher Titel: „Leitfaden zur Demonstration der Gleichwertigkeit der Methoden zur Überwachung der Umgebungsluft“, Europäische Kommission, Januar 2010 https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/aquila-guide_equivalence.pdf (Stand 26.02.2021)



Öffentlichkeitsarbeit
Am Kölnischen Park 3
10179 Berlin

www.berlin.de/sen/uvk
twitter.com/senuvkberlin
[instagram.com/senuvkberlin](https://www.instagram.com/senuvkberlin)

Berlin, 12/2021