

Ringversuch zur  
Immissionsmessung 2011



Auswertung des Ringversuchs für NO/NO<sub>2</sub> und CO



# **RINGVERSUCH ZUR IMMISSIONSMESSUNG 2011**

Auswertung des Ringversuchs für NO/NO<sub>2</sub> und CO

Marina Fröhlich  
Nicole Klösch  
Andreas Wolf

REPORT  
REP-0504

Wien, 2015

**Projektleitung**

Marina Fröhlich

**Durchführung des Ringversuchs**

Marina Fröhlich

Michael Reisenhofer

Andreas Wolf

**AutorInnen**

Marina Fröhlich

Nicole Klösch

Andreas Wolf

**Lektorat**

Maria Deweis

**Satz/Layout**

Manuela Kaitna

**Umschlagbild**

© Umweltbundesamt

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Eigenvervielfältigung

*Gedruckt auf CO<sub>2</sub>-neutralem 100 % Recyclingpapier*

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2015

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-315-8

# INHALT

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	5
	<b>SUMMARY</b> .....	6
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	7
<b>2</b>	<b>ABLAUF DES RINGVERSUCHS</b> .....	8
<b>3</b>	<b>KONZENTRATIONSVERLAUF</b> .....	12
<b>4</b>	<b>AUSWERTUNG DER DATEN</b> .....	14
<b>4.1</b>	<b>z-score Auswertung</b> .....	14
<b>4.2</b>	<b>E<sub>n</sub>-Nummer Auswertung</b> .....	20
<b>4.3</b>	<b>Bias und Messunsicherheit</b> .....	25
<b>5</b>	<b>BEWERTUNG DER ERGEBNISSE</b> .....	35
<b>6</b>	<b>AUSBLICK</b> .....	41
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	42
	<b>ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE</b> .....	42
	<b>ANHANG B: BERICHTETE WERTE</b> .....	45
	<b>ANHANG C: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH</b> .....	95



## ZUSAMMENFASSUNG

Im Oktober 2011 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor einen Ringversuch für Betreiber von Immissionsmessnetzen. Ringversuche dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Der Ringversuch wurde in der Ringanlage des Umweltbundesamtes durchgeführt. Angeboten wurden die Komponenten Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>) und Kohlenstoffmonoxid (CO). Zusätzlich erfolgte für NO und NO<sub>2</sub> eine Gegenüberstellung von eignungsgeprüften Messgeräten (gemäß ÖNORM EN 14211: 2005 bzw. ÖNORM EN 14626: 2005) und den Vorgängerserien.

Die Ergebnisse aller 10 teilnehmenden Organisationen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Ringversuche der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Der Referenzwert jeder Messung wurde vom Umweltbundesamt ermittelt und gegen den „robusten Mittelwert“ der Ergebnisse der TeilnehmerInnen (gemäß ISO 13528) getestet.

Bewertet wurden die Einhaltung eines allgemeinen (z-score) und eines individuellen (E<sub>n</sub>-Nummer) Schwellenwertes, die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit sowie die Messunsicherheit der Ergebnisse.

Die Ergebnisse für die Komponenten von CO und NO für eignungsgeprüfte Messgeräte sind zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik.

Bei NO (Vorgängerserien) und NO<sub>2</sub> (beide Typen) wurden die Leistungskriterien nicht durchgehend erfüllt, dies gilt auch für die NO/NO<sub>2</sub>-Messergebnisse mit Interferenzen. Bei NO<sub>2</sub> wird sowohl für eignungsgeprüfte Messgeräte als auch für Vorgängerserien jeweils ein Ergebnis als „ungenügend“ bewertet. Es zeigt sich deutlich, dass die eignungsgeprüften NO/NO<sub>2</sub>-Monitore nicht a priori bessere Ergebnisse liefern, einige Messgeräte der Vorgängerserien jedenfalls ausnehmend gute Ergebnisse erbrachten.

Da bei NO<sub>2</sub> nach PM<sub>10</sub> die häufigsten Grenzwertüberschreitungen gemessen werden, müssen der Qualitätssicherung und dem Nachweis der Qualität der Immissionsmessung hohe Priorität zugewiesen werden.

### ***Ringversuch zur Immissionsmessung***

### ***Auswerteverfahren***

### ***Bewertungskriterien***

### ***Ergebnisse des Ringversuchs***

### ***Verbesserungsbedarf bei NO und NO<sub>2</sub>***

## SUMMARY

- interlaboratory comparison** Middle of October 2011 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparison for air quality network operators. The test was undertaken at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NO and NO<sub>2</sub>). For NO and NO<sub>2</sub> additionally to the type approved monitoring devices (according ÖNORM EN 14211:2005 and ÖNORM EN 14625:2005) the preceding series of instruments were tested.
- evaluation of measurement results** The results of all 10 participating organisations were interpreted using the same statistical evaluations as they are foreseen for interlaboratory comparisons of the European Air Quality Reference Laboratories – according the AQUILA document N37 „Protocol for intercomparisons exercises”.
- The reference value of each concentration run was set by the Umweltbundesamt, its robustness evaluated against the participants results (according to ISO 13528).
- criteria for evaluation** The compliance with a common criterion (z-score) and an individual criterion (E<sub>n</sub>- number), repeatability and reproducibility as well as the measurement uncertainty were evaluated.
- results of evaluation** The results for CO and NO for new measurement devices are in all satisfactory and give a representative picture of the state-of-the-art ambient air quality monitoring.
- need of improvement** For NO (predecessor devices) and NO<sub>2</sub> performance criteria were not fulfilled in all cases. NO/NO<sub>2</sub> measurement results with interferences, for both new monitoring devices and predecessor devices need to be improved. This is also valid for the measurements in the presence of interferences. For NO<sub>2</sub>-measurements, for both types of analyzers, one result each had to be rated as „insufficient” (a7 rating). The results show that the type approved NO/NO<sub>2</sub> analysers do not automatically deliver better results than the preceding series, some of the older analysers provided very good results in the tests.
- In ambient air monitoring throughout Europe the highest number of limit values exceedances are reported for NO<sub>2</sub>, only second to PM<sub>10</sub>. Thus high priority has to be set on quality assurance and proficiency of NO<sub>2</sub> monitoring.



# 1 EINLEITUNG

Gemäß der Messkonzept-Verordnung zum Immissionsschutzgesetz-Luft ist das Umweltbundesamt verpflichtet, den Betreibern von Luftmessnetzen in den Bundesländern in regelmäßigen Abständen Ringversuche zum Vergleich ihrer Messsysteme anzubieten.

Ziel eines Ringversuchs ist es, den Nachweis der Kompetenz (proficiency testing – Konformitätsbewertung nach ISO/IEC 17043) zu erbringen und den Erfahrungsaustausch unter den Teilnehmenden zu fördern. Dabei werden für die Auswertung die gleichen Kriterien verwendet wie in den Ringversuchen der europäischen Referenzlaboratorien. Dies ist dadurch gerechtfertigt, dass auch in diesen die Einhaltung der gesetzlichen Datenqualitätsziele überprüft wird. Wenn durch die nationalen Gesetze weitere Zwischenschritte der Luftgütemessungen eingeführt sind – in Österreich erheben z. B. 10 Messnetze Immissionsdaten – so sind die Anforderungen an die Daten, die Messnetze und die Qualitätssicherung ident zu den Anforderungen eines einzigen nationalen Messnetzes.

## ***Ziele eines Ringversuchs***

Vom 17. bis 20. Oktober 2011 wurden die Messsysteme der 10 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in Strebersdorf getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Kohlenstoffmonoxid (CO) und Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>) durchgeführt.

## ***gemessene Luftschadstoffe***

Das Umweltbundesamt hat im Juni 2010 im ERLAP, dem europäischen Referenzlabor für Luftschadstoffe im Joint Research Centre in Ispra, an einem Ringversuch für nationale Referenzlabore erfolgreich teilgenommen. Durch die Teilnahme des Umweltbundesamtes können die Ergebnisse mit denen des ERLAP-Ringversuchs verknüpft werden.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über den Ablauf des Ringversuchs, die teilnehmenden Organisationen und die eingesetzten Messgeräte. Die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse werden in Kapitel 4 und 0 dargestellt und diskutiert.

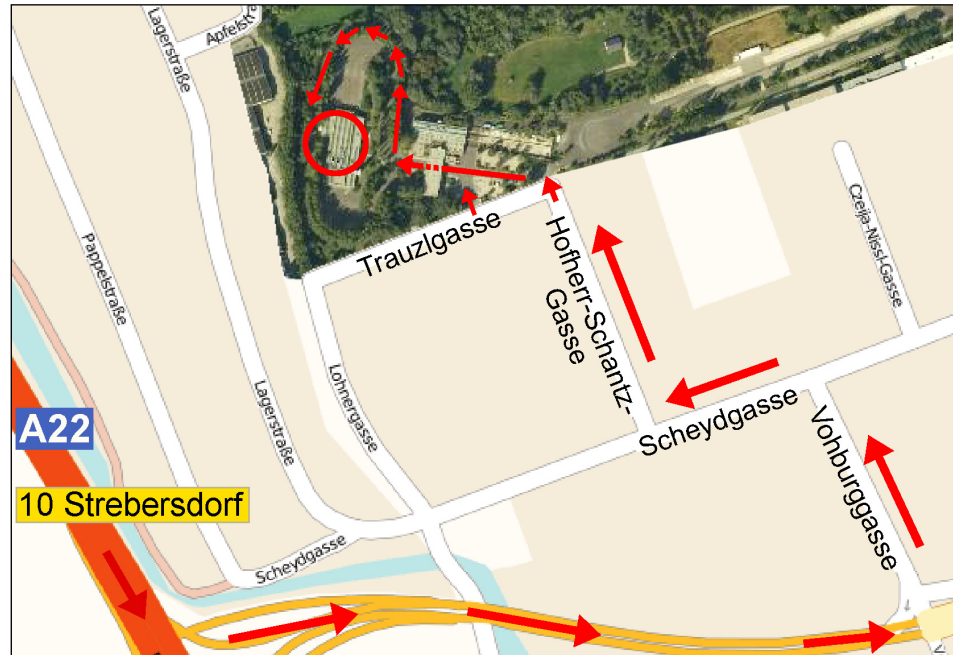
## ***Aufbau des Berichtes***

Die Ergebnisse der Validierung der Referenzwerte des Ringversuchs sind im Anhang A aufgeführt, in den Anhängen B und C werden die berichteten Werte und von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen wiedergegeben.

## 2 ABLAUF DES RINGVERSUCHS

Der Ringversuch 2011 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in der Bundesanstalt für Verkehr, Trauzlgasse 1, 1210 Wien statt.

Abbildung 1:  
Lageplan der  
Bundesanstalt für  
Verkehr und Zufahrt zur  
Ringversuchsanlage.  
© Umweltbundesamt



### TeilnehmerInnen

Am Ringversuch nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Kärnten, Tirol, Salzburg, Steiermark, Oberösterreich, Wien, Burgenland und Niederösterreich, der LfU (Landesagentur für Umwelt Bozen) sowie für das Umweltbundesamt Messnetz teil (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:  
Platznummern und  
Acronyme der am  
Ringversuch  
mitwirkenden  
Organisationen und  
Referenzpunkte des  
Umweltbundesamtes.

Organisationen	Platz Nummer	Acronym in den Auswertungen
Umweltbundesamt Referenzwert 1	1	A
LfU Bozen	2	B
Umweltbundesamt Messnetz	3	C
Amt der Kärntner Landesregierung	4	D
Amt der Tiroler Landesregierung	5	E
Amt der Salzburger Landesregierung	6	F
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	7	G
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	8	H
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	9	I
Amt der Burgenländischen Landesregierung	10	J
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	11	K
Umweltbundesamt Referenzwert 2	12	L

Allen teilnehmenden Messnetzen wurde ein nummerierter Arbeitsplatz an der Ringversuchsanlage zugewiesen (siehe Tabelle 1). Durch das Verteilen von Fragebögen wurden Angaben zu verwendeten Messgeräten und Kalibrierstandards eingeholt. Vor dem Messbeginn jeder Komponente des Ringversuchs hatten die TeilnehmerInnen Gelegenheit, die Messgeräte mit ihren Standards zu kalibrieren. Alle verwendeten ihre eigene unabhängige Datenerfassung, wie sie auch im normalen Messbetrieb eingesetzt wird.

Alle Messnetze setzten für die NO/NO<sub>2</sub>-Messung nach Möglichkeit sowohl ein eignungsgeprüftes als auch ein Messgerät der Vorgängerserie ein. Das LfU Bozen nahm bei den Komponenten NO und NO<sub>2</sub> sowie CO mit zwei Messgeräten teil, diese werden in den Tabellen und Grafiken mit B1 und B2 bezeichnet.

An den Arbeitsplätzen 1 und 12 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut, Platz 1 zur Ermittlung des Referenzwertes, Platz 12 zur Überprüfung der Homogenität und Stabilität der über die Ringversuchsanlage angebotenen Gasmischungen. Die Ergebnisse der Messungen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, abzugeben.

Organisationen	Gerätetyp NO <sub>x</sub>	Gerätetyp CO
Umweltbundesamt Referenzwert 1	API200E	APMA 370
LfU Bozen	APNA360 (B1) APNA370 (B2)	APMA 360 (B1) APMA 370 (B2)
Umweltbundesamt Messnetz	TE42 BlueL.	APMA 360
Amt der Kärntner Landesregierung	TE42i (D1) TE42i (D2)	TE48i
Amt der Tiroler Landesregierung	TE42C (E1) TE42i (E2)	API300E
Amt der Salzburger Landesregierung	API200E (F1) API200A (F2)	APMA360
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	APNA360 (G1) APNA370 (G2)	APMA370
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA370(H1) API200A (H2)	APMA370
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA360 (I1) API200E (I2)	APMA370
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA360 (J1) APNA370 (J2)	APMA360
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA370	APMA360
Umweltbundesamt Referenzwert 2	API200T	APMA370

### **Ablauf und Aufbau des Ringversuchs**

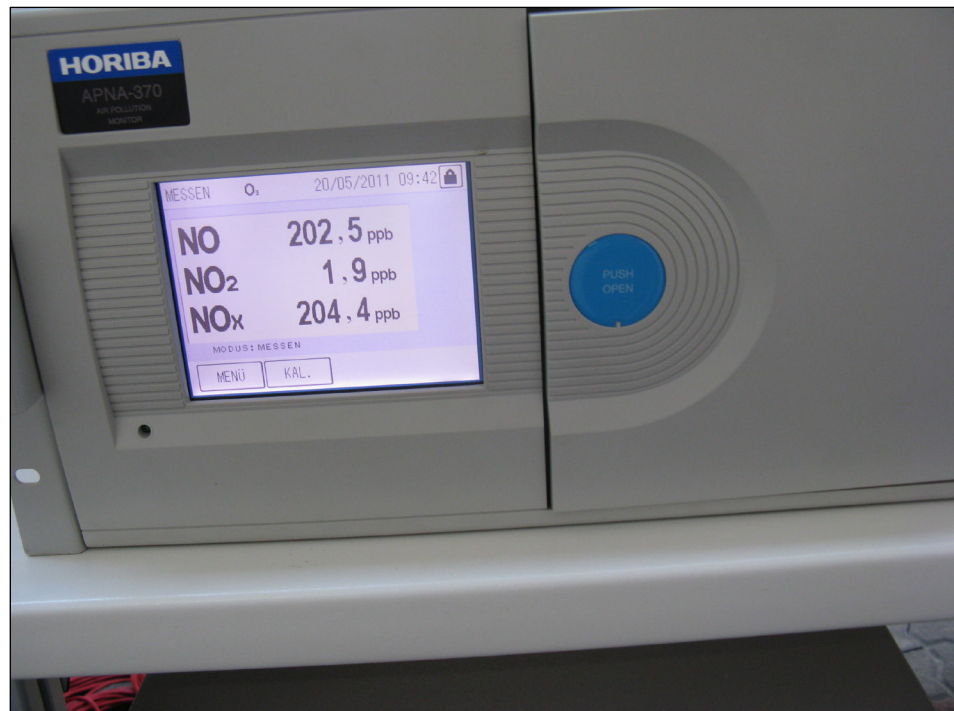
*Tabelle 2:  
Teilnehmende  
Organisationen und  
verwendete Gerätetypen.*

Abbildung 2:  
Arbeitsplätze an der  
Ringanlage, Frontseite.  
(© Umweltbundesamt)



Während des Ringversuchs waren die Messgasleitungen der Messgeräte an die Ringleitung angeschlossen. Die Ringleitung wurde jeweils eine bzw. drei Stunden (je nach Konzentration) mit unterschiedlichen Konzentrationen von NO und NO<sub>2</sub> bzw. CO beschickt. Den detaillierten zeitlichen Ablauf des Ringversuchs gibt Tabelle 3 wieder.

Abbildung 3:  
Gerätetyp HORIBA  
APNA 370.  
(© Umweltbundesamt)







*Abbildung 4:  
Versorgungsstation  
der Gasmischanlage  
mit Prüfgasen und  
Interferenzen.  
(© Umweltbundesamt)*

### 3 KONZENTRATIONSVERLAUF

Der genaue zeitliche Verlauf sowie die Konzentrationsdurchgänge sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Konzentrationsbereich der Luftschadstoffe.

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	Stör-komp.	CO (ppm)
17.10.2011 10:00							
17.10.2011 15:00							
17.10.2011 18:00	CO 0	03:00	Start	0			
17.10.2011 21:00	CO 1	02:00					15
17.10.2011 23:00	CO 2	02:00					8
18.10.2011 01:00	CO 3	02:00					4
18.10.2011 03:00	CO 4	02:00					2
18.10.2011 09:00	CO 5	02:00					1
18.10.2011 11:00			Ende/Kalibrierung	0			
18.10.2011 14:00	NO/NO <sub>2</sub> 0	02:00	Start	0			
18.10.2011 16:00	NO/NO <sub>2</sub> 1	02:00		463			
18.10.2011 18:00	NO/NO <sub>2</sub> 2	02:00		265	204		
18.10.2011 20:00	NO/NO <sub>2</sub> 3	02:00		234			
18.10.2011 22:00	NO/NO <sub>2</sub> 4	02:00		138	100		
19.10.2011 00:00	NO/NO <sub>2</sub> 5	02:00		130			
19.10.2011 02:00	NO/NO <sub>2</sub> 6	02:00		87	45		
19.10.2011 04:00	NO/NO <sub>2</sub> 7	02:00		63			
19.10.2011 06:00	NO/NO <sub>2</sub> 8	02:00		42	21		
19.10.2011 08:00	NO/NO <sub>2</sub> 9	02:00		30			
19.10.2011 10:00	NO/NO <sub>2</sub> 10	02:00		20	11		
19.10.2011 12:00	NO/NO <sub>2</sub> 11	02:00		12			
19.10.2011 14:00	NO/NO <sub>2</sub> 12	02:00		10	6		
19.10.2011 16:00	NO <sub>x</sub> IF 0	01:00	0			A (O <sub>3</sub> )	
19.10.2011 17:00	NO <sub>x</sub> IF 1	02:00		20	96	A (O <sub>3</sub> )	
19.10.2011 19:00	NO <sub>x</sub> IF 2	02:00		1	108	A (O <sub>3</sub> )	
19.10.2011 21:00	NO <sub>x</sub> IF 3	01:00	0			B (NH <sub>3</sub> )	
19.10.2011 22:00	NO <sub>x</sub> IF 4	02:00		229		B (NH <sub>3</sub> )	
20.10.2011 00:00	NO <sub>x</sub> IF 5	02:00		133	97	B (NH <sub>3</sub> )	
20.10.2011 02:00	NO <sub>x</sub> IF 6	01:00	0				
20.10.2011 03:00	NO <sub>x</sub> IF 7	01:00	0			C (H <sub>2</sub> O)	
20.10.2011 04:00	NO <sub>x</sub> IF 8	02:00	X	284		C (H <sub>2</sub> O)	
20.10.2011 06:00	NO <sub>x</sub> IF 9	02:00		166	121	C (H <sub>2</sub> O)	
20.10.2011 08:00		01:00	X				
20.10.2011 09:00			Ende/Kalibrierung	0			
			Schlussbesprechung/ Abbau				

Die Gasmischungen für den Ringversuch wurden durch Verdünnung von konzentrierten Gasen von NO und CO mit Nullluft über thermische Massendurchflussregler (MFC) hergestellt. Mit dieser Methode können die erforderliche Bandbreite der Konzentrationen der Komponenten angeboten und die Stabilität der Gasmischungen über die erforderliche Zeit gewährleistet werden. NO<sub>2</sub> wurde durch Gasphasentitration von NO mit O<sub>3</sub> hergestellt.

***Herstellung der Gasmischungen***

## 4 AUSWERTUNG DER DATEN

Das „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37 über die Organisation und Auswertung von Ringversuchen für nationale Referenzlaboratorien, sieht zwei statistische Kenngrößen vor: das z-score und die E<sub>n</sub>-Nummer, gemäß ISO 13528.

### 4.1 z-score Auswertung

#### Ermittlung des Schwellenwertes

Mit dem z-score (z') wird überprüft, ob die Differenz zwischen einer gemessenen Konzentration und dem Referenzwert (Bias) einen vorgegebenen Schwellenwert nicht überschreitet. Der Schwellenwert wird aus den Qualitätsanforderungen an die Messmethoden, wie sie in den europäischen Normen ÖNORM EN 14211, ÖNORM EN 14212, ÖNORM EN 14625 und ÖNORM EN 14626 beschrieben sind, ermittelt. Die Qualitätsanforderungen der Normen dienen wiederum dazu, die Einhaltung der gesetzlich geforderten Datenqualitätsziele, insbesondere der Messunsicherheit, zu gewährleisten.

#### zulässige Messunsicherheit

Die maximal zulässige erweiterte Messunsicherheit für Kalibriergase für die laufende Qualitätssicherung beträgt lt. den europäischen Normen 5 %, Nullgas darf kein Signal höher als die Nachweisgrenze der jeweiligen Komponente liefern. Daher wird eine zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung (σ<sub>p</sub>) für jede Komponente durch lineare Interpolation berechnet. Die Interpolation erfolgt durch die maximal zulässige Abweichung von 2,5 % am Kalibrierpunkt (75 % des Zertifizierungsbereiches) und eine Abweichung in Höhe der Nachweisgrenze am Nullpunkt.

Tabelle 4:  
Berechnung der zulässigen Standardabweichung für die Konformitätsbewertung.

Gas	σ <sub>p</sub> = a · c + b	
	a	b (nmol/mol)
SO <sub>2</sub>	0,022	1
CO	0,024	100
O <sub>3</sub>	0,02	1
NO	0,024	1
NO <sub>2</sub>	0,02	1

#### Berechnung des z-score

Das z-score wird nach ISO 13528 folgendermaßen berechnet:

$$z' = \frac{x_i - X}{\sqrt{\sigma_p^2 + u_x^2}} = \frac{x_i - X}{\sqrt{(a \cdot X + b)^2 + u_x^2}} \quad \text{Formel 1}$$

- x<sub>i</sub>* Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden i bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente
  - X* Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente
  - x<sub>i</sub> - X* Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)
  - σ<sub>p</sub>* zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung
  - u<sub>x</sub>* Messunsicherheit des Referenzwertes
  - a* Steigung der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt
  - b* Achsenschnitt der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt
- Ist  $|z'| < 2$ , so wird das Ergebnis als „zufriedenstellend“, für  $2 \leq |z'| < 3$  als „fraglich“ und für  $|z'| \geq 3$  als „ungenügend“ bewertet.



In den folgenden Abbildungen wird das ermittelte z-score für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt. Die Messungen der Komponenten unter Anwesenheit von Interferenzen dienen der Charakterisierung der Messgeräte; sie sind nicht Teil des Kompetenznachweises im engeren Sinn. Es ist erkennbar, dass bei CO das z-score für alle TeilnehmerInnen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2 lag und damit als „zufriedenstellend“ bewertet wurde. Die Ergebnisse des z-scores der eignungsgeprüften Messgeräte für NO erhalten alle die Bewertung „zufriedenstellend“ und erzielen ein minimal besseres Bewertungsergebnis als die Vorgängerserien (bei diesen wurde ein Messergebnis mit „fraglich“ beurteilt).

**z-score  
Ergebnisse**

Da bei den Vorgängerserien ein (sehr altes) NO/NO<sub>2</sub>-Messgerät die Vorgaben überschreitet, schneiden die eignungsgeprüften Messgeräte in Summe besser ab. Wird bei den Vorgängerserien dieses eine Messgerät jedoch nicht berücksichtigt, liefern sie die stabileren Messergebnisse im Test.

Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit Interferenzen lieferten sowohl für die eignungsgeprüften Messgeräte als auch für die Vorgängerserien teilweise „ungenügende“ Ergebnisse. Diese Messgeräte waren nicht mit einem Ammoniak-Scrubber ausgerüstet und haben daher die Testläufe mit Ammoniak als Interferenz nicht bestanden.

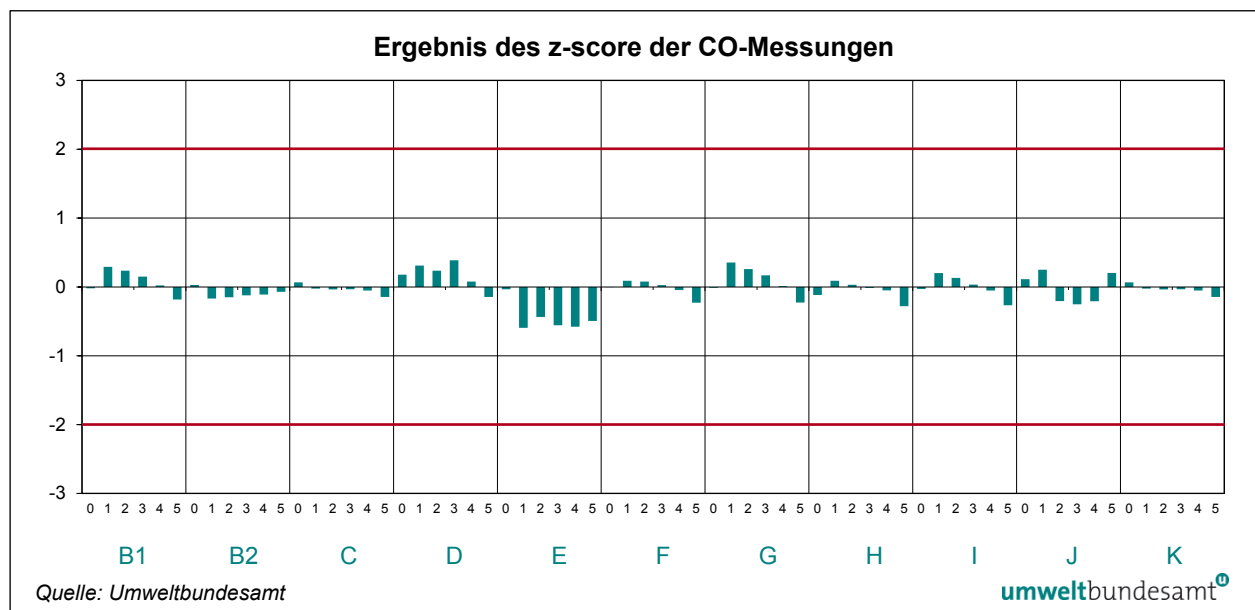


Abbildung 5: Ergebnis des z-score der CO-Messungen.

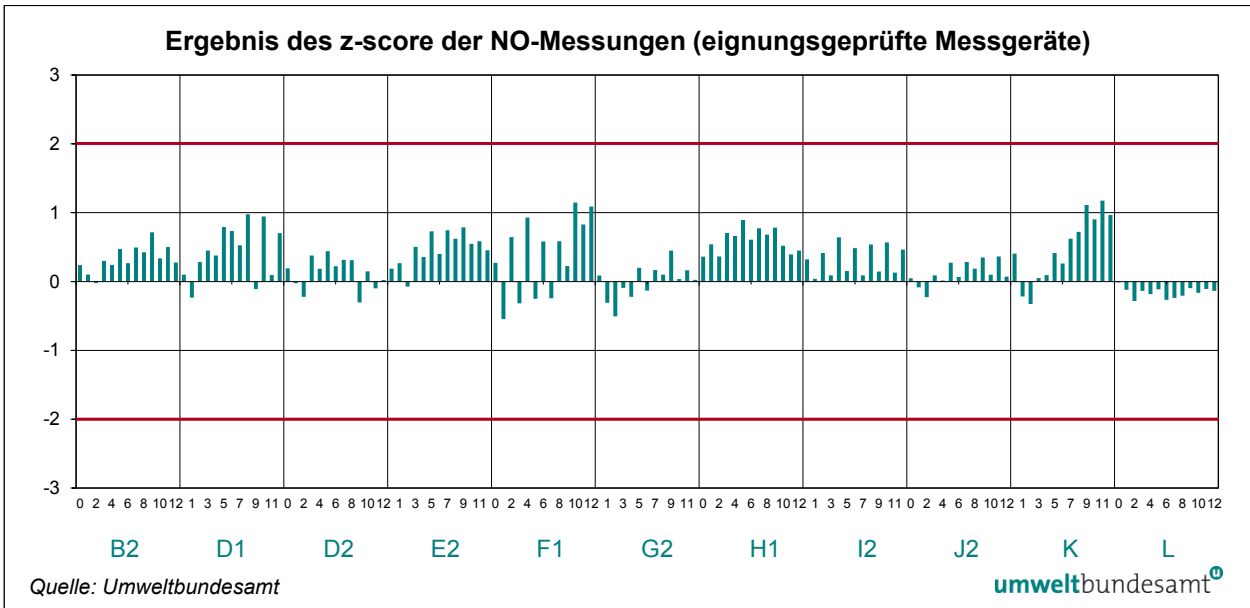


Abbildung 6: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

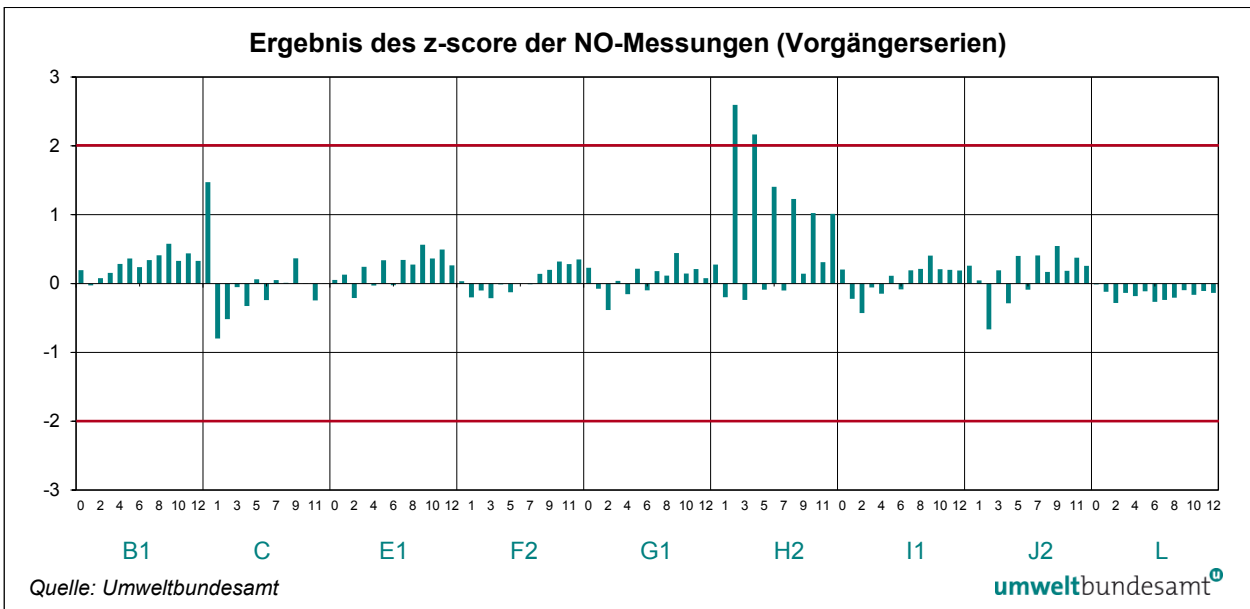


Abbildung 7: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Vorgängerserien).

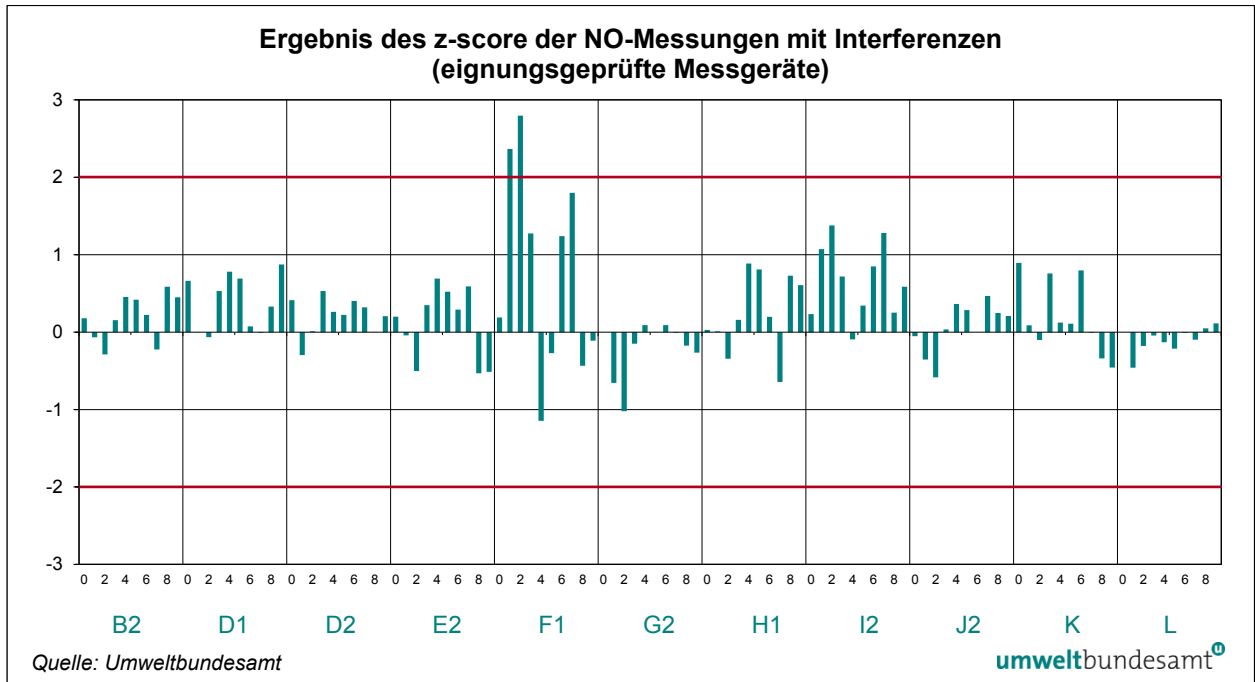


Abbildung 8: Ergebnis des z-score der NO-Messungen mit Interferenzen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

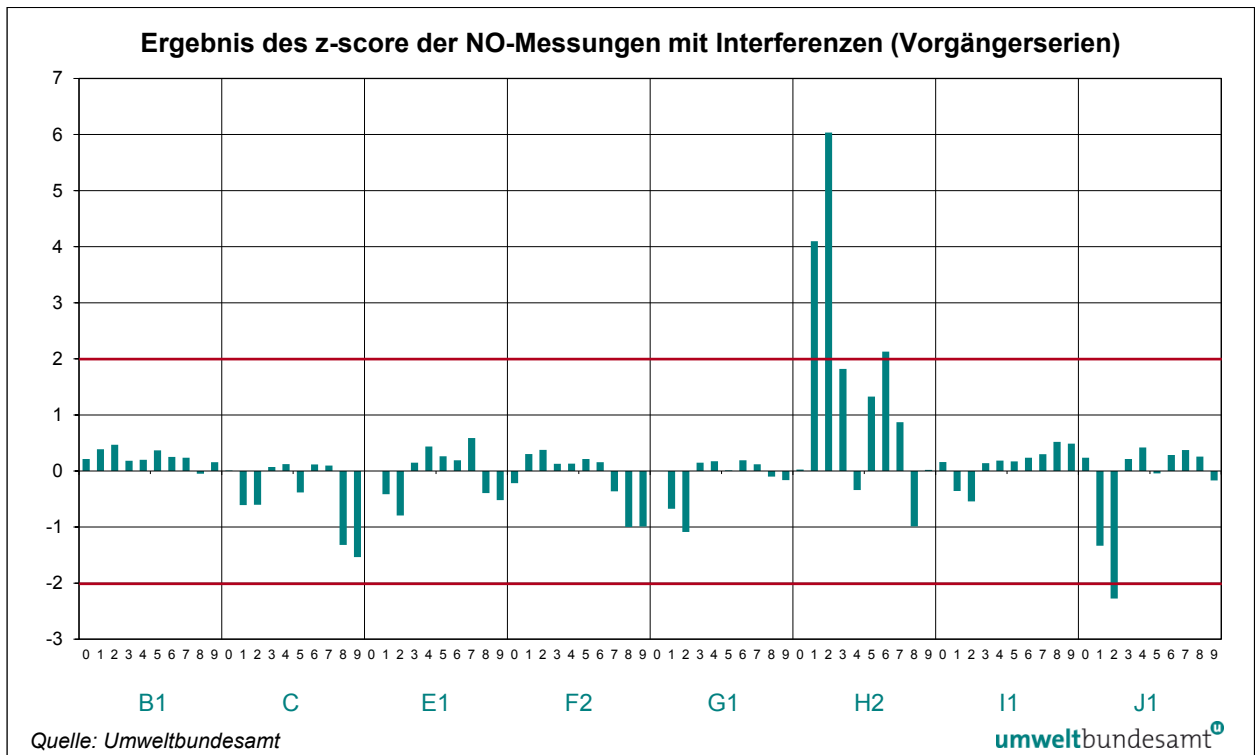


Abbildung 9: Ergebnis des z-score der NO-Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien).

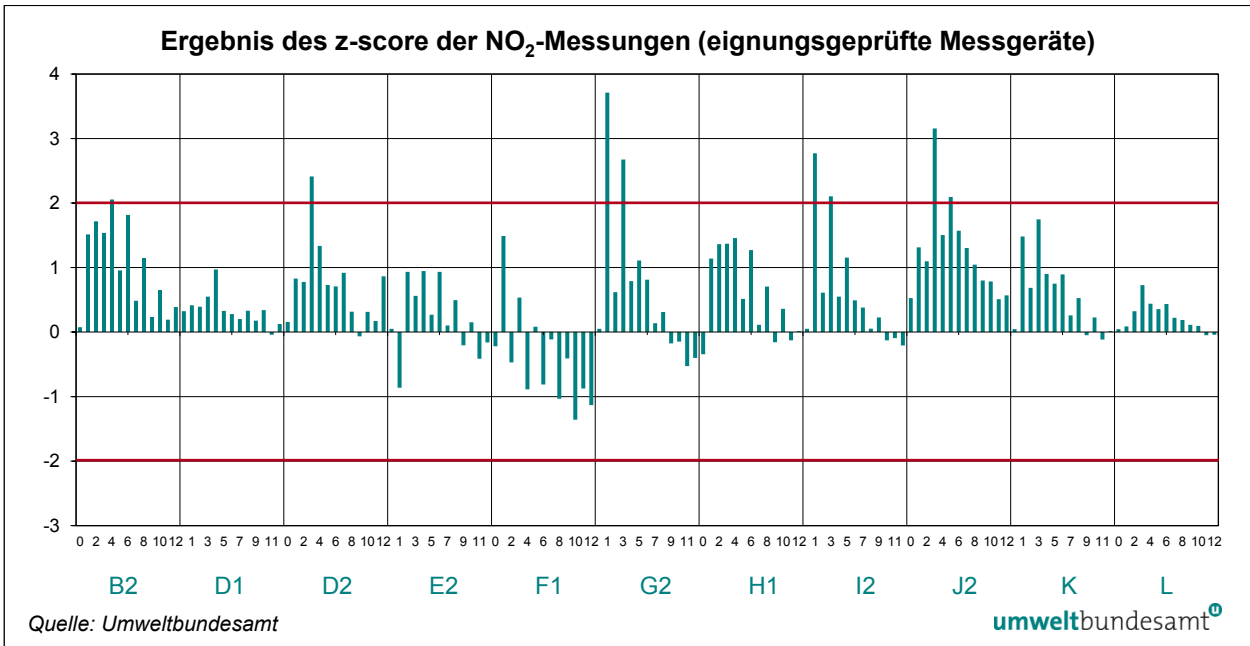


Abbildung 10: Ergebnis des z-score der NO<sub>2</sub>-Messungen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

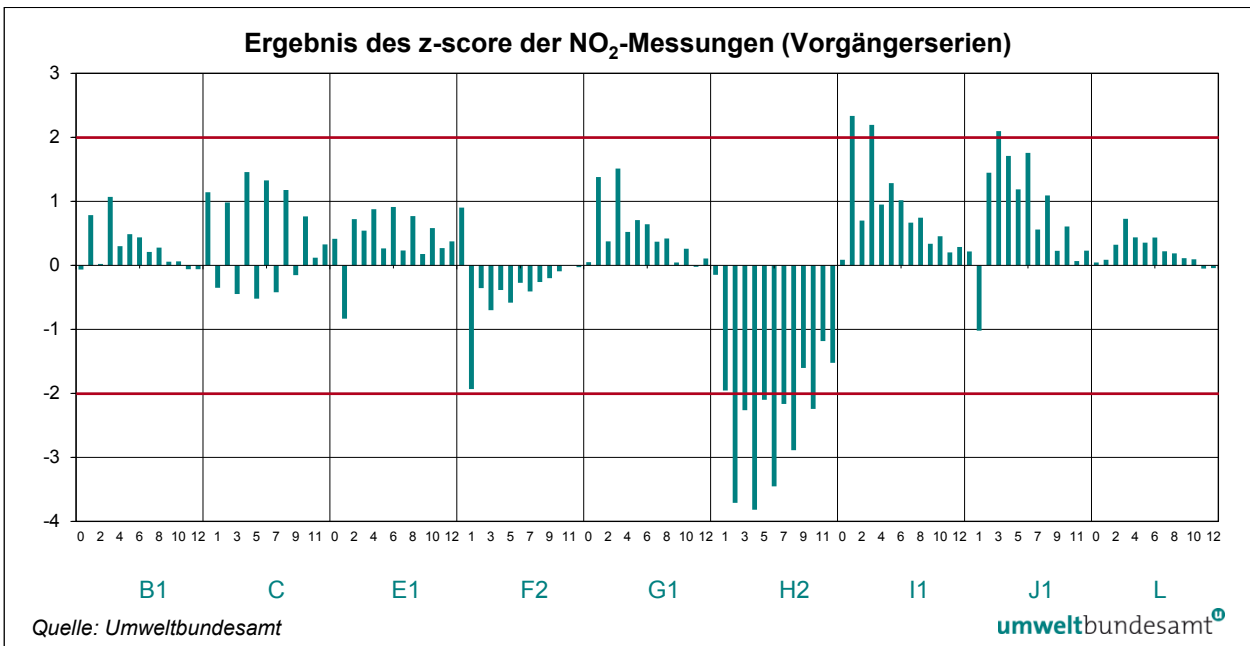


Abbildung 11: Ergebnis des z-score der NO<sub>2</sub>-Messungen (Vorgängerserien).

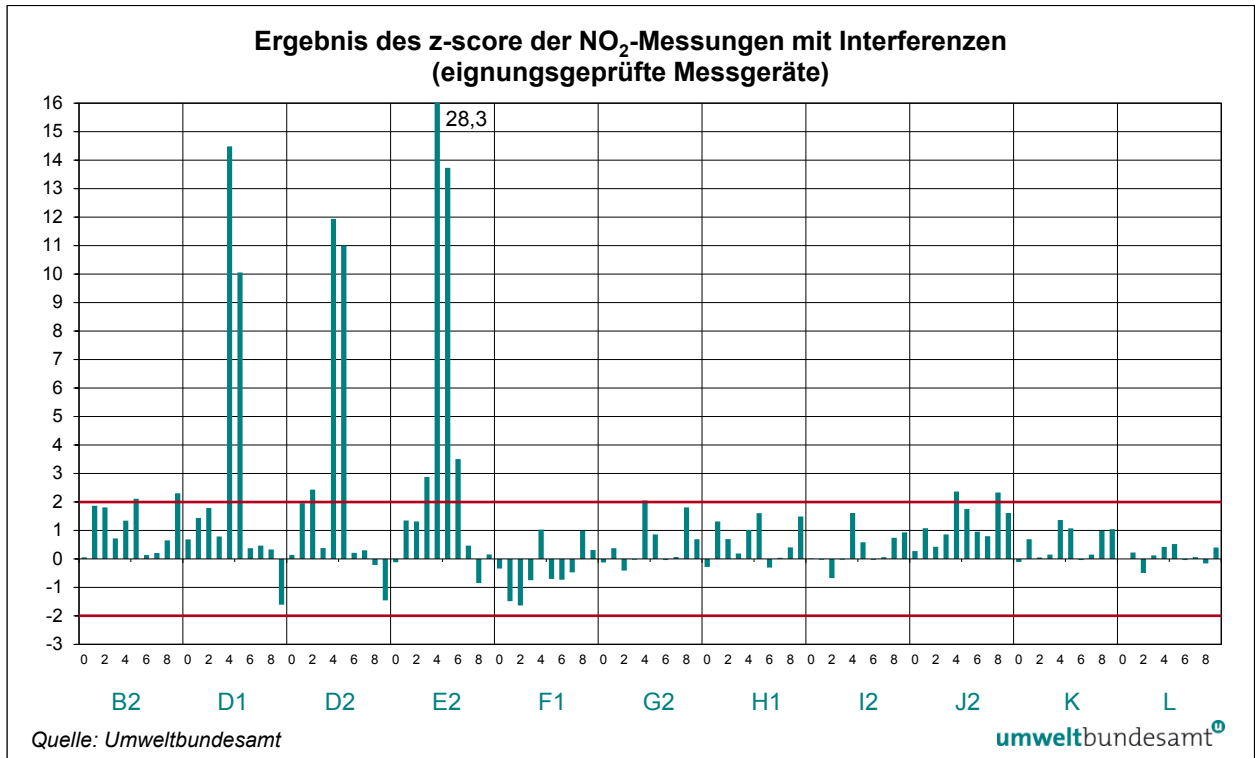


Abbildung 12: Ergebnis des z-score der NO<sub>2</sub>-Messungen mit Interferenzen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

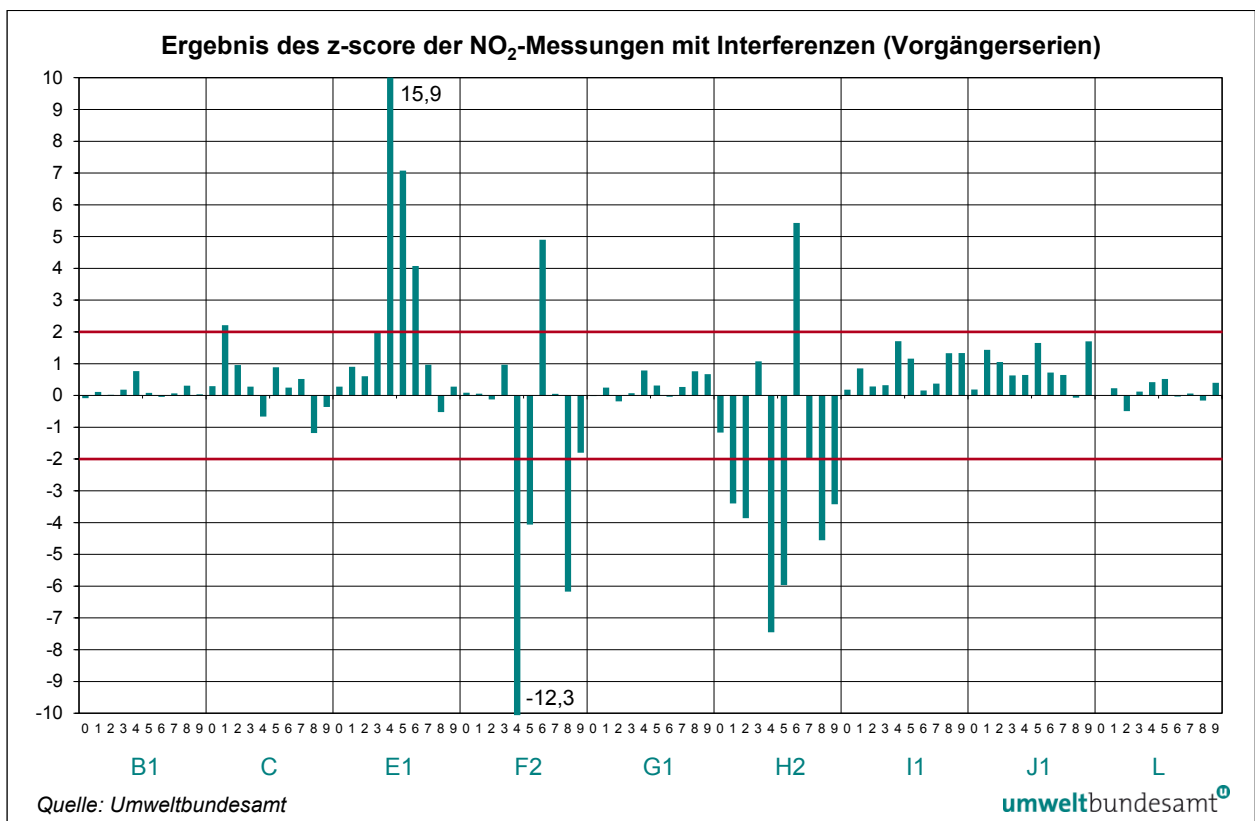


Abbildung 13: Ergebnis des z-score der NO<sub>2</sub>-Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien).

## 4.2 E<sub>n</sub>-Nummer Auswertung

### Ermittlung des Schwellenwertes

Die zweite statistische Kenngröße ist die E<sub>n</sub>-Nummer. Diese prüft, ob die Differenz zwischen der gemessenen Konzentration und dem Referenzwert (Bias) einen für jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin individuellen Schwellenwert überschreitet. Dabei werden die erweiterten Messunsicherheiten der gemessenen Konzentration und die erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes zur Normalisierung des Bias verwendet. Wird die Messunsicherheit der Messwerte U<sub>i</sub> unterschätzt, so kommt es zur Überschreitung des E<sub>n</sub>-Kriteriums.

### Berechnung der E<sub>n</sub>-Nummer

$$E_n = \frac{x_i - X}{\sqrt{U_{x_i}^2 + U_x^2}} \quad \text{Formel 2}$$

*x<sub>i</sub>* Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden *i* bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente

*X* Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente

*x<sub>i</sub> - X* Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)

*U<sub>x</sub>* Erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes

*U<sub>x<sub>i</sub></sub>* Erweiterte Messunsicherheit des Mittelwertes *x<sub>i</sub>*

### erweiterte Messunsicherheiten

Da die erweiterten Messunsicherheiten zur Normalisierung herangezogen werden, gilt für zufriedenstellende Resultate:

$$|E_n| \leq 1$$

In den folgenden Abbildungen wird die ermittelte E<sub>n</sub>-Nummer für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt.

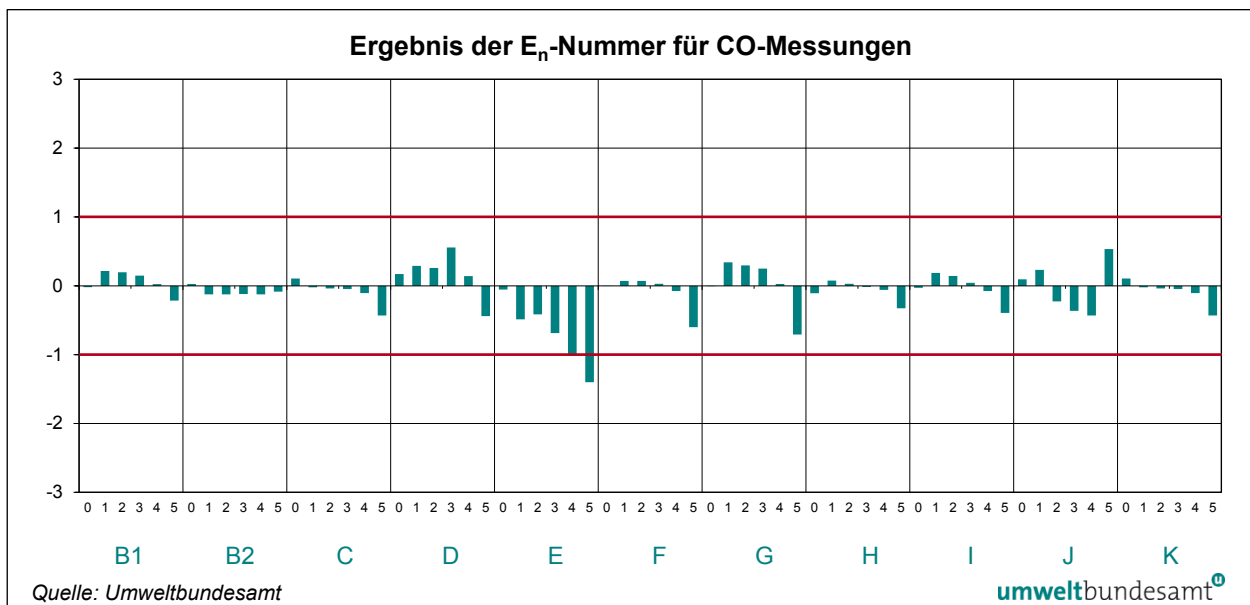


Abbildung 14: Ergebnis der E<sub>n</sub>-Nummer für CO-Messungen.

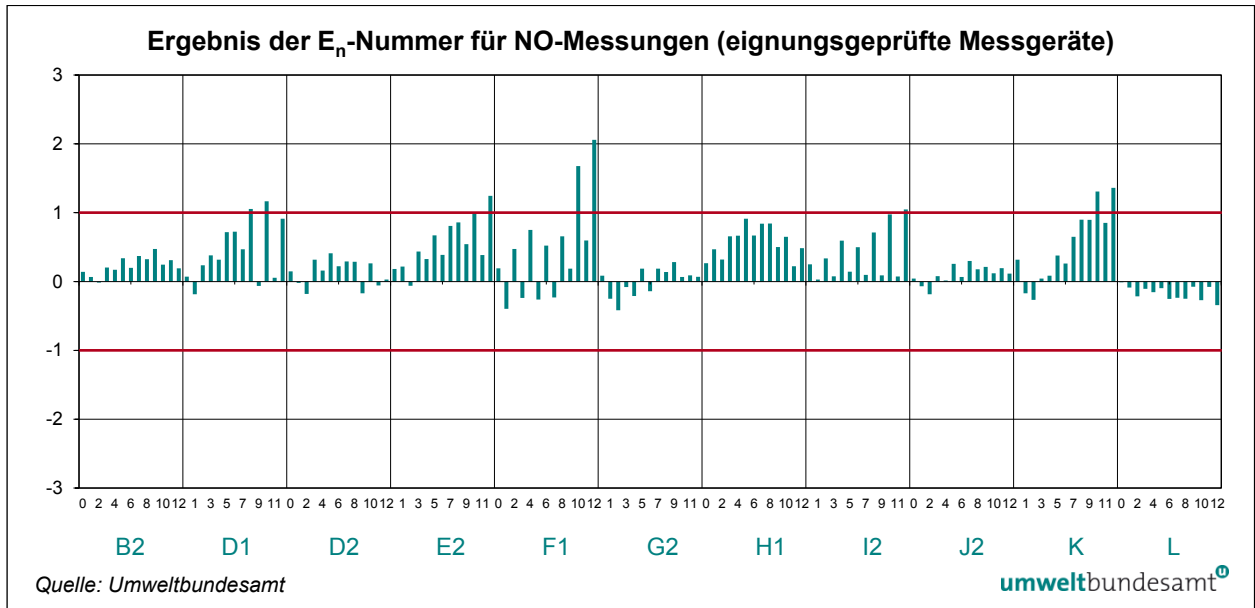


Abbildung 15: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

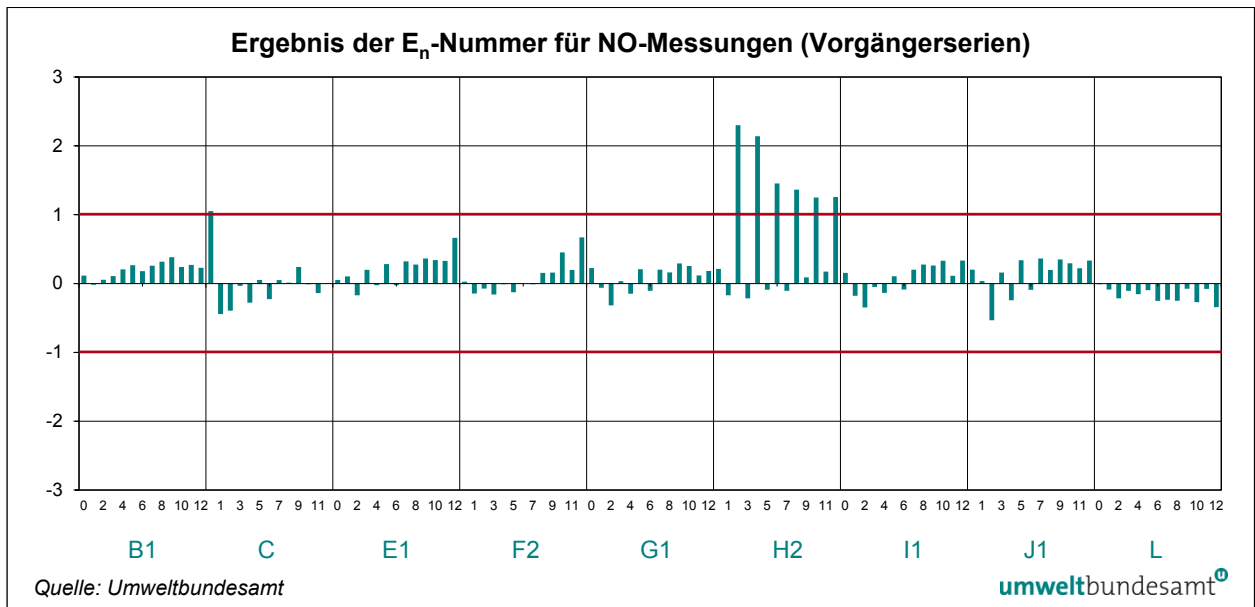


Abbildung 16: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen (Vorgängerserien).

Bei CO wird das  $E_n$ -Kriterium nur bei einer Konzentration unter 1 ppm nicht eingehalten. Bei NO für eignungsgeprüfte Messgeräte wurde bei fünf Teilnehmenden Überschreitungen des  $E_n$ -Kriteriums verzeichnet, bei der Vorgängerserie verfehlte ein Teilnehmer das Kriterium beinahe über den gesamten Bereich. Während bei NO-Messungen mit Interferenzen bei den Vorgängerserien sowohl Unter- als auch Überschätzungen des  $E_n$ -Kriteriums auftraten, kam es bei den eignungsgeprüften Messgeräten nur zu Überschätzungen (siehe Abbildung 17 und Abbildung 18).

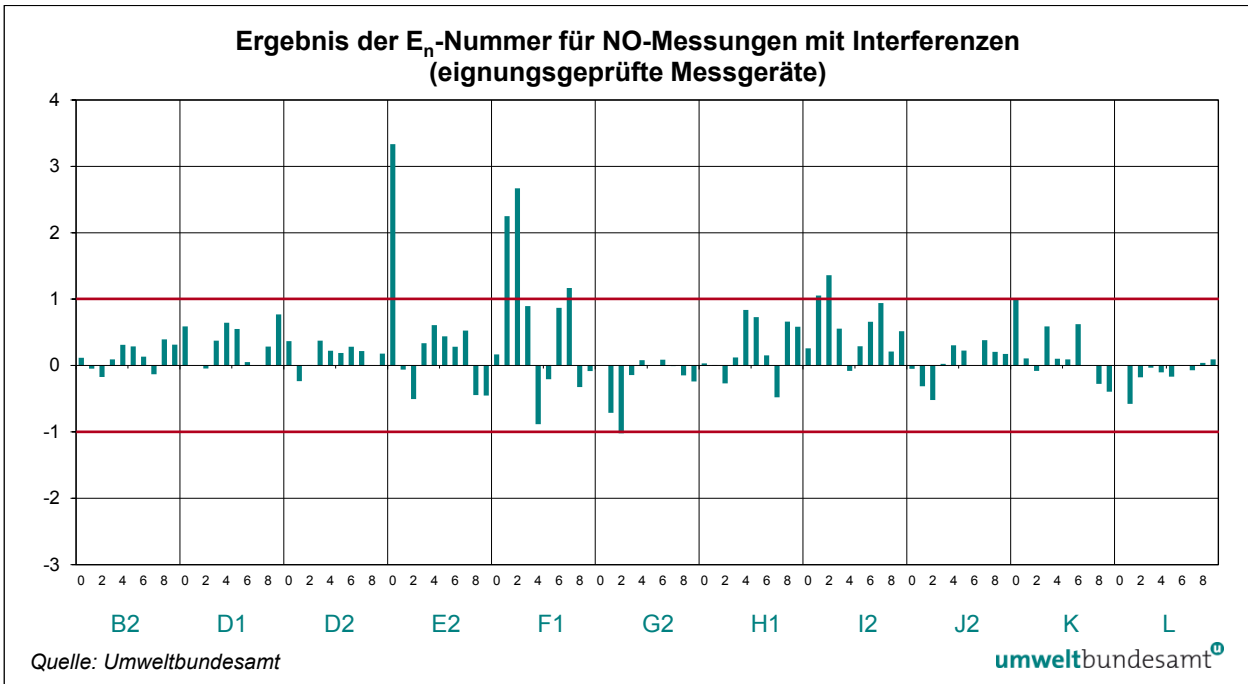


Abbildung 17: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen mit Interferenzen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

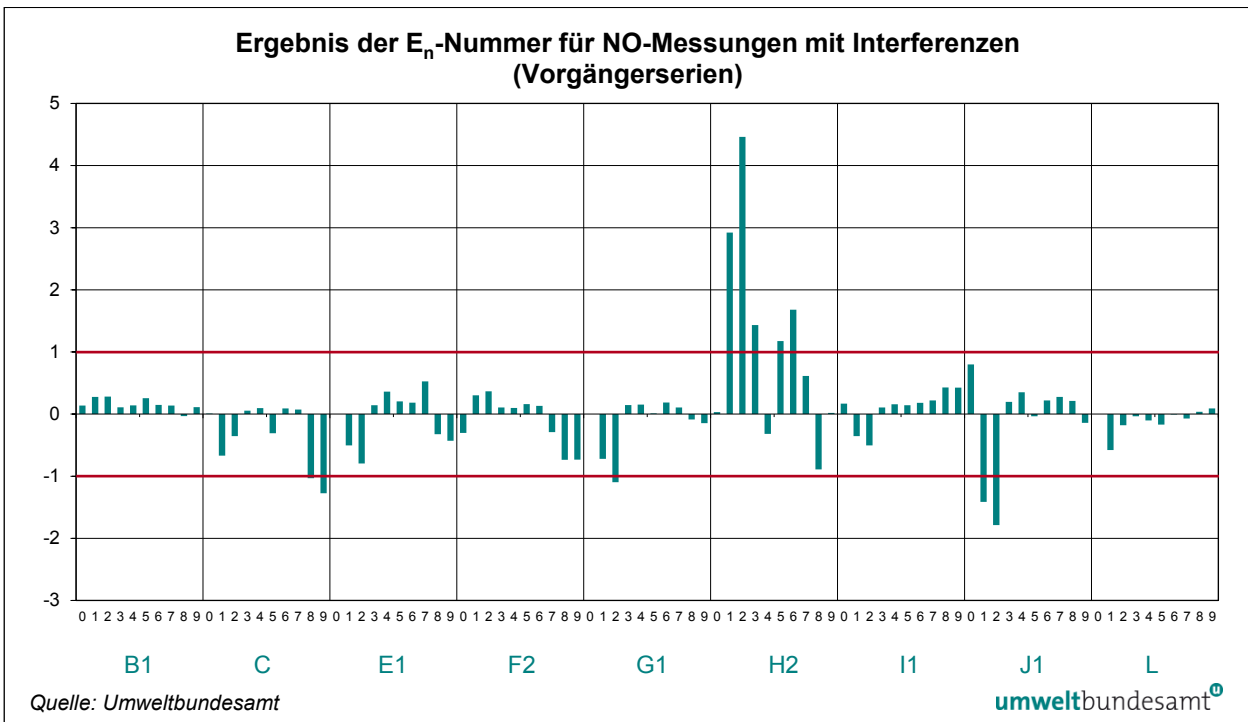


Abbildung 18: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien).



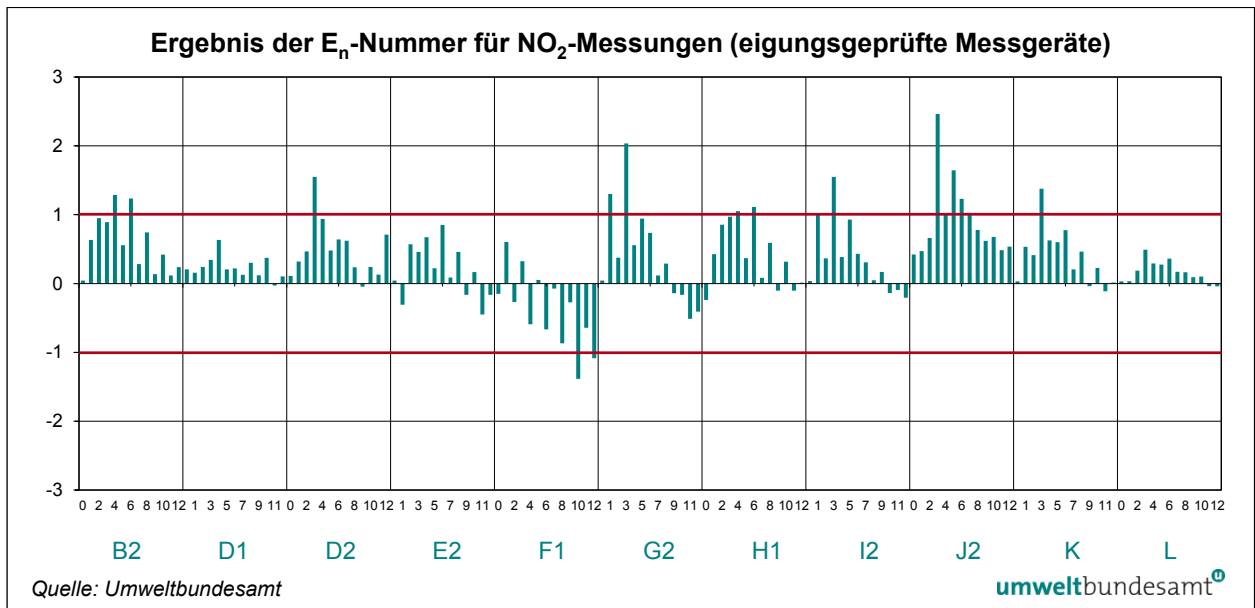


Abbildung 19: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen (eigungsgeprüfte Messgeräte).

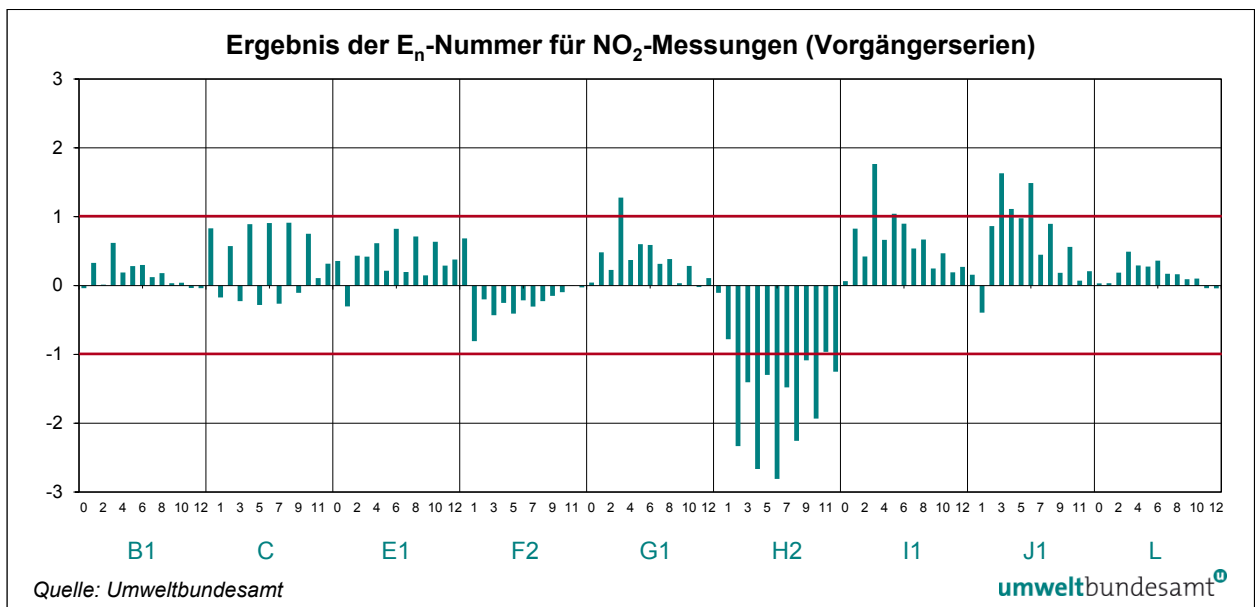


Abbildung 20: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen (Vorgängerserien).

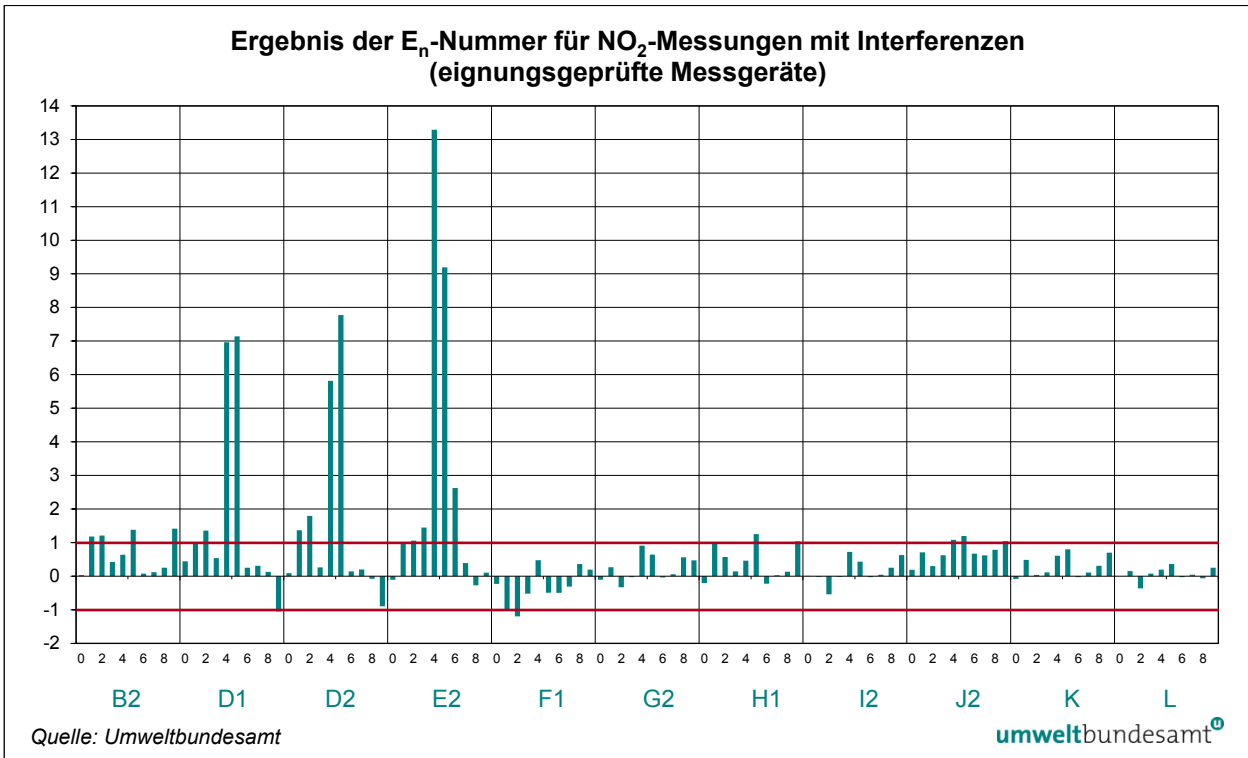


Abbildung 21: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen mit Interferenzen (eignungsgeprüfte Messgeräte).

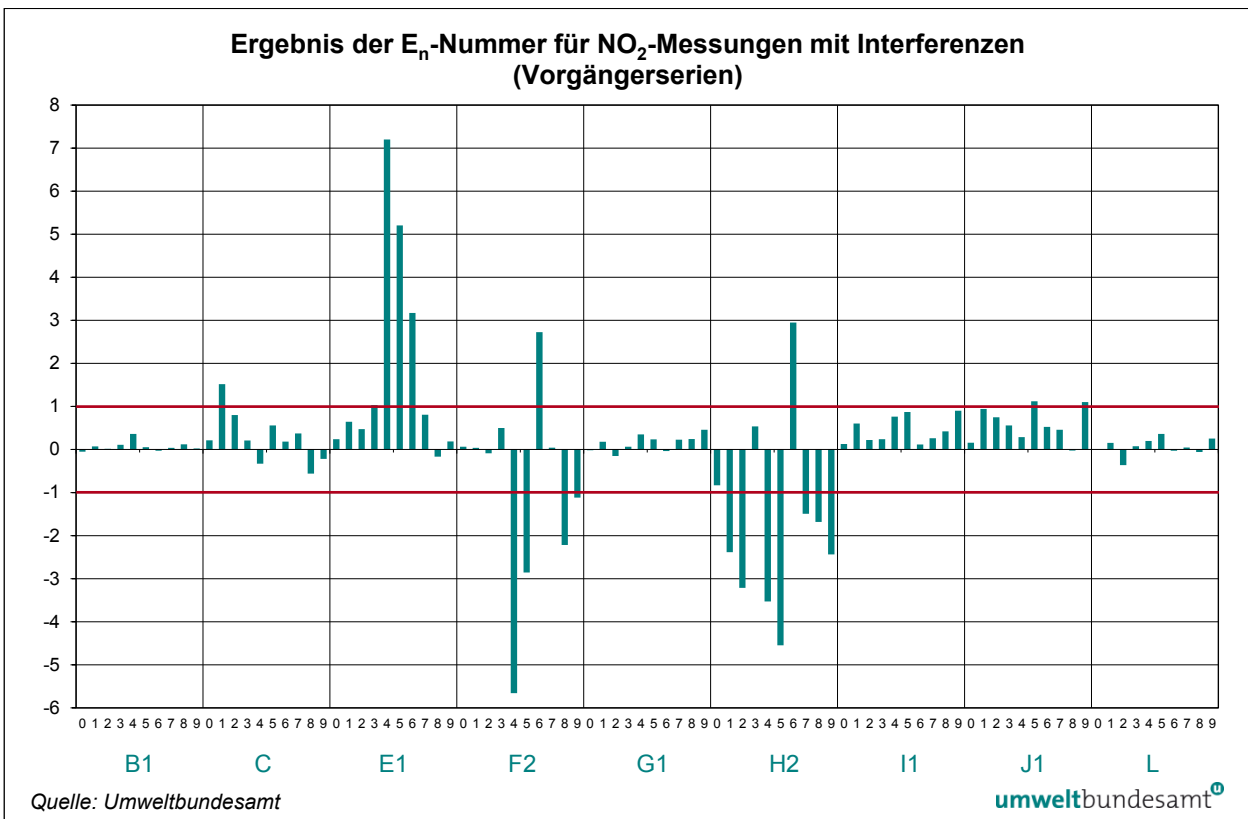


Abbildung 22: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien).

Bei NO<sub>2</sub> schneiden die Vorgängerserien in der Auswertung der E<sub>n</sub>-Nummer besser ab als die eignungsgeprüften Messgeräte.

Bei NO<sub>2</sub> mit Interferenzen stechen die Messgeräte ohne Ammoniak-Scrubber deutlicher heraus (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22).

### 4.3 Bias und Messunsicherheit

Werden die Abweichung vom Referenzwert (Bias) mit der erweiterten kombinierten Messunsicherheit von TeilnehmerIn und Referenzwert (siehe Formel 2) als Fehlerindikatoren aufgetragen, so muss jeder Fehlerindikator die x-Achse einschließen oder zumindest berühren. Weicht das Messergebnis nicht vom Referenzwert ab, so kommt es auf der x-Achse zu liegen.

Da die Messunsicherheit des Referenzwertes für alle TeilnehmerInnen gleich ist, reflektiert die unterschiedliche Größe der Fehlerindikatoren die geschätzte Messunsicherheit der Ergebnisse.

***Fehlerindikatoren zur Darstellung der Messunsicherheit***

Die Auswirkung von Über- und Unterschätzungen wird in dieser Darstellung offensichtlich: Bei Überschätzung kommt es zu unrealistisch großen Bereichen, in denen das Ergebnis liegen kann, bei Unterschätzung überschneiden die Fehlerindikatoren die x-Achse nicht, der „wahre Wert“ wird verfehlt.

Bei CO (siehe Abbildung 23) wird einmal bei geringer Konzentration keine Übereinstimmung mit dem Referenzwert erzielt.

***Ergebnisse der Auswertungen***

Abbildung 24 bis Abbildung 26 zeigen, dass die Bestimmung von NO und NO<sub>2</sub> zu den schwierigeren Aufgaben der Immissionsmessung gehört. Bei NO kommt es zu einigen Unterschätzungen der Messunsicherheit und folglich zu keiner Übereinstimmung mit dem Referenzwert. Die Vorgängerserien liefern mit Ausnahme eines Messgerätes die besseren Ergebnisse. Die Leistung bei der Messung von NO in Anwesenheit von Interferenzen ist für beiden Messgerätetypen vergleichbar.

Bei NO<sub>2</sub> wird die Messunsicherheit eher unterschätzt und daher keine Übereinstimmung mit dem Referenzwert erzielt, aber auch hier schneiden die Vorgängerserien besser ab als die eignungsgeprüften Messgeräte.

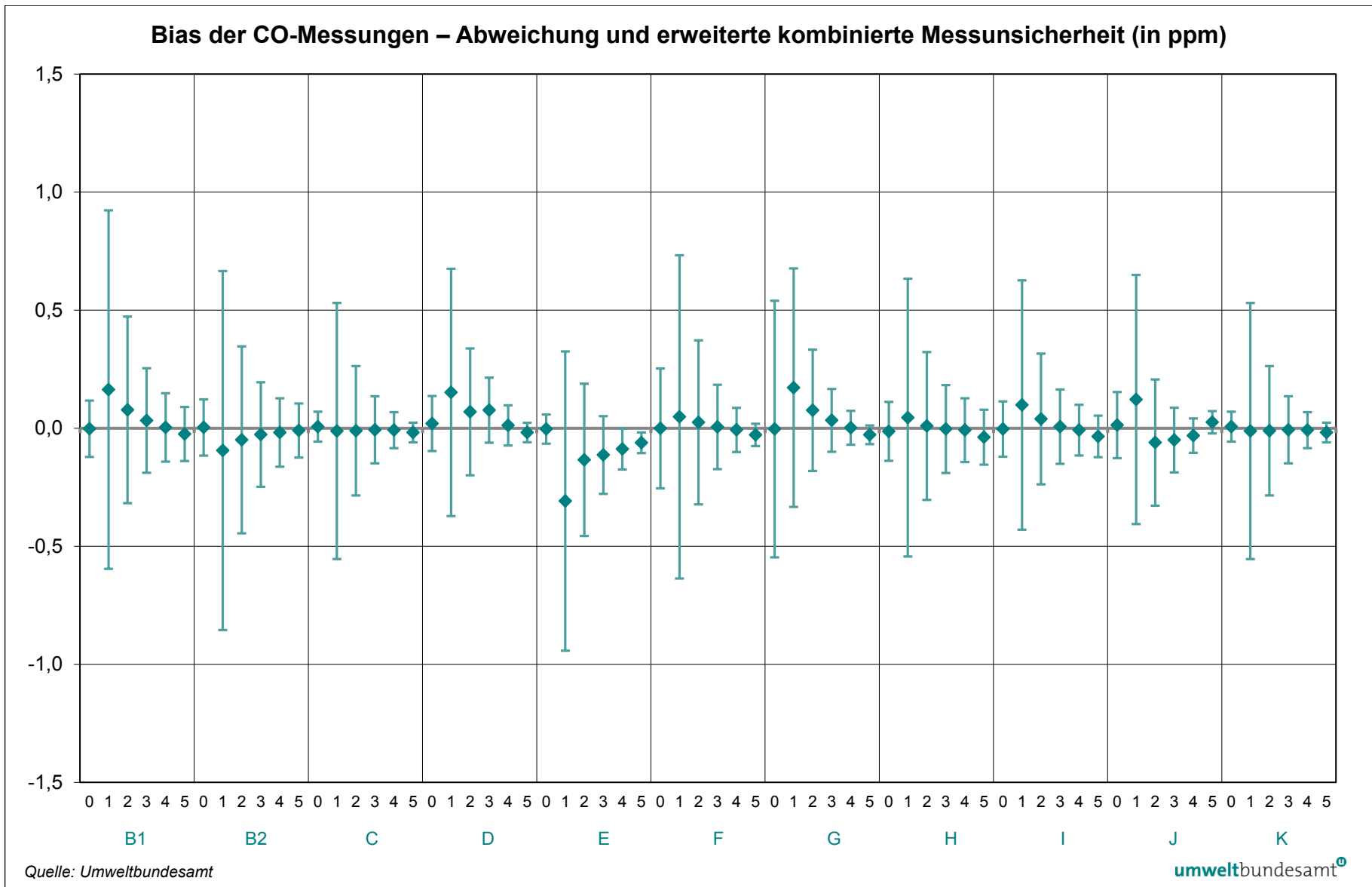


Abbildung 23: Bias der CO-Messungen – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppm).

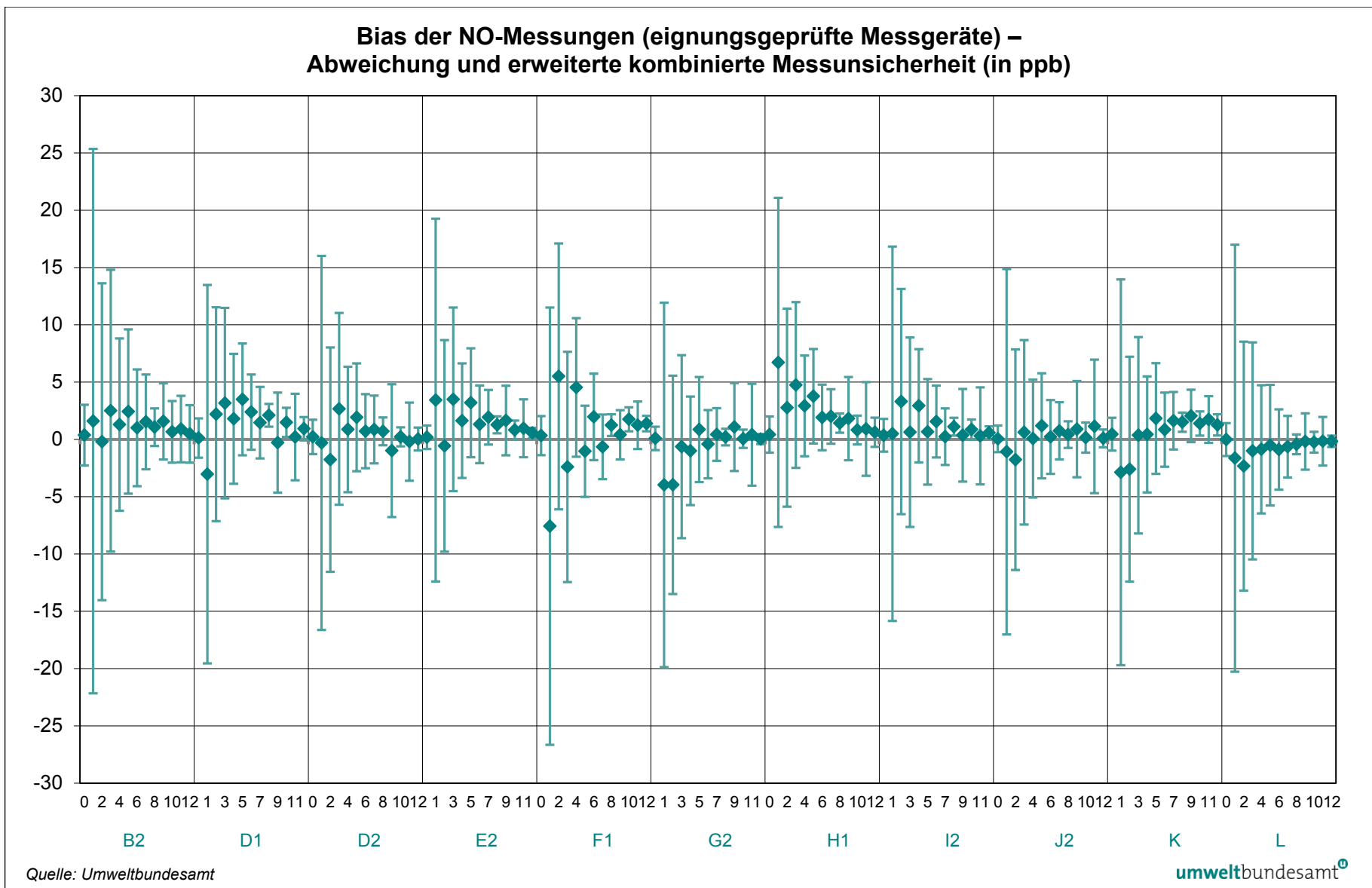


Abbildung 24: Bias der NO-Messungen (eignungsgeprüfte Messgeräte) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

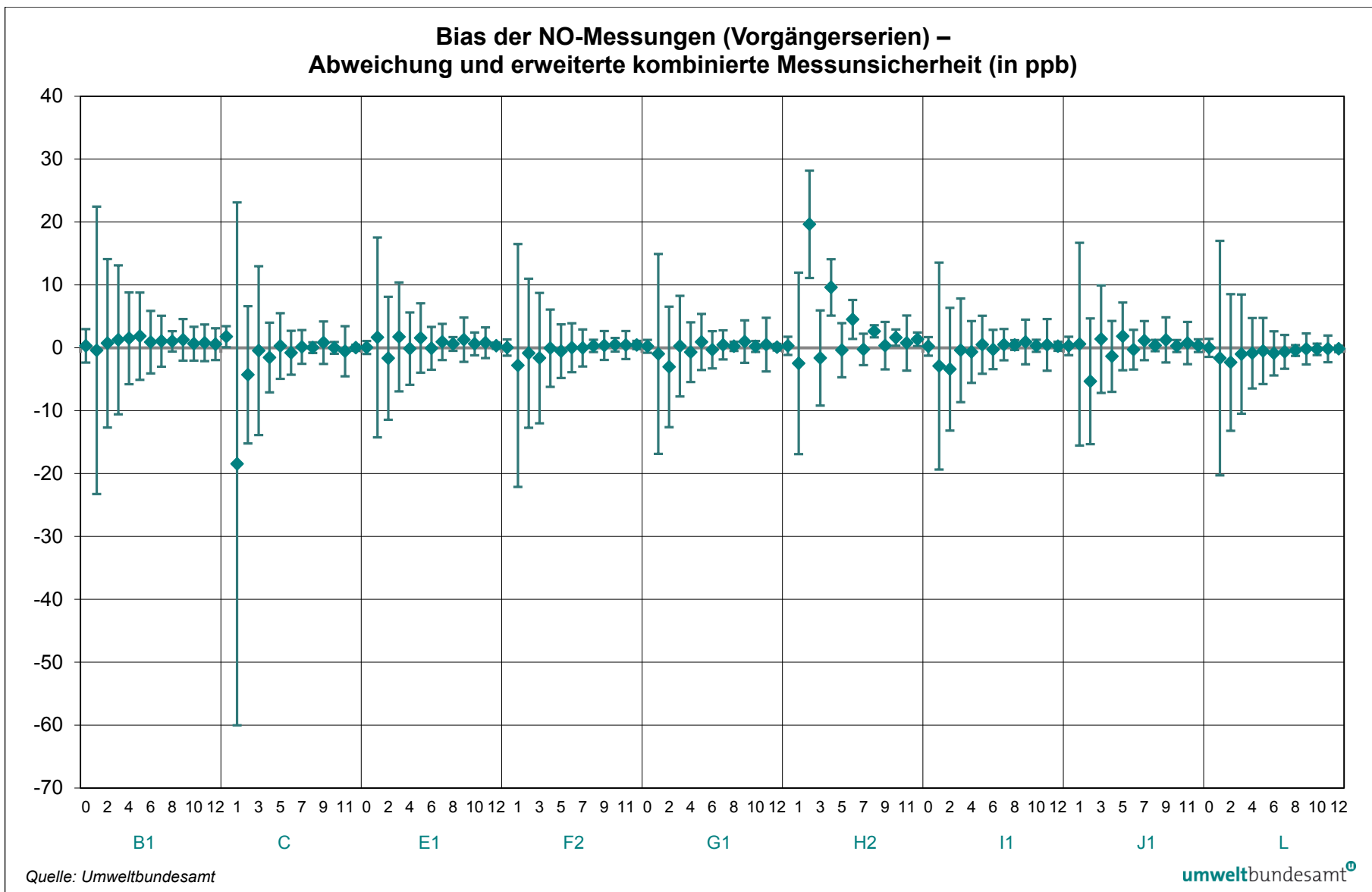


Abbildung 25: Bias der NO-Messungen (Vorgängerserien) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

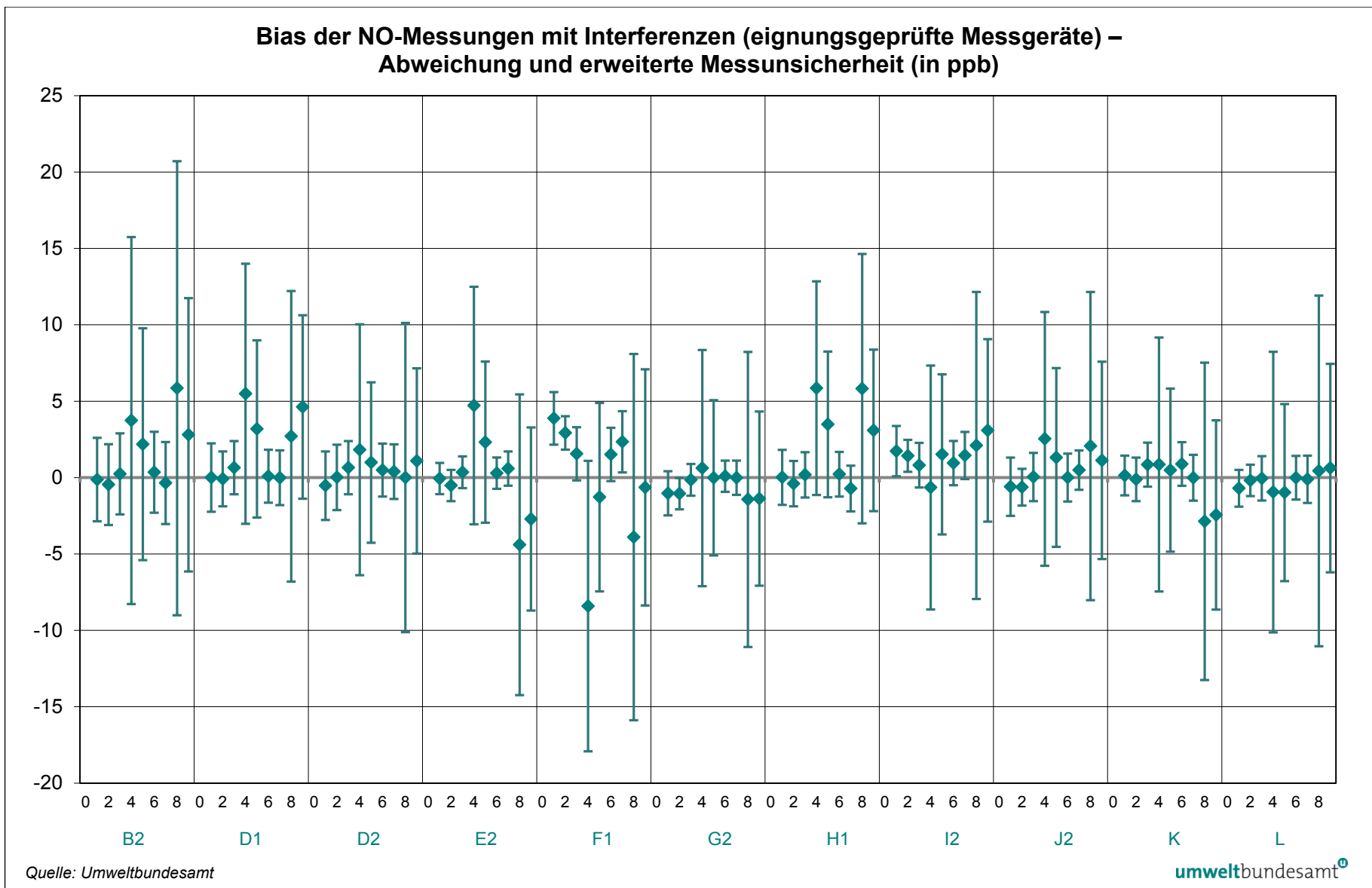


Abbildung 26: Bias der NO-Messungen mit Interferenzen (eignungsgeprüfte Messgeräte) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

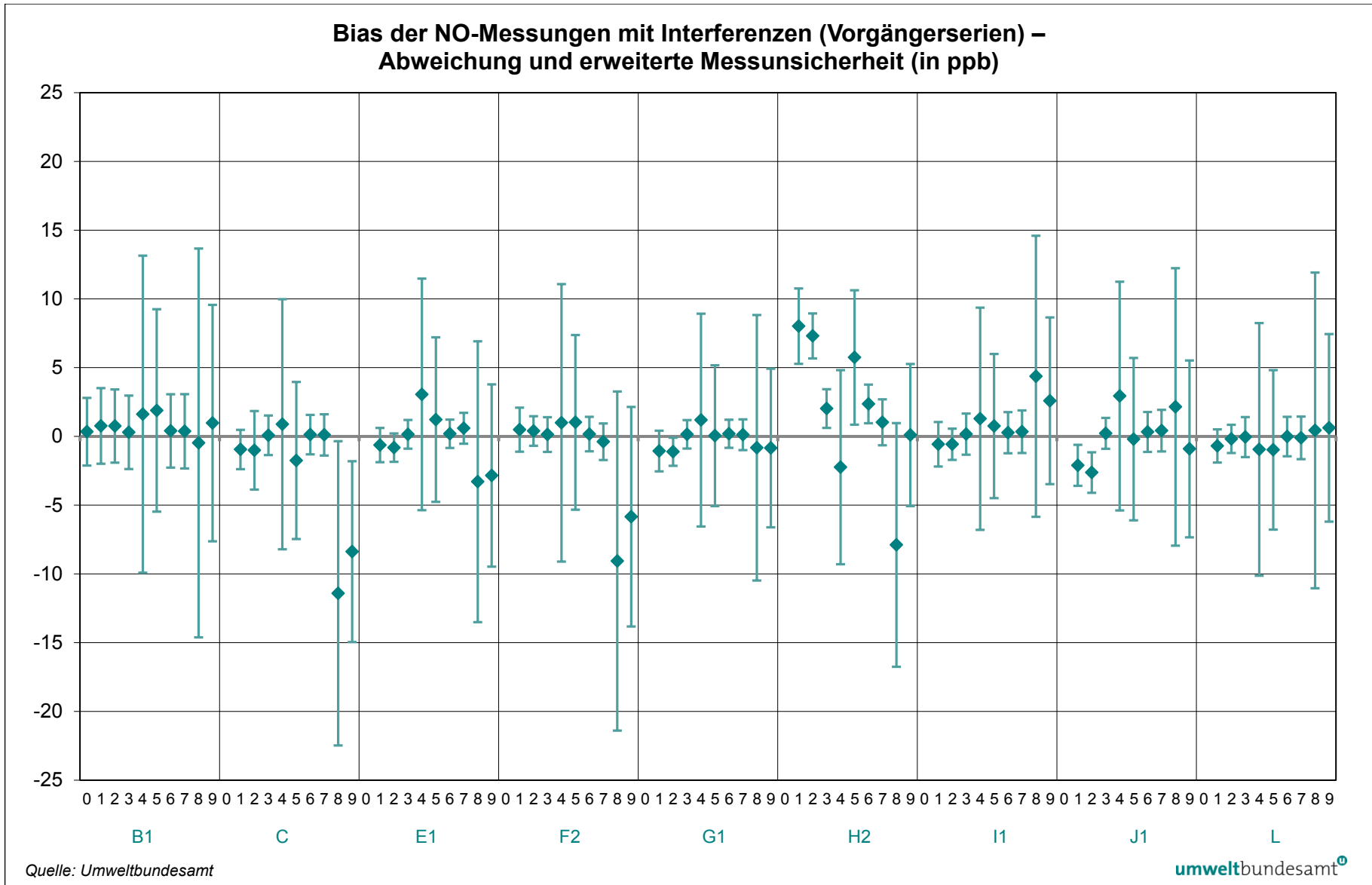


Abbildung 27: Bias der NO-Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).



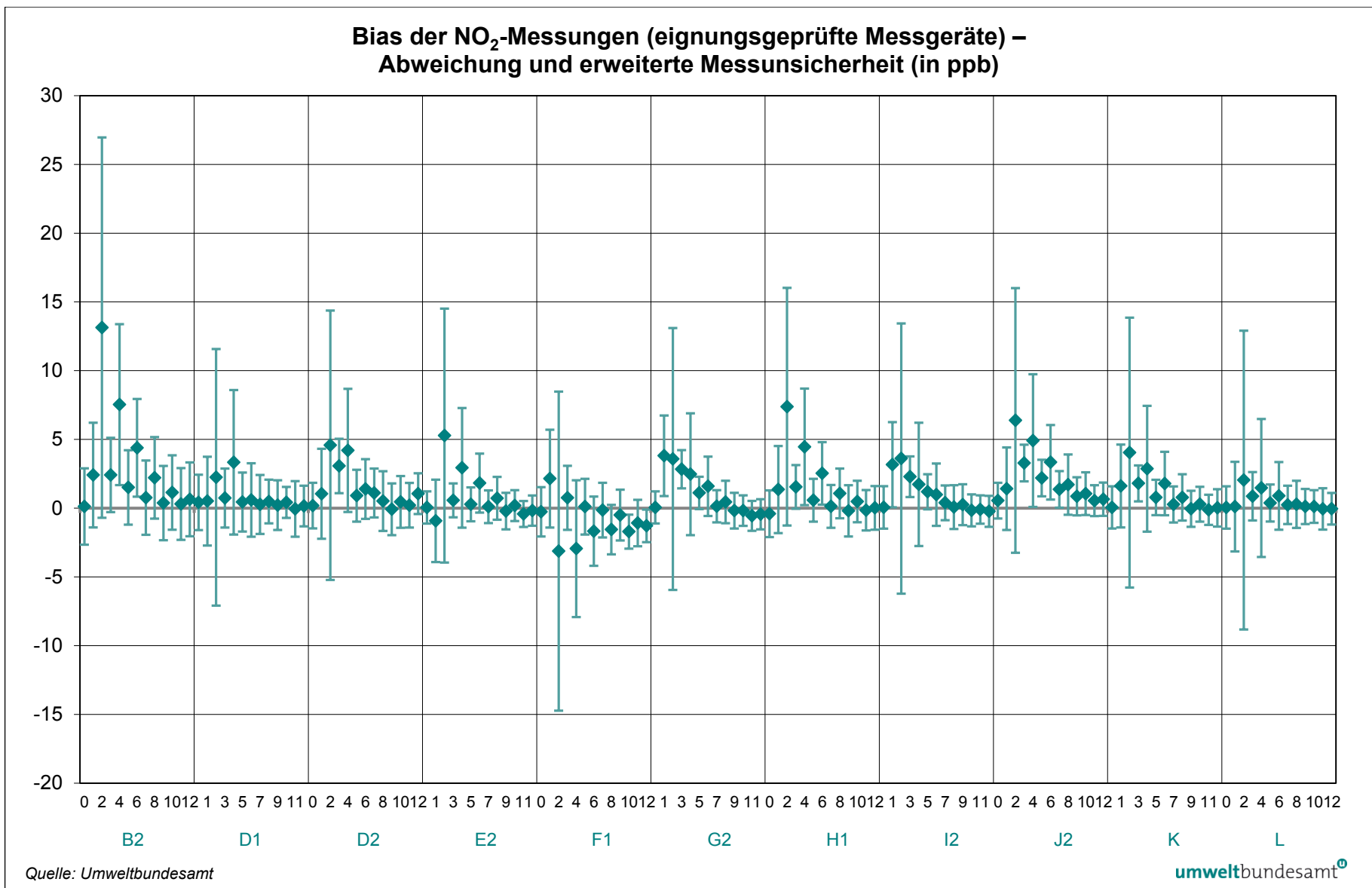
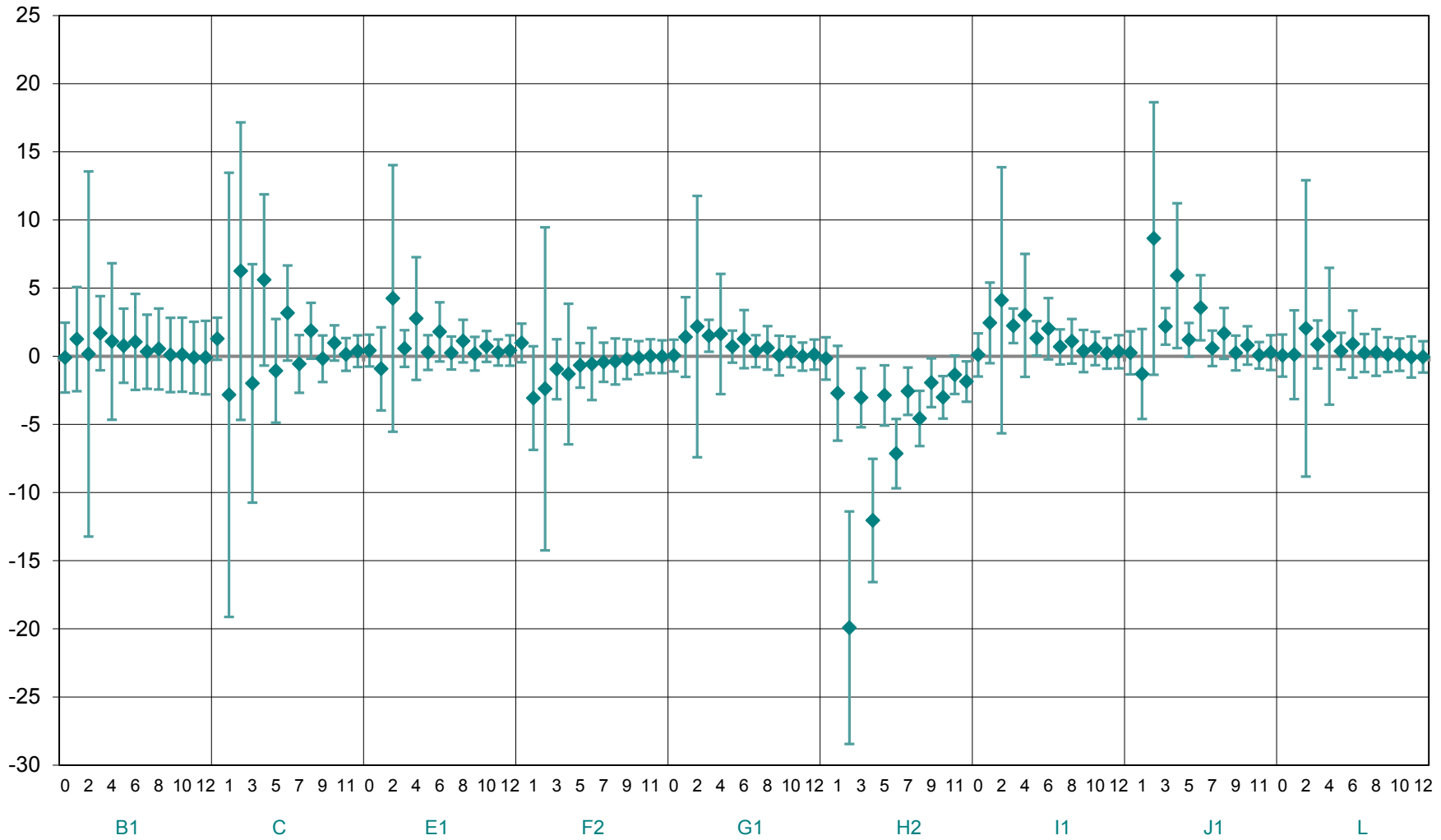


Abbildung 28: Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen (eignungsgeprüfte Messgeräte) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

### Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen (Vorgängerserien) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>®</sup>

Abbildung 29: Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen (Vorgängerserien) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).



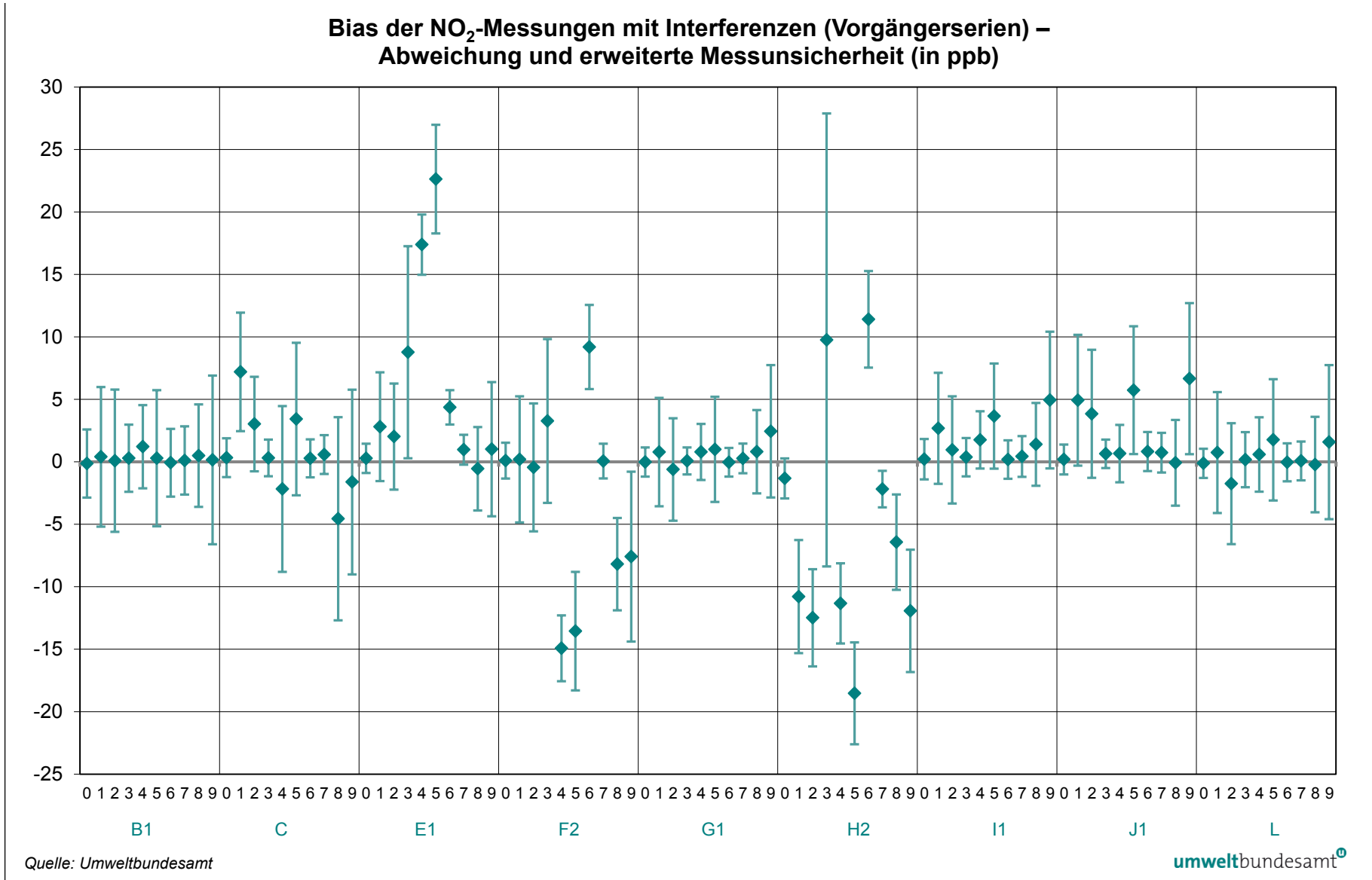


Abbildung 31: Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen mit Interferenzen (Vorgängerserien) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

## 5 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema vorgegeben (Flussdiagramm, siehe Abbildung 32). Die Ergebnisse von z-score und  $E_n$ -Auswertung werden für die Bewertung herangezogen, wie im Flussdiagramm in den Schritten 1 und 2 dargestellt ist. Für alle Ergebnisse, die sowohl in der Auswertung des z-score als auch der  $E_n$ -Nummer sehr gut abgeschnitten haben, erfolgt noch ein dritter Schritt. In diesem wird die Messunsicherheit des Ergebnisses mit den Vorgaben für die Standardabweichung der Konformitätsbewertung verglichen. Ist die von den Teilnehmerinnen/Teilnehmern berichtete Messunsicherheit kleiner als die Vorgabe, so wird das bestmögliche Resultat im Ringversuch erzielt.

Die zulässigen Standardabweichungen errechnen sich aus einer absoluten Vorgabe für den Nullpunkt (a) und einer maximal 2,5 %igen Abweichung bei 75 % des Zertifizierungsbereiches gemäß den entsprechenden europäischen Normen durch lineare Interpolation (siehe Tabelle 5).

Gas	$\sigma_p = a \cdot c + b$	
	a	b (nmol/mol)
CO	0,024	100
NO	0,024	1
NO <sub>2</sub>	0,020	1

### 3 Schritte der Auswertung

*Tabelle 5:  
Parameter zur  
Berechnung der  
maximal zulässigen  
Abweichung*

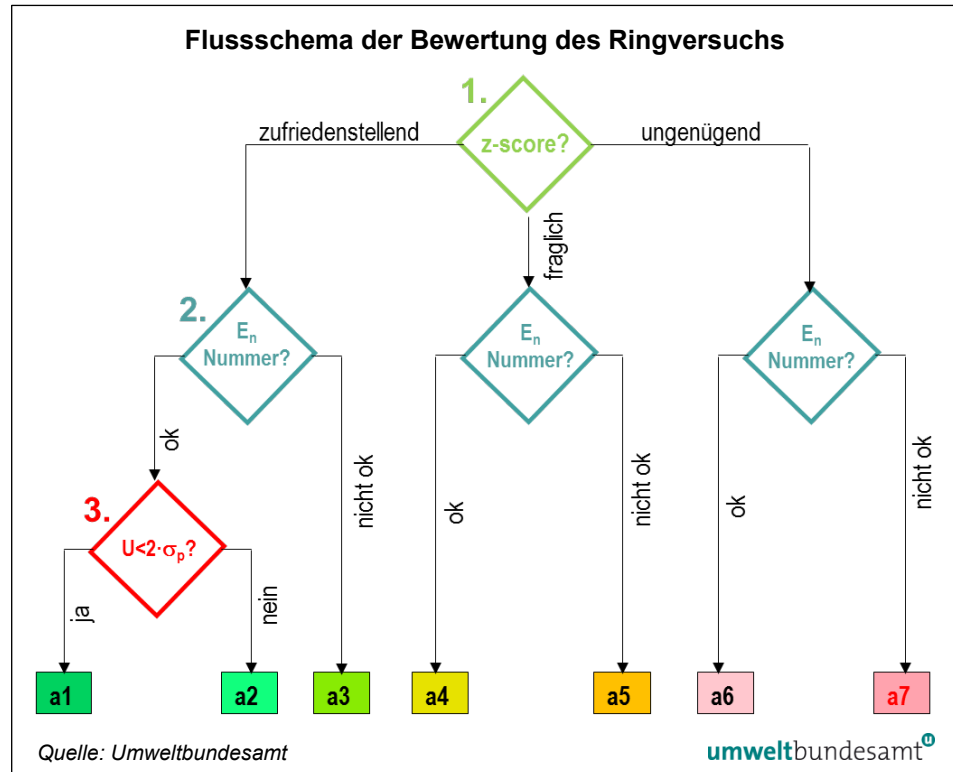
$2\sigma_p$  wird mit der erweiterten Messunsicherheit des Teilnehmers/der Teilnehmerin verglichen.

Die zulässige Standardabweichung für Null bzw. niedrige Konzentrationen von NO<sub>2</sub> sind – da die NO<sub>2</sub>-Konzentration ja aus der Differenz NO<sub>x</sub>- und NO-Messung gebildet wird – jedoch weitaus strenger als für NO und CO angesetzt.

Daher wurde in der obigen Tabelle die zulässige Standardabweichung am Nullpunkt (b) mit 1,5 angenommen, was als realistisch anzusehen ist. Damit wird ein großer Teil der a2-Bewertungen bei niedrigen Konzentrationen eliminiert.

### zulässige Standardabweichung

Abbildung 32:  
Flussschema der  
Bewertung des  
Ringversuchs.



**Beurteilungsschema**

- a1: Messergebnis ist vollkommen zufriedenstellend
- a2: Messergebnis ist sehr zufriedenstellend (z-score zufriedenstellend,  $E_n$ -Nummer ok, die Messunsicherheit ist aber größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung)
- a3: Messergebnis ist zufriedenstellend (z-score zufriedenstellend,  $E_n$ -Nummer nicht ok, da die Messunsicherheit unterschätzt wurde)
- a4: Messergebnis ist fraglich ( $E_n$ -Nummer ok, da eine große Messunsicherheit angegeben wurde)
- a5: Messergebnis ist fraglich ( $E_n$ -Nummer nicht ok)
- a6: Messergebnis ist ungenügend (z-score ungenügend und  $E_n$ -Nummer ok)
- a7: Messergebnis ist ungenügend (z-score ungenügend und  $E_n$ -Nummer nicht ok)

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen des Ringversuchs 2011 sind für alle Komponenten und Konzentrationen in Tabelle 6 bis Tabelle 9 dargestellt.

	Lauf		B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Nummer	Konz.											
CO (nmol/mol)	0	0	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a2	a1	a1	a1	a1
	1	15	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	2	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1

Tabelle 6:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
CO-Messungen des  
Ringversuchs 2011.

	Lauf		B2	D1	D2	E2	F1	G2	H1	I2	J2	K
	Nummer	Konz.										
NO (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	463	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	265	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	234	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	138	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	130	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	87	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	63	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	42	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	30	a1	a2	a2	a1	a1	a1	a1	a2	a2	a1
	10	20	a1	a3	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a3
	11	12	a1	a2	a2	a1	a1	a2	a2	a2	a2	a1
	12	10	a2	a1	a1	a3	a3	a1	a1	a3	a1	a3
NO <sub>2</sub> (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	0	a2	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a5	a1	a1
	2	204	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	0	a2	a1	a5	a1	a2	a5	a1	a5	a5	a3
	4	100	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a3	a1
	5	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1
	6	45	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a3	a1
	7	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	8	21	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	10	11	a2	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1
	11	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	12	6	a2	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1

Tabelle 7:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO/NO<sub>2</sub>-Messungen  
des Ringversuchs 2011  
(eignungsgeprüfte  
Messgeräte).

Tabelle 8:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO/NO<sub>2</sub>-Messungen  
des Ringversuchs 2011  
(Vorgängerserien).

		Lauf		B1	C	E1	F2	G1	H2	I1	J1
		Nummer	Konz.								
NO (nmol/mol)	0	0	a2	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	463	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	265	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1
	3	234	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	138	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1
	5	130	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	87	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1
	7	63	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	42	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1
	9	30	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	10	20	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1
	11	12	a1	a2	a1	a1	a2	a2	a2	a2	a2
	12	10	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1
NO <sub>2</sub> (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	0	a2	a2	a1	a2	a1	a1	a1	a4	a1
	2	204	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a1
	3	0	a2	a2	a1	a1	a3	a5	a5	a5	a5
	4	100	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a3
	5	0	a2	a2	a1	a1	a1	a1	a5	a3	a1
	6	45	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a3
	7	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1
	8	21	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1
	9	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1
	10	11	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1
	11	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	12	6	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1



		Lauf Nummer	Konz.	B2	D1	D2	E2	F1	G2	H1	I2	J2	K
IF NO (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	20	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1	a1	a3	a1	a1
	2	1	a2	a1	a1	a1	a5	a3	a1	a1	a3	a1	a1
	3	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	229	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	133	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	0	a2	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	284	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	166	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
IF NO <sub>2</sub> (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	96	a3	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	108	a3	a3	a5	a3	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	0	a2	a1	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	0	a2	a7	a7	a7	a1	a4	a1	a1	a5	a1	a1
	5	97	a5	a7	a7	a7	a1	a1	a3	a1	a3	a1	a1
	6	0	a2	a1	a1	a7	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	0	a2	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a4	a1	a1
	9	121	a5	a3	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a3	a1	a1

Tabelle 9:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO/NO<sub>2</sub>-Messungen  
des Ringversuchs 2011  
mit Interferenzen  
(eignungsgeprüfte  
Messgeräte).

Tabelle 10:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO/NO<sub>2</sub>-Messungen  
des Ringversuchs 2011  
(Vorgängerserien).

		Lauf		B1	C	E1	F2	G1	H2	I1	J1
		Nummer	Konz.								
IF NO (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	20	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a3
	2	1	a2	a2	a1	a1	a3	a7	a1	a5	a1
	3	0	a2	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1
	4	229	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	133	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1
	6	0	a2	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1	a1
	7	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	284	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	166	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
IF NO <sub>2</sub> (nmol/mol)	0	0	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	96	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a1
	2	108	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a1	a1	a1
	3	0	a2	a1	a5	a2	a1	a2	a1	a1	a1
	4	0	a2	a2	a7	a7	a1	a7	a1	a1	a1
	5	97	a1	a1	a7	a7	a1	a7	a1	a1	a3
	6	0	a2	a1	a7	a7	a1	a7	a1	a1	a1
	7	0	a2	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1	a1
	8	0	a2	a2	a1	a7	a1	a7	a1	a1	a1
	9	121	a1	a1	a1	a3	a1	a7	a1	a1	a3

**Ergebnisse** Im Ringversuch 2011 wurden alle eignungsgeprüften Messegräte für CO und NO mit zufriedenstellend beurteilt (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7). Auch die NO-Ergebnisse der Vorgängerserien sind, bis auf ein Messgerät, das die Bewertung a5 erhalten hat, zufriedenstellend (siehe Tabelle 8).

Sowohl bei der Evaluierung der NO<sub>2</sub>-Messergebnisse für eignungsgeprüfte Messgeräte als auch den Vorgängerserien gibt es jeweils für einen Teilnehmenden auch a7 Bewertungen.

Die NO/NO<sub>2</sub>-Messergebnisse des Ringversuchs 2011 mit Interferenzen für die Vorgängerserien (siehe Tabelle 10) sind zum Teil ungenügend. Hier bedarf es einer Verbesserung. Bei den eignungsgeprüften Messgeräten für NO mit Interferenzen erhalten alle eine zufriedenstellende Bewertung; außer ein Messgerät, das mit einer a5-Bewertung beurteilt wurde. Bei den eignungsgeprüften NO<sub>2</sub>-Messungen mit Interferenzen werden die Ergebnisse auch mit ungenügend (a7) bewertet.

## 6 AUSBLICK

Die Ergebnisse des Ringversuchs 2011 für CO sind äußerst zufriedenstellend ausgefallen.

***insgesamt  
zufriedenstellende  
Ergebnisse***

Für NO und NO<sub>2</sub> sind die Ergebnisse der eignungsgeprüfte Messgeräte und der Vorgängerserien von sehr ähnlicher Qualität. Bei den Vorgängerserien ist ein Messgerät für die Mehrzahl der schlechteren Bewertungen verantwortlich, bei den eignungsgeprüften Messgeräten erscheinen sie eher verteilt. Für NO und NO<sub>2</sub> in Anwesenheit von Interferenzen sind die großen Abweichungen auf die fehlenden Ammoniak-Scrubber zurückzuführen, sowie auf ein sehr altes Messgerät, das praktisch durchgehend nicht entsprochen hat.

Die Ergebnisse belegen, dass die Vorgängerserien durchaus Ergebnisse liefern können, die den Datenqualitätszielen des IG-L entsprechen. Eine kontinuierliche, dem Stand der Technik entsprechende Qualitätssicherung ist in jedem Fall unverzichtbar.

***Verbesserungsbedarf  
bei NO und NO<sub>2</sub>***

Da bei NO<sub>2</sub> nach PM<sub>10</sub> die häufigsten Grenzwertüberschreitungen gemessen werden, muss der Qualitätssicherung und dem Nachweis der Qualität der Immissionsmessung hohe Priorität zugewiesen werden.

Im Herbst 2012 wird wieder ein Ringversuch an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in der Bundesanstalt für Verkehr stattfinden, bei dem Messungen zu den Luftschadstoffen CO und SO<sub>2</sub> durchgeführt werden.

***weiterer  
Ringversuch im  
Herbst 2012***

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

### Rechtsnormen und Leitlinien

- AQUILA N37: 2008: Protocol for intercomparison exercise. Organisation of intercomparison exercise for gaseous air pollution for EU national air quality reference laboratories and laboratories of the WHO EURO region.
- ISO 5725-2: 1994: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. International Organization for Standardization, Genf.
- ISO 13528: 2005: Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Organization for Standardization, Genf.
- ISO/IEC 17043: 2010: Conformity assessment – General requirements for proficiency testing. International Organization for Standardization, Genf.
- Messkonzept-VO zum IG-L (BGBl. II 358/1998 i. d. g. F.): 358. Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.
- ÖNORM EN 14211: 2005: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14212: 2005: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14625: 2005: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14626: 2005: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

## ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

Als Referenzwert wurden die Messwerte des Umweltbundesamtes verwendet. Diese sind alle auf international anerkannte Normale rückführbar. Durch die Teilnahme des Umweltbundesamtes an den Ringversuchen für Referenzlaboratorien des ERLAP ist eine direkte Verbindung zu diesen Ringversuchen hergestellt.

Die Referenzwerte wurden durch einen Vergleich mit den Ergebnissen einer robusten Datenanalyse aller TeilnehmerInnen nach ISO 13528, Anhang C, validiert.

Die Ergebnisse der robusten Datenanalyse, der Mittelwert  $x^*$  und die Standardabweichung  $s^*$  wurden mit dem Referenzwert  $X$  und dessen Messunsicherheit  $u_x$  verglichen. Formel 3 beschreibt das Prüfkriterium:

$$\frac{|x^* - X|}{\sqrt{\frac{(1,25 s^*)^2}{p} + u_x^2}} < 2 \quad \text{Formel 3}$$

Alle Referenzwerte haben das Prüfkriterium erfüllt.

Bezeichnung	Einheit	X	$u_x$	$x^*$	$s^*$	Bewertung
CO 0	ppm	0,00	0,03	0,00	0,01	ok
CO 1	ppm	14,95	0,21	15,00	0,12	ok
CO 2	ppm	7,58	0,11	7,59	0,07	ok
CO 3	ppm	3,90	0,06	3,89	0,04	ok
CO 4	ppm	2,03	0,03	2,02	0,02	ok
CO 5	ppm	0,99	0,01	0,96	0,02	ok

### Prüfkriterium

Tabelle 11:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für CO.

Bezeichnung	Einheit	X	$u_x$	$x^*$	$s^*$	Bewertung
NO 0	ppb	-0,05	0,51	0,20	0,16	ok
NO 1	ppb	462,71	6,64	461,50	3,24	ok
NO 2	ppb	265,13	3,90	265,13	3,90	ok
NO 3	ppb	234,27	3,39	234,27	3,39	ok
NO 4	ppb	138,30	2,00	139,16	1,93	ok
NO 5	ppb	130,41	1,88	131,76	1,50	ok
NO 6	ppb	86,65	1,26	87,38	1,17	ok
NO 7	ppb	62,47	0,99	63,26	0,83	ok
NO 8	ppb	41,83	0,62	42,70	0,66	ok
NO 9	ppb	29,52	0,92	30,44	0,73	ok
NO 10	ppb	20,08	0,35	20,76	0,60	ok
NO 11	ppb	12,40	0,73	13,05	0,46	ok
NO 12	ppb	9,87	0,20	10,37	0,47	ok
NO IF0	ppb	kein Referenzwert				
NO IF1	ppb	19,53	0,46	19,46	1,08	ok
NO IF2	ppb	1,12	0,51	0,90	0,93	ok
NO IF3	ppb	0,15	0,52	0,52	0,39	ok

Tabelle 12:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für NO  
und NO<sub>2</sub>.

Bezeichnung	Einheit	X	$u_x$	$x^*$	$s^*$	Bewertung
NO IF4	ppb	228,51	3,26	230,33	2,49	ok
NO IF5	ppb	133,05	2,19	134,23	1,65	ok
NO IF6	ppb	-0,09	0,51	0,24	0,27	ok
NO IF7	ppb	0,01	0,56	0,31	0,55	ok
NO IF8	ppb	283,53	4,07	282,54	5,27	ok
NO IF9	ppb	166,01	2,43	165,90	3,13	ok
NO <sub>2</sub> 0	ppb	-0,05	0,58	0,03	0,05	ok
NO <sub>2</sub> 1	ppb	0,92	1,46	1,53	2,35	ok
NO <sub>2</sub> 2	ppb	204,16	4,01	207,76	4,14	ok
NO <sub>2</sub> 3	ppb	-0,57	0,58	0,84	1,44	ok
NO <sub>2</sub> 4	ppb	97,73	1,97	100,49	2,78	ok
NO <sub>2</sub> 5	ppb	-0,27	0,58	0,39	0,70	ok
NO <sub>2</sub> 6	ppb	45,21	0,98	46,80	1,63	ok
NO <sub>2</sub> 7	ppb	-0,10	0,58	0,17	0,31	ok
NO <sub>2</sub> 8	ppb	21,22	0,74	21,95	0,92	ok
NO <sub>2</sub> 9	ppb	0,35	0,58	0,36	0,33	ok
NO <sub>2</sub> 10	ppb	11,18	0,54	11,51	0,57	ok
NO <sub>2</sub> 11	ppb	0,89	0,46	0,83	0,37	ok
NO <sub>2</sub> 12	ppb	5,65	0,55	5,73	0,48	ok

Tabelle 13:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für NO<sub>2</sub>  
mit Interferenzen.

Bezeichnung	Einheit	X	$u_x$	$x^*$	$s^*$	Bewertung
NO2 IF0	ppb			kein Referenzwert		
NO <sub>2</sub> IF1	ppb	96,22	1,90	98,86	3,21	ok
NO <sub>2</sub> IF2	ppb	107,58	1,80	108,97	4,03	ok
NO <sub>2</sub> IF3	ppb	0,03	0,54	0,63	0,67	ok
NO <sub>2</sub> IF4	ppb	-0,25	1,12	1,46	2,19	ok
NO <sub>2</sub> IF5	ppb	96,97	1,77	103,45	14,41	ok
NO <sub>2</sub> IF6	ppb	0,04	0,57	0,35	0,50	ok
NO <sub>2</sub> IF7	ppb	-0,07	0,59	0,23	0,36	ok
NO <sub>2</sub> IF8	ppb	0,89	1,64	1,14	1,52	ok
NO <sub>2</sub> IF9	ppb	121,22	2,36	122,28	5,85	ok

## ANHANG B: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse des Ringversuchs für NO/NO<sub>2</sub> werden in der Einheit ppb und für CO in ppm angegeben. Für alle Konzentrationsdurchgänge (außer bei Nullgas) werden die Messwerte, der Mittelwert ( $\bar{x}_i$ ) der Messwerte, die kombinierte ( $u_i$ ) und erweiterte Messunsicherheit ( $U_i$ ) sowie die Standardabweichung ( $S_i$ ) der Messungen der untersuchten Komponenten der jeweiligen TeilnehmerInnen angegeben.  $x^*$  ist der aus der robusten Statistik erhaltene Mittelwert, seine Standardabweichung wird als  $s^*$  angegeben.

Der Referenzwert ist der Mittelwert der Messungen des Umweltbundesamtes am Platz 12 der Ringversuchsanlage. Die Fehlerindikatoren zeigen die erweiterte Messunsicherheit des Messwertes der Teilnehmenden.

### Ergebnisse für CO

Tabelle 14: Ergebnisse für CO bei Konzentration Null (Nullgas, in ppm).

Parameter: CO, Konzentration Null (Nullgas)  $x^* = 0,0$       $s^* = 0,01$

	Teilnehmer											
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	
$x_{i,2}$	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,02	0,01	
$x_{i,3}$	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,03	0,01	
$\bar{x}_i$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$S_i$	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	
$u(x)$	0,05	0,05	0,01	0,05	0,01	0,12	0,27	0,05	0,05	0,06	0,01	
$U(x)$	0,10	0,10	0,02	0,10	0,01	0,25	0,54	0,11	0,10	0,13	0,02	

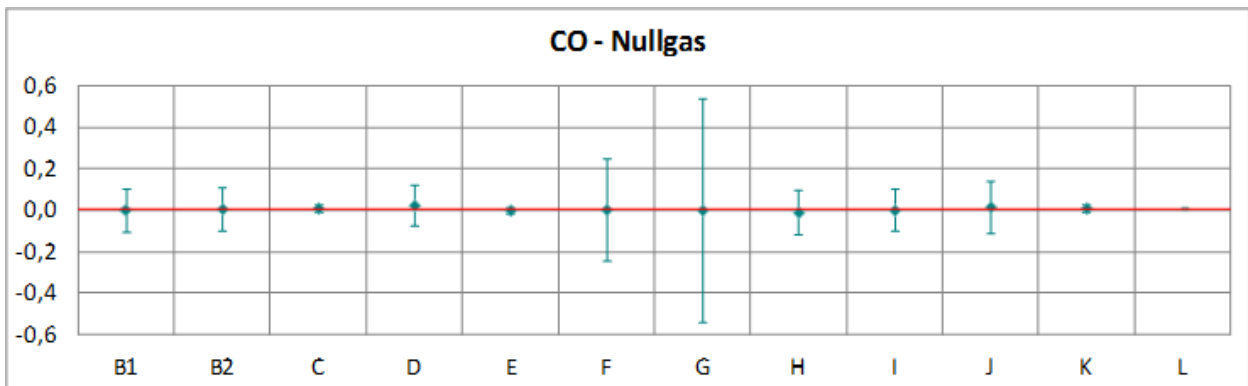


Abbildung 33: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für CO-Nullgas (in ppm).

Tabelle 15: Ergebnisse für CO bei Konzentration 1 (in ppm).

Parameter: CO, Konzentration 1  $x^* = 15,0$   $s^* = 0,12$

	Teilnehmer											
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	15,1	14,9	14,9	15,1	14,7	15,0	15,1	15,0	15,1	15,1	14,9	
$x_{i,2}$	15,1	14,9	14,9	15,1	14,6	15,0	15,1	15,0	15,1	15,1	14,9	
$x_{i,3}$	15,1	14,9	14,9	15,1	14,6	15,0	15,1	15,0	15,1	15,1	14,9	
$X_i$	15,1	14,9	14,9	15,1	14,6	15,0	15,1	15,0	15,1	15,1	14,9	15,0
$S_i$	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	
$u(x_i)$	0,31	0,32	0,17	0,15	0,24	0,27	0,14	0,20	0,16	0,16	0,17	
$U(x_i)$	0,63	0,63	0,34	0,31	0,47	0,54	0,27	0,41	0,31	0,31	0,34	

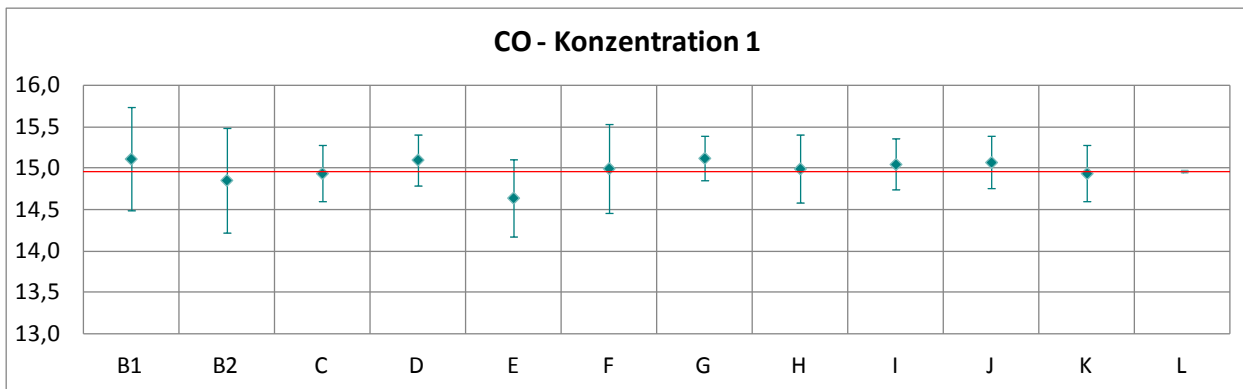


Abbildung 34: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die CO-Konzentration 1 (in ppm).

Tabelle 16: Ergebnisse für CO bei Konzentration 2 (in ppm).

Parameter: CO, Konzentration 2  $x^* = 7,6$   $s^* = 0,07$

	Teilnehmer											
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	7,7	7,5	7,6	7,7	7,5	7,6	7,7	7,6	7,6	7,5	7,6	
$x_{i,2}$	7,7	7,5	7,6	7,7	7,5	7,6	7,7	7,6	7,6	7,5	7,6	
$x_{i,3}$	7,7	7,5	7,6	7,7	7,5	7,6	7,7	7,6	7,6	7,5	7,6	
$X_i$	7,7	7,5	7,6	7,7	7,5	7,6	7,7	7,6	7,6	7,5	7,6	7,6
$S_i$	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	
$u(x_i)$	0,17	0,17	0,09	0,08	0,12	0,14	0,07	0,11	0,09	0,08	0,09	
$U(x_i)$	0,33	0,33	0,17	0,16	0,24	0,27	0,14	0,23	0,17	0,16	0,17	

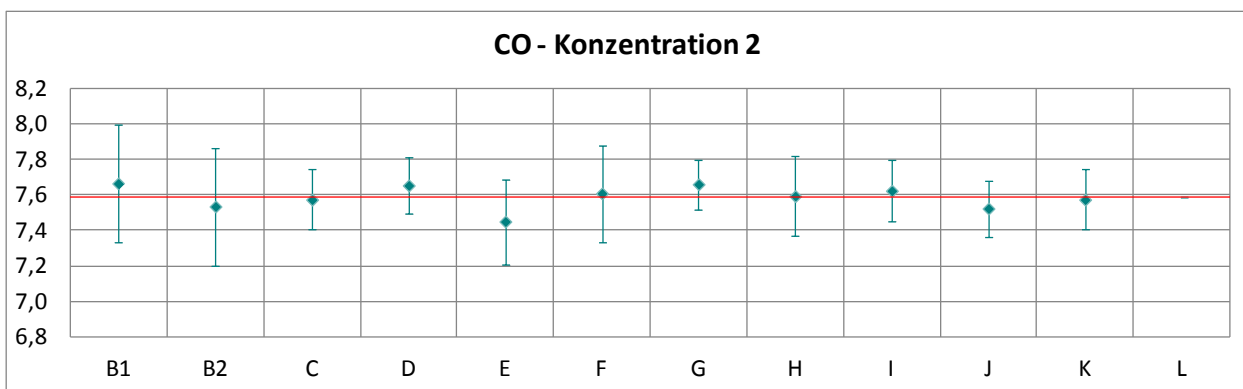


Abbildung 35: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die CO-Konzentration 2 (in ppm).



Tabelle 17: Ergebnisse für CO bei Konzentration 3 (in ppm).

Parameter: CO, Konzentration 3  $x^* = 3,9$   $s^* = 0,04$

	Teilnehmer											
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	3,9	3,9	3,9	4,0	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	
$x_{i,2}$	3,9	3,9	3,9	4,0	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	
$x_{i,3}$	3,9	3,9	3,9	4,0	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	
$X_i$	3,9	3,9	3,9	4,0	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,8	3,9	3,9
$S_i$	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	
$u(x_i)$	0,10	0,10	0,05	0,04	0,06	0,07	0,04	0,07	0,06	0,04	0,05	
$U(x_i)$	0,19	0,19	0,09	0,08	0,12	0,14	0,07	0,15	0,11	0,08	0,09	

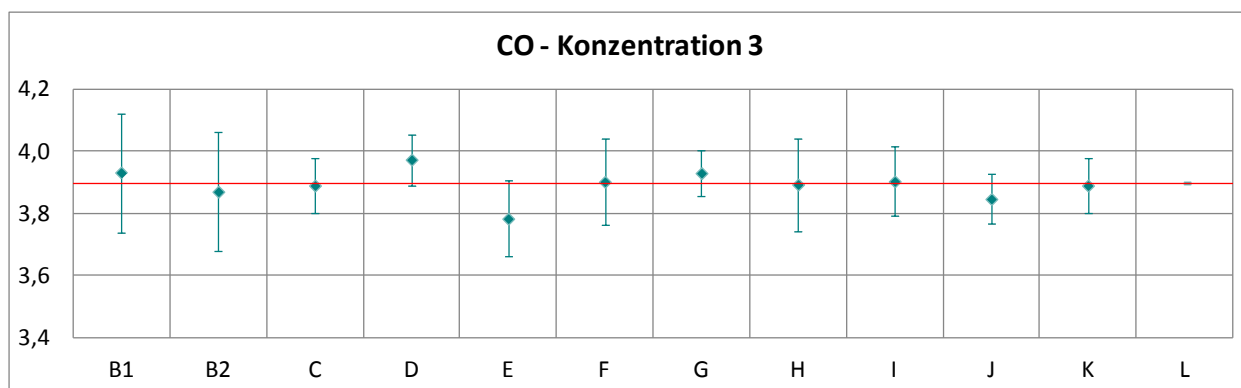


Abbildung 36: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die CO-Konzentration 3 (in ppm).

Tabelle 18: Ergebnisse für CO bei Konzentration 4 (in ppm).

Parameter: CO, Konzentration 4  $x^* = 2,0$   $s^* = 0,02$

	Teilnehmer											
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$x_{i,2}$	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$x_{i,3}$	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$X_i$	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$S_i$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,07	0,07	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,06	0,04	0,02	0,03	
$U(x_i)$	0,13	0,13	0,05	0,06	0,06	0,07	0,04	0,12	0,09	0,04	0,05	

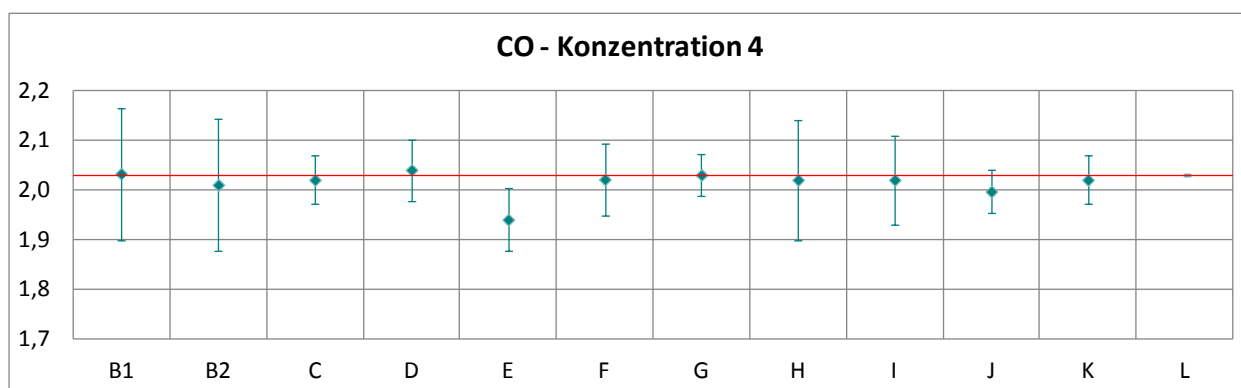


Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die CO-Konzentration 4 (in ppm).

Tabelle 19: Ergebnisse für CO bei Konzentration 5 (in ppm).

Parameter: CO, Konzentration 5  $x^* = 1,0$   $s^* = 0,02$

	Teilnehmer												
	B1	B2	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
$x_{i,2}$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
$x_{i,3}$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
$X_i$	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$S_i$	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00		
$u(x_i)$	0,06	0,06	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,06	0,04	0,02	0,02		
$U(x_i)$	0,11	0,11	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,11	0,08	0,04	0,03		

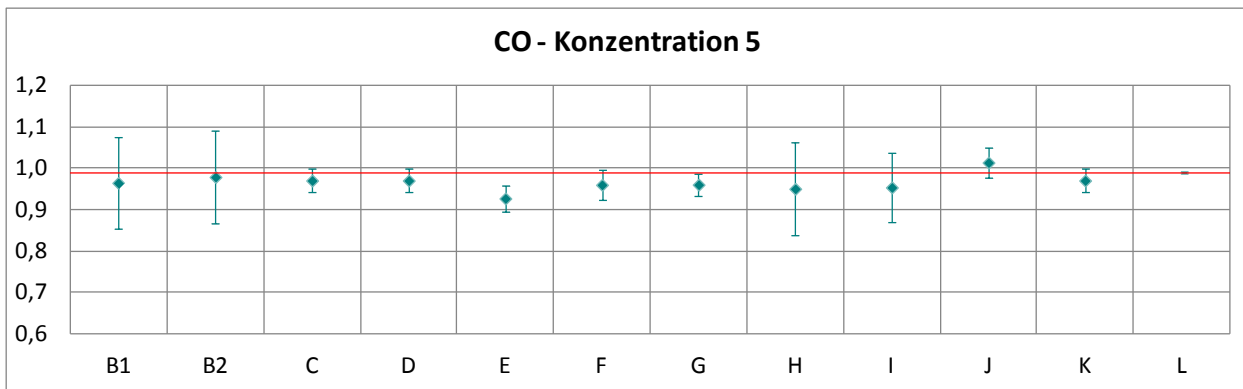


Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die CO-Konzentration 5 (in ppm).

**Ergebnisse für NO**

Tabelle 20: Ergebnisse für NO bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO, Konzentration Null (Nullgas)  $x^* = 0,2$   $s^* = 0,16$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		0,34	0,39	2,21	0,20	0,10	0,00	0,20	0,35	-0,02
$x_{i,2}$		0,21	0,31	1,71	0,00	0,20	0,00	0,10	0,25	-0,06
$x_{i,3}$		0,21	0,26	1,21	0,00	0,20	0,00	0,10	0,23	0,03
$X_i$	-0,05	0,25	0,32	1,71	0,07	0,17	0,00	0,13	0,28	-0,02
$S_i$		0,08	0,07	0,50	0,12	0,06	0,00	0,06	0,06	0,04
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,66	0,69	0,55	0,06	0,04	0,69	0,40
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,33	1,38	1,10	0,12	0,08	1,37	0,79

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,18	0,10	0,25	0,37	0,14	0,31	0,28	0,17	0,40	0,00
$x_{i,2}$	0,22	0,00	0,40	0,02	0,17	0,30	0,24	-0,12	0,40	0,00
$x_{i,3}$	0,13	0,00	0,47	0,38	0,22	0,31	0,20	-0,06	0,40	-0,20
$X_i$	0,18	0,03	0,37	0,26	0,18	0,31	0,24	0,00	0,40	-0,07
$S_i$	0,05	0,06	0,11	0,20	0,04	0,01	0,04	0,15	0,00	0,12
$u(x_i)$	0,01	0,01	0,60	0,52	0,53	0,50	0,52	0,28	0,50	0,50
$U(x_i)$	0,02	0,02	1,21	1,03	1,07	1,01	1,05	0,57	1,00	1,01

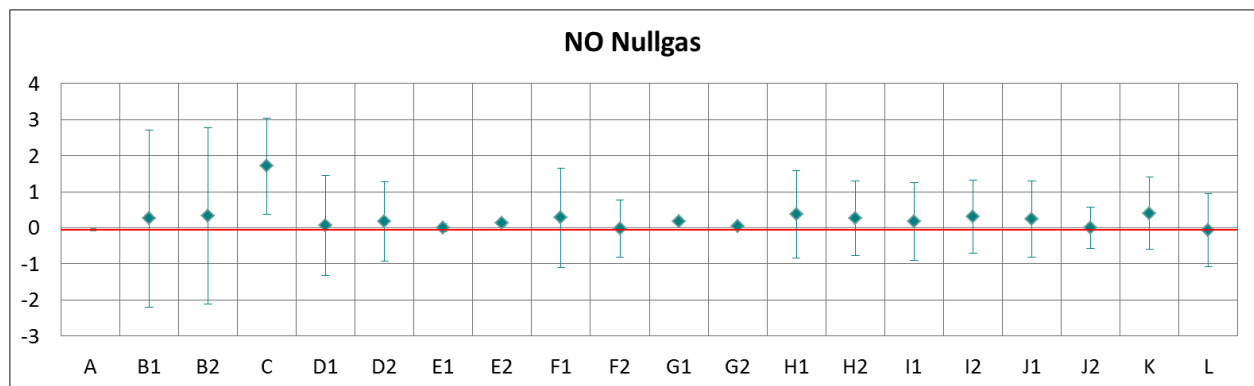


Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO-Nullgas (in ppb).

Tabelle 21: Ergebnisse für NO bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 1  $x^* = 461,5$   $s^* = 3,24$

	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		460,7	462,6	434,6	458,0	462,1	463,1	464,9	453,2	459,1
$x_{i,2}$		462,7	464,7	435,8	460,0	463,1	464,8	466,6	456,0	460,6
$x_{i,3}$		463,5	465,6	462,4	461,0	462,0	465,2	466,9	456,2	460,0
$X_i$	462,7	462,3	464,3	444,3	459,7	462,4	464,4	466,1	455,1	459,9
$S_i$		1,42	1,54	15,71	1,53	0,61	1,12	1,08	1,68	0,75
$u(x_i)$		9,30	9,85	19,70	4,91	4,75	4,37	4,31	6,85	7,01
$U(x_i)$		18,61	19,70	39,40	9,82	9,50	8,74	8,62	13,70	14,02
	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	460,5	457,1	467,8	458,4	457,9	462,1	462,0	460,1	458,7	460,0
$x_{i,2}$	462,2	459,3	470,1	460,7	460,5	463,6	463,7	462,0	460,1	461,4
$x_{i,3}$	462,5	459,8	470,3	461,6	461,0	463,9	464,1	462,8	460,7	461,8
$X_i$	461,7	458,7	469,4	460,2	459,8	463,2	463,3	461,6	459,8	461,1
$S_i$	1,08	1,44	1,37	1,63	1,66	0,96	1,11	1,36	1,03	0,95
$u(x_i)$	4,37	4,37	2,73	2,82	4,86	4,76	4,57	4,42	5,18	6,54
$U(x_i)$	8,73	8,75	5,47	5,64	9,73	9,51	9,15	8,83	10,35	13,08

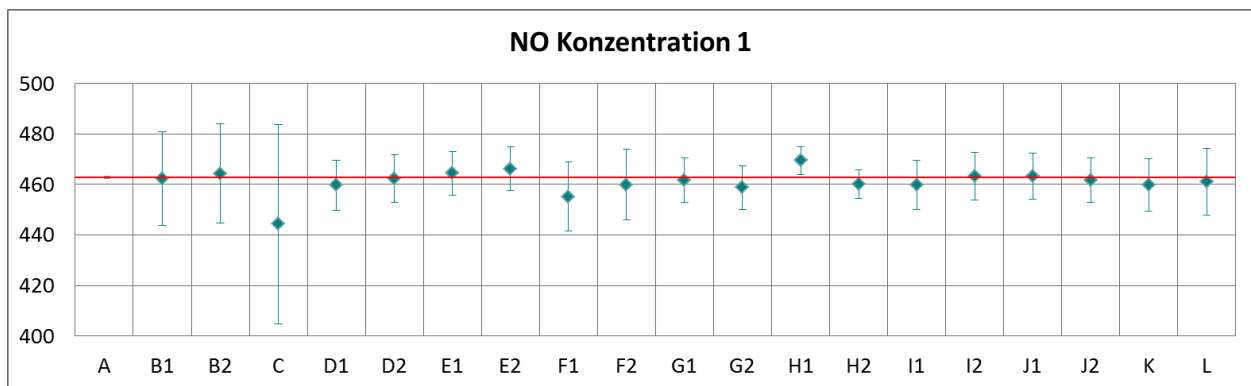


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 22: Ergebnisse für NO bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 2  $x^* = 265,1$   $s^* = 3,90$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		267,5	266,3	262,2	268,0	264,0	264,8	266,2	272,4	265,7
$x_{i,2}$		265,5	264,6	260,4	268,0	263,8	263,1	264,1	270,4	263,9
$x_{i,3}$		264,7	263,9	260,0	266,0	262,3	262,5	263,4	269,1	263,2
$X_i$	265,1	265,9	264,9	260,8	267,3	263,4	263,5	264,6	270,6	264,3
$S_i$		1,44	1,28	1,16	1,15	0,93	1,19	1,46	1,66	1,29
$u(x_i)$		5,44	5,71	3,81	2,56	2,96	2,95	2,47	4,29	4,46
$U(x_i)$		10,89	11,42	7,63	5,12	5,92	5,90	4,94	8,59	8,92

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	263,7	262,7	269,4	285,7	263,4	270,0	261,6	264,9	264,0	264,6
$x_{i,2}$	261,8	260,8	267,5	284,8	261,3	268,1	259,4	263,0	262,1	262,3
$x_{i,3}$	260,8	260,0	266,8	283,8	260,5	267,2	258,4	262,1	261,5	261,5
$X_i$	262,1	261,2	267,9	284,8	261,7	268,4	259,8	263,4	262,5	262,8
$S_i$	1,47	1,39	1,35	0,96	1,50	1,43	1,60	1,43	1,31	1,61
$u(x_i)$	2,78	2,73	1,86	1,73	2,93	2,99	3,12	2,82	2,97	3,78
$U(x_i)$	5,57	5,46	3,71	3,46	5,86	5,97	6,25	5,64	5,95	7,56

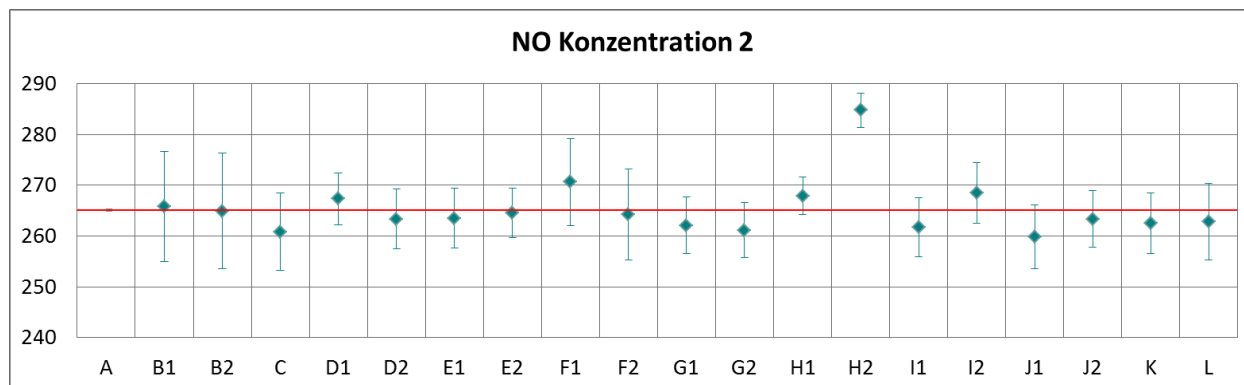


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 2(in ppb).

Tabelle 23: Ergebnisse für NO bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 3  $x^* = 234,3$   $s^* = 3,39$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		235,4	236,8	233,6	237,2	236,8	235,9	237,6	232,7	233,2
$x_{i,2}$		235,5	236,7	233,8	237,0	236,8	236,0	237,7	231,8	232,3
$x_{i,3}$		235,7	236,8	234,1	238,1	237,2	236,1	238,0	231,1	232,4
$X_i$	234,3	235,5	236,8	233,8	237,4	236,9	236,0	237,8	231,9	232,6
$S_i$		0,18	0,05	0,24	0,59	0,23	0,10	0,21	0,80	0,49
$u(x_i)$		4,86	5,13	5,79	2,41	2,46	2,69	2,14	3,71	3,92
$U(x_i)$		9,71	10,27	11,59	4,82	4,92	5,38	4,28	7,42	7,84

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	234,4	233,4	239,0	234,1	234,0	235,1	235,4	234,7	234,6	233,3
$x_{i,2}$	234,4	233,7	239,1	231,9	233,9	234,9	235,6	235,0	234,6	233,2
$x_{i,3}$	234,8	233,8	239,0	231,9	233,7	234,7	235,9	234,9	234,7	233,3
$X_i$	234,5	233,6	239,0	232,7	233,9	234,9	235,6	234,9	234,6	233,3
$S_i$	0,23	0,21	0,04	1,23	0,15	0,20	0,24	0,17	0,06	0,06
$u(x_i)$	2,13	2,12	1,26	1,69	2,36	2,37	2,61	2,17	2,62	3,31
$U(x_i)$	4,25	4,23	2,53	3,39	4,71	4,74	5,23	4,35	5,25	6,62

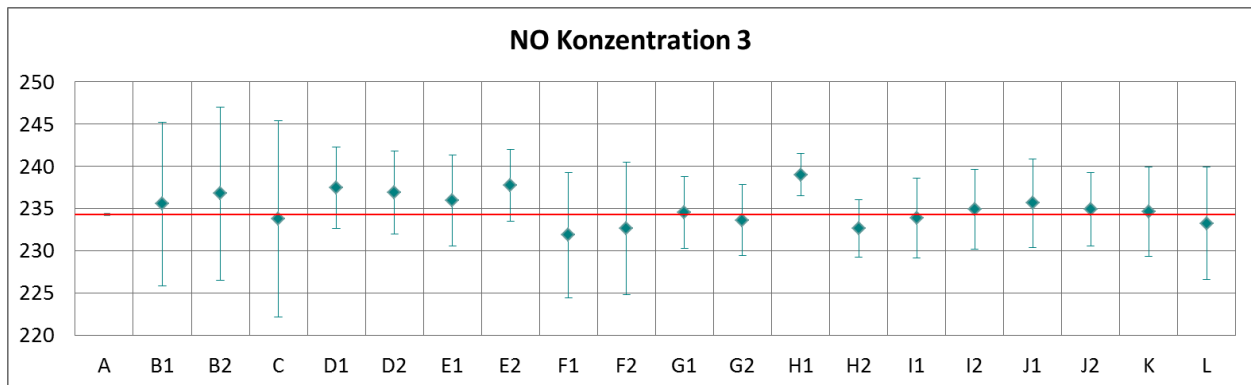


Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 24: Ergebnisse für NO bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 4  $x^* = 139,2$   $s^* = 1,93$ 

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		140,1	139,9	137,0	139,0	140,0	138,5	140,3	143,0	138,4
$x_{i,2}$		139,7	139,4	136,7	140,2	138,7	138,1	139,8	143,0	138,1
$x_{i,3}$		139,5	139,4	136,6	141,1	138,8	137,9	139,7	142,5	138,2
$X_i$	138,3	139,8	139,6	136,8	140,1	139,2	138,2	139,9	142,8	138,2
$S_i$		0,31	0,25	0,22	1,05	0,72	0,31	0,32	0,29	0,15
$u(x_i)$		3,05	3,18	1,92	2,01	1,87	2,06	1,50	2,27	2,33
$U(x_i)$		6,10	6,36	3,83	4,02	3,74	4,12	3,00	4,54	4,67

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	137,9	137,6	141,6	148,1	137,9	141,6	137,4	138,8	139,2	137,9
$x_{i,2}$	137,6	137,2	141,1	147,9	137,5	141,2	136,8	138,2	138,6	137,3
$x_{i,3}$	137,3	137,1	140,9	147,8	137,5	140,9	136,6	138,1	138,4	137,1
$X_i$	137,6	137,3	141,2	147,9	137,6	141,2	136,9	138,4	138,7	137,4
$S_i$	0,30	0,26	0,39	0,15	0,23	0,35	0,38	0,38	0,42	0,42
$u(x_i)$	1,28	1,27	0,91	1,01	1,42	1,45	1,99	1,62	1,55	1,95
$U(x_i)$	2,56	2,54	1,82	2,03	2,84	2,90	3,97	3,23	3,10	3,91

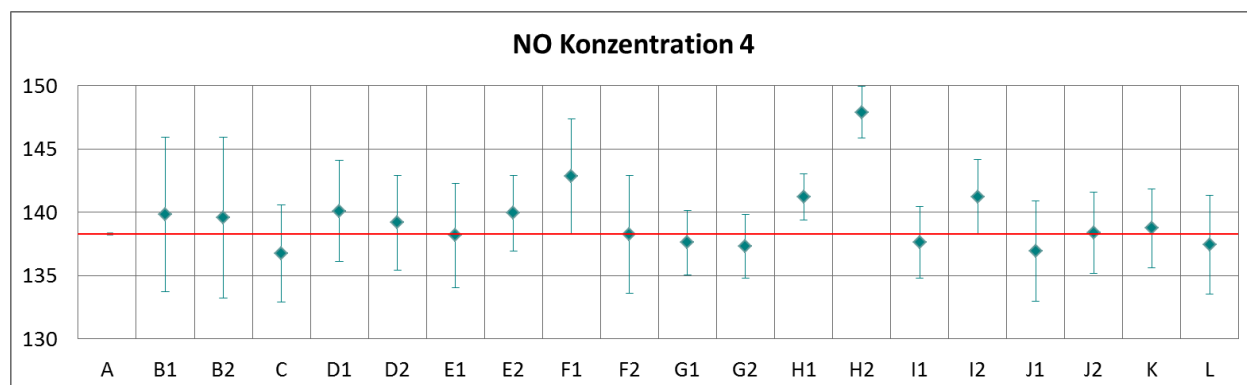


Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 25: Ergebnisse für NO bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 5  $x^* = 131,8$   $s^* = 1,50$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		132,2	132,8	130,6	133,6	132,4	131,9	133,6	130,1	129,6
$x_{i,2}$		132,2	132,7	130,7	133,9	132,4	132,0	133,6	129,2	130,1
$x_{i,3}$		132,3	133,0	130,8	134,2	132,2	132,0	133,6	128,8	129,9
$X_i$	130,4	132,2	132,8	130,7	133,9	132,3	132,0	133,6	129,4	129,9
$S_i$		0,04	0,13	0,15	0,30	0,12	0,06	0,00	0,67	0,25
$u(x_i)$		2,91	3,05	1,81	1,55	1,41	2,02	1,45	0,65	1,00
$U(x_i)$		5,82	6,10	3,62	3,10	2,82	4,04	2,90	1,29	2,01

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	131,2	130,9	134,0	130,8	130,9	131,2	132,2	131,6	132,1	129,9
$x_{i,2}$	131,4	131,0	134,2	129,9	130,8	131,1	132,2	131,5	132,2	129,8
$x_{i,3}$	131,4	131,9	134,3	129,4	131,0	130,9	132,2	131,7	132,4	130,0
$X_i$	131,3	131,3	134,2	130,0	130,9	131,1	132,2	131,6	132,2	129,9
$S_i$	0,12	0,55	0,20	0,73	0,10	0,15	0,00	0,08	0,15	0,10
$u(x_i)$	1,19	1,31	0,84	1,04	1,33	1,33	1,92	1,31	1,51	1,84
$U(x_i)$	2,39	2,62	1,67	2,08	2,66	2,66	3,85	2,62	3,03	3,68

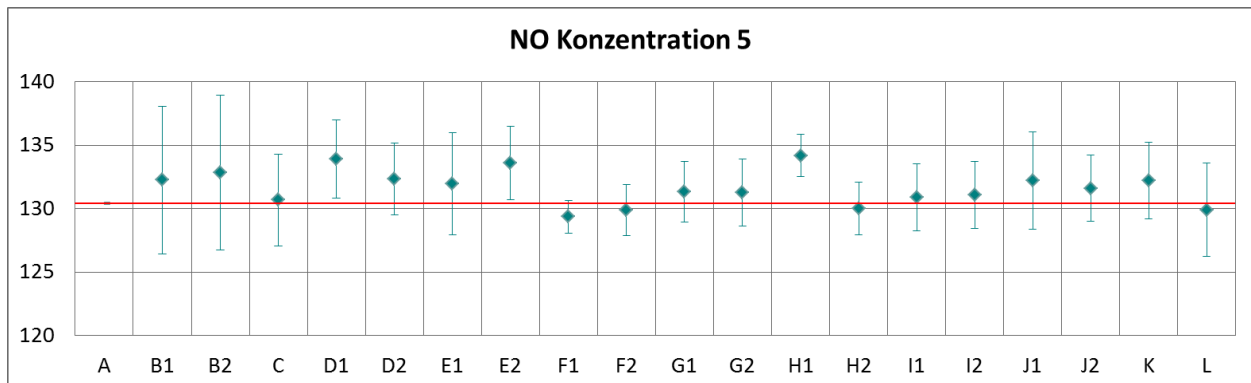


Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 5 (in ppb).



Tabelle 26: Ergebnisse für NO bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 6  $x^* = 87,4$   $s^* = 1,17$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		87,7	88,0	86,1	89,0	87,3	86,7	88,1	88,7	86,9
$x_{i,2}$		87,5	87,5	85,8	89,2	87,3	86,5	87,9	88,7	86,3
$x_{i,3}$		87,5	87,5	85,7	88,9	87,5	86,5	87,9	88,4	86,8
$X_i$	86,7	87,5	87,7	85,9	89,0	87,4	86,6	88,0	88,6	86,7
$S_i$		0,10	0,29	0,20	0,15	0,12	0,12	0,12	0,17	0,28
$u(x_i)$		2,14	2,21	1,21	1,05	1,01	1,14	1,13	1,40	1,48
$U(x_i)$		4,27	4,43	2,41	2,10	2,02	2,28	2,26	2,80	2,96

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	86,4	86,4	88,7	91,1	86,6	88,5	86,4	87,0	87,7	86,0
$x_{i,2}$	86,3	86,1	88,6	91,4	86,3	88,0	86,4	86,8	87,4	85,6
$x_{i,3}$	86,3	86,2	88,4	90,9	86,2	88,2	86,3	86,8	87,4	85,7
$X_i$	86,3	86,2	88,6	91,2	86,4	88,2	86,4	86,9	87,5	85,8
$S_i$	0,06	0,15	0,13	0,27	0,20	0,24	0,08	0,12	0,17	0,21
$u(x_i)$	0,78	0,79	0,67	0,89	0,92	0,93	0,94	1,00	1,01	1,22
$U(x_i)$	1,56	1,58	1,34	1,79	1,83	1,85	1,89	2,00	2,02	2,43

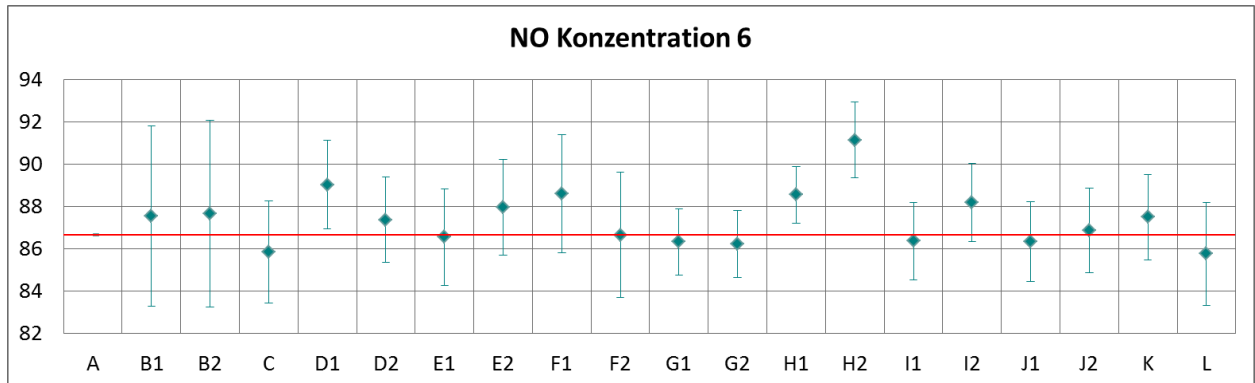


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 27: Ergebnisse für NO bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 7  $x^* = 63,3$   $s^* = 0,83$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		63,2	63,7	62,3	63,6	63,1	63,1	64,1	62,0	62,5
$x_{i,2}$		63,6	64,0	62,7	64,4	63,8	63,5	64,4	61,9	62,5
$x_{i,3}$		63,7	64,3	62,8	63,8	63,1	63,6	64,7	61,6	62,3
$X_i$	62,5	63,5	64,0	62,6	63,9	63,3	63,4	64,4	61,8	62,4
$S_i$		0,26	0,31	0,25	0,42	0,40	0,26	0,30	0,18	0,09
$u(x_i)$		1,77	1,82	0,91	1,21	1,10	1,05	0,67	1,01	1,09
$U(x_i)$		3,53	3,64	1,82	2,42	2,20	2,10	1,34	2,02	2,18

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	62,7	62,7	64,1	62,0	62,6	62,5	63,3	62,9	63,9	61,5
$x_{i,2}$	63,0	63,0	64,6	62,7	63,1	62,8	63,7	63,3	64,2	61,9
$x_{i,3}$	63,1	63,0	64,7	61,9	63,2	62,8	63,8	63,4	64,2	62,1
$X_i$	62,9	62,9	64,5	62,2	63,0	62,7	63,6	63,2	64,1	61,8
$S_i$	0,21	0,17	0,31	0,43	0,35	0,19	0,25	0,29	0,17	0,31
$u(x_i)$	0,60	0,59	0,67	0,76	0,76	0,74	1,20	0,76	0,78	0,92
$U(x_i)$	1,21	1,18	1,33	1,53	1,51	1,48	2,40	1,52	1,55	1,83

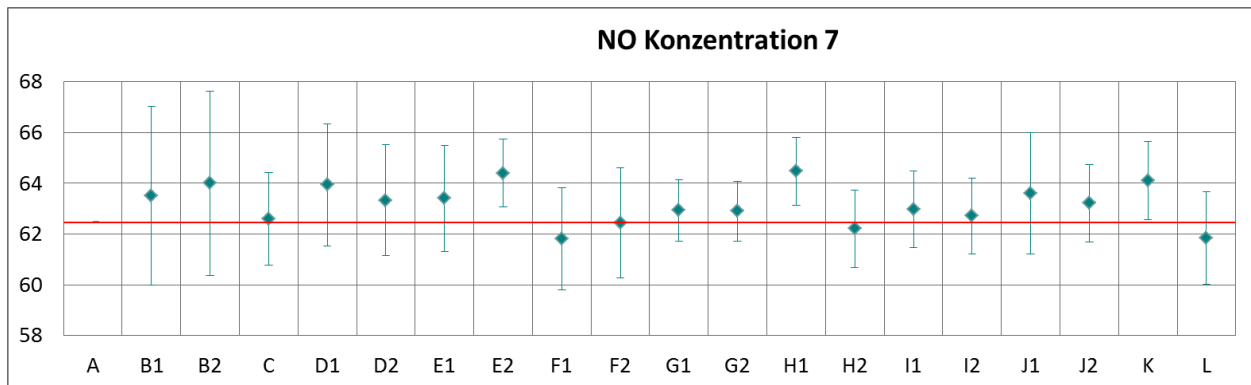


Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 28: Ergebnisse für NO bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 8  $x^* = 42,7$   $s^* = 0,66$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		43,0	43,0	41,9	44,0	42,8	42,4	43,2	43,3	42,5
$x_{i,2}$		42,8	42,8	41,9	43,7	42,8	42,4	43,0	43,1	41,8
$x_{i,3}$		42,8	42,9	41,9	44,1	42,0	42,5	43,1	42,9	42,1
$X_i$	41,8	42,9	42,9	41,9	43,9	42,5	42,4	43,1	43,1	42,1
$S_i$		0,09	0,13	0,01	0,21	0,46	0,06	0,10	0,22	0,32
$u(x_i)$		1,50	1,52	0,58	0,78	1,05	0,90	0,40	0,72	0,75
$U(x_i)$		3,00	3,04	1,16	1,56	2,10	1,80	0,80	1,43	1,50

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	42,1	42,0	43,5	44,2	42,3	43,0	42,3	42,3	43,5	41,5
$x_{i,2}$	42,1	42,1	43,2	45,0	42,3	42,9	42,1	42,2	43,3	41,4
$x_{i,3}$	42,0	42,0	43,1	44,1	42,3	42,8	42,2	42,3	43,2	41,3
$X_i$	42,1	42,0	43,3	44,5	42,3	42,9	42,2	42,2	43,3	41,4
$S_i$	0,06	0,06	0,20	0,52	0,02	0,10	0,09	0,05	0,15	0,10
$u(x_i)$	0,38	0,38	0,57	0,73	0,49	0,47	0,66	0,98	0,56	0,60
$U(x_i)$	0,77	0,77	1,14	1,47	0,97	0,93	1,31	1,97	1,12	1,20

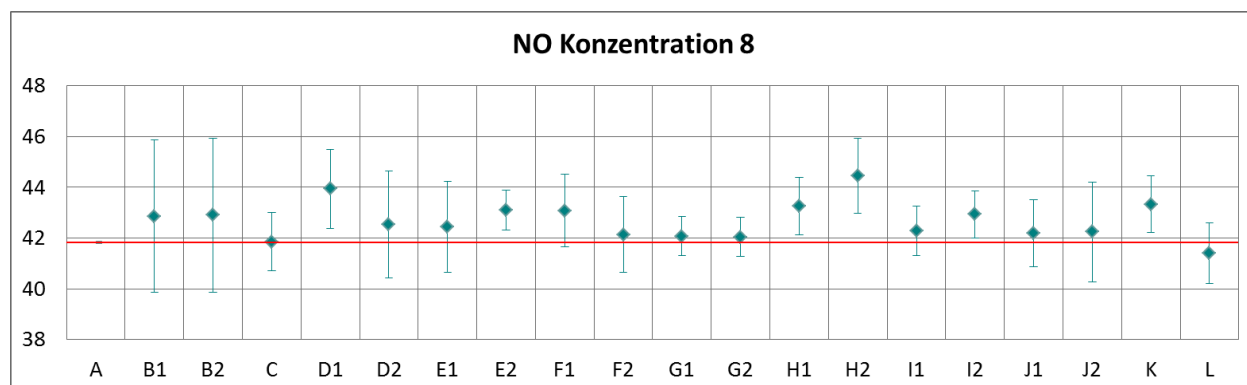


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 29: Ergebnisse für NO bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 9  $x^* = 30,4$   $s^* = 0,73$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		29,2	29,5	28,8	25,0	24,9	29,2	29,5	28,1	27,9
$x_{i,2}$		31,4	31,6	30,9	31,0	29,6	31,4	31,8	30,6	30,5
$x_{i,3}$		31,8	32,1	31,3	31,7	31,1	31,8	32,2	31,1	31,3
$X_i$	29,5	30,8	31,1	30,3	29,2	28,5	30,8	31,2	29,9	29,9
$S_i$		1,38	1,38	1,35	3,68	3,23	1,40	1,46	1,64	1,74
$u(x_i)$		1,38	1,38	1,42	1,98	2,75	1,50	1,21	0,56	0,68
$U(x_i)$		2,75	2,77	2,84	3,96	5,50	3,00	2,42	1,11	1,36

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	28,9	28,7	29,7	28,1	28,8	27,9	29,1	28,7	30,0	27,4
$x_{i,2}$	31,2	31,8	32,0	30,6	31,1	30,6	31,4	31,2	32,2	30,1
$x_{i,3}$	31,4	31,3	32,3	31,0	31,5	31,1	31,8	31,4	32,5	30,5
$X_i$	30,5	30,6	31,3	29,9	30,4	29,9	30,8	30,4	31,6	29,3
$S_i$	1,39	1,66	1,38	1,58	1,44	1,73	1,48	1,52	1,37	1,69
$u(x_i)$	1,42	1,69	1,56	1,65	1,52	1,80	1,54	1,89	0,69	0,81
$U(x_i)$	2,83	3,37	3,13	3,29	3,04	3,60	3,08	3,78	1,36	1,63

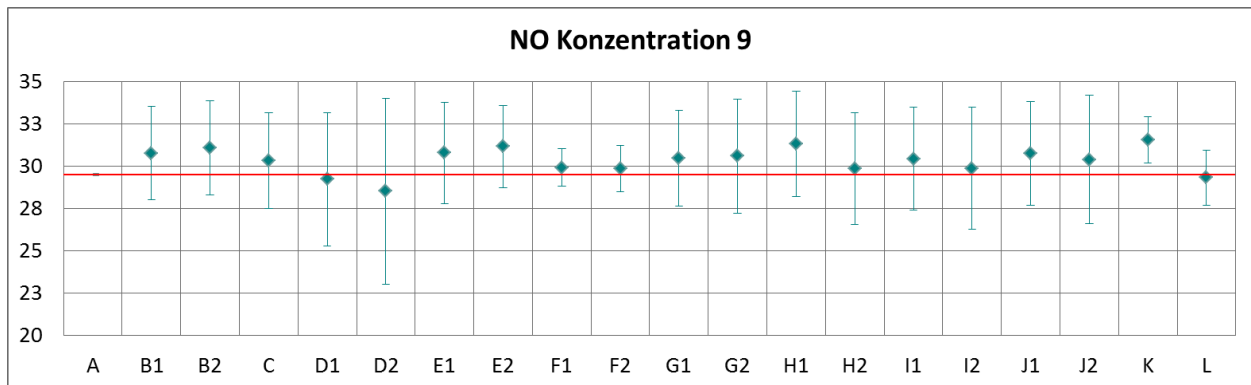


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 30: Ergebnisse für NO bei Konzentration 10 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 10  $x^* = 20,8$   $s^* = 0,60$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		20,8	20,8	20,2	21,5	20,3	20,8	20,9	21,6	20,5
$x_{i,2}$		20,7	20,7	20,0	21,5	20,3	20,7	20,9	21,9	20,6
$x_{i,3}$		20,6	20,7	19,9	21,7	20,3	20,6	20,9	22,0	20,6
$X_i$	20,1	20,7	20,7	20,1	21,6	20,3	20,7	20,9	21,8	20,6
$S_i$		0,09	0,06	0,15	0,12	0,00	0,10	0,00	0,20	0,04
$u(x_i)$		1,30	1,30	0,31	0,53	0,22	0,84	0,21	0,39	0,41
$U(x_i)$		2,60	2,59	0,62	1,06	0,44	1,68	0,42	0,77	0,82

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	20,4	20,2	20,9	21,6	20,5	21,0	20,5	20,4	21,6	19,9
$x_{i,2}$	20,4	20,1	21,0	21,5	20,3	20,9	20,4	20,2	21,4	19,8
$x_{i,3}$	20,1	20,1	20,8	22,0	20,4	20,9	20,3	20,2	21,4	19,8
$X_i$	20,3	20,1	20,9	21,7	20,4	20,9	20,4	20,2	21,5	19,8
$S_i$	0,17	0,06	0,10	0,27	0,08	0,01	0,10	0,10	0,12	0,06
$u(x_i)$	0,25	0,19	0,52	0,54	0,32	0,26	0,32	0,55	0,40	0,28
$U(x_i)$	0,50	0,38	1,04	1,08	0,64	0,52	0,63	1,11	0,79	0,57

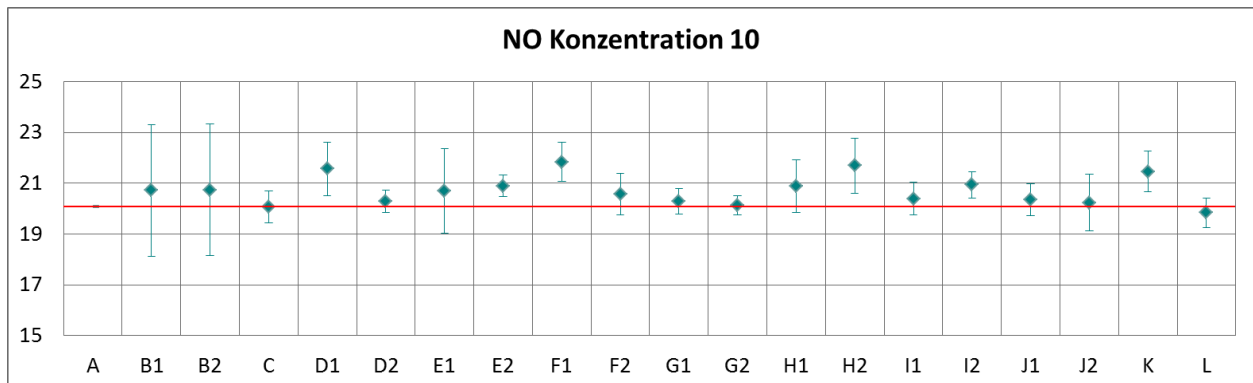


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 31: Ergebnisse für NO bei Konzentration 11 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 11  $x^* = 13,1$   $s^* = 0,46$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		11,0	11,0	10,5	11,0	10,9	10,9	11,0	11,5	10,4
$x_{i,2}$		13,7	13,9	13,2	14,0	13,2	13,7	13,9	14,1	13,3
$x_{i,3}$		14,9	15,0	14,41	12,8	12,5	15,0	15,2	15,3	14,9
$X_i$	12,4	13,2	13,3	11,8	12,6	12,2	13,2	13,4	13,6	12,8
$S_i$		2,01	2,06	1,93	1,51	1,18	2,10	2,15	1,95	2,28
$u(x_i)$		1,26	1,25	1,85	1,74	1,54	0,98	1,03	0,73	0,84
$U(x_i)$		2,52	2,50	3,71	3,48	3,08	1,96	2,06	1,47	1,68

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	10,7	10,5	11,1	10,7	10,5	10,3	10,9	10,5	11,8	9,8
$x_{i,2}$	13,4	13,3	13,7	13,8	13,4	13,4	13,7	13,4	14,6	12,8
$x_{i,3}$	14,6	14,6	15,1	14,9	14,6	14,5	14,9	16,6	16,0	14,1
$X_i$	12,9	12,8	13,3	13,2	12,9	12,7	13,1	13,5	14,1	12,2
$S_i$	2,00	2,10	2,06	2,19	2,09	2,19	2,08	3,06	2,14	2,21
$u(x_i)$	2,00	2,10	1,91	2,06	1,92	1,99	1,51	2,82	0,71	0,77
$U(x_i)$	4,00	4,20	3,82	4,13	3,84	3,97	3,03	5,64	1,42	1,54

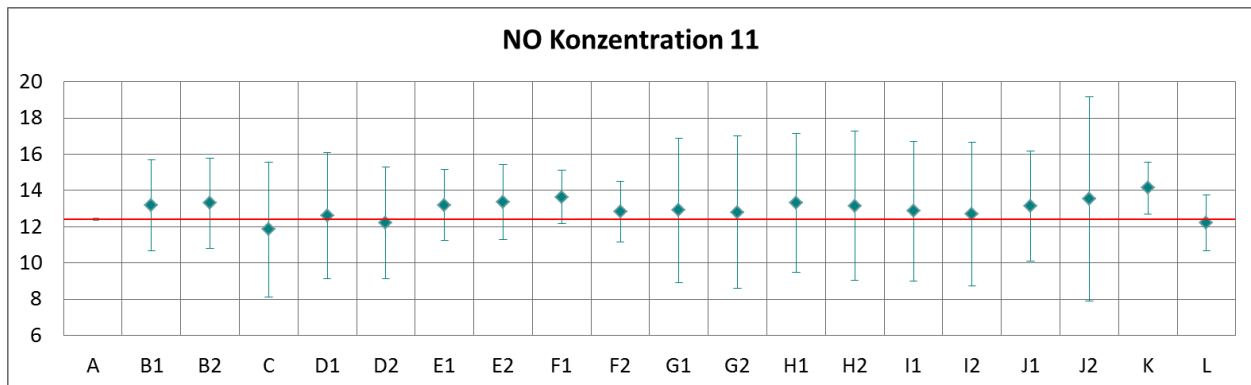


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 32: Ergebnisse für NO bei Konzentration 12 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 12  $x^* = 10,37$   $s^* = 0,47$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		10,6	10,4	9,9	10,8	10,0	10,3	10,5	11,5	10,5
$x_{i,2}$		10,4	10,3	9,9	10,7	9,9	10,2	10,4	11,2	10,4
$x_{i,3}$		10,4	10,3	9,9	10,9	9,8	10,1	10,4	11,0	10,1
$X_i$	9,9	10,4	10,4	9,9	10,8	9,9	10,2	10,4	11,3	10,3
$S_i$		0,10	0,06	0,02	0,10	0,10	0,10	0,06	0,26	0,23
$u(x_i)$		1,25	1,24	0,14	0,47	0,46	0,15	0,11	0,27	0,26
$U(x_i)$		2,50	2,48	0,28	0,94	0,92	0,30	0,22	0,54	0,53

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	10,1	9,9	10,5	11,4	10,2	10,6	10,4	9,9	11,2	9,8
$x_{i,2}$	10,0	9,9	10,5	11,1	10,1	10,4	10,2	10,1	11,1	9,7
$x_{i,3}$	9,8	9,9	10,4	11,2	10,0	10,4	10,1	9,9	11,1	9,6
$X_i$	10,0	9,9	10,5	11,2	10,1	10,5	10,2	10,0	11,1	9,7
$S_i$	0,15	0,00	0,05	0,12	0,10	0,11	0,13	0,09	0,06	0,10
$u(x_i)$	0,18	0,09	0,61	0,50	0,30	0,19	0,47	0,33	0,42	0,15
$U(x_i)$	0,35	0,18	1,21	1,00	0,60	0,39	0,94	0,67	0,84	0,30

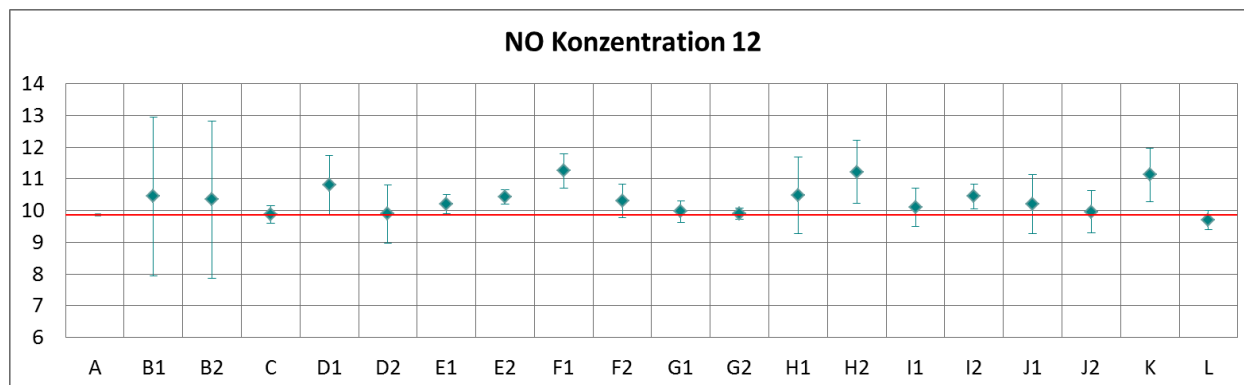


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO-Konzentration 12 (in ppb).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO IF bei Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration Null (Nullgas)  $x^* = -$   $s^* = -$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_i$		0.34	0.28	0.01	0.80	0.50	0.00	0.20	0.23	-0.23
$X_i$	0.00	0.34	0.28	0.01	0.80	0.50	0.00	0.20	0.23	-0.23
$u(x_i)$		1.23	1.22	0.50	0.68	0.68	0.05	0.03	0.69	0.38
$U(x_i)$		2.46	2.44	1.00	1.36	1.36	0.10	0.06	1.39	0.77

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_i$	0.00	0.00	0.03	0.03	0.18	0.26	0.24	-0.06	1.00	0.00
$X_i$	0.00	0.00	0.03	0.03	0.18	0.26	0.24	-0.06	1.00	0.00
$u(x_i)$	0.01	0.01	0.47	0.43	0.53	0.50	0.15	0.59	0.50	0.00
$U(x_i)$	0.02	0.02	0.94	0.85	1.06	1.01	0.30	1.19	1.00	0.00

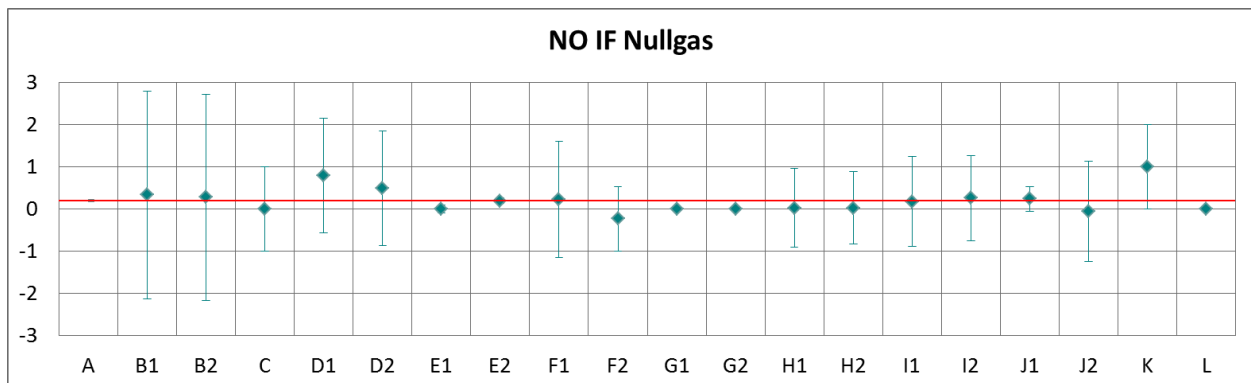


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO IF-Nullgas (in ppb).



Tabelle 34: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 1  $x^* = 19,5$   $s^* = 1,08$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		19,9	18,8	18,2	19,0	18,5	18,5	19,0	22,3	19,5
$x_{i,2}$		20,0	19,2	18,3	19,6	19,0	18,6	19,2	23,4	19,8
$x_{i,3}$		21,0	20,1	19,2	20,0	19,5	19,6	20,2	24,5	20,7
$X_i$	19,5	20,3	19,4	18,6	19,5	19,0	18,9	19,5	23,4	20,0
$S_i$		0,60	0,66	0,54	0,50	0,50	0,61	0,64	1,06	0,62
$u(x_i)$		1,30	1,29	0,55	1,02	1,02	0,42	0,22	0,73	0,66
$U(x_i)$		2,59	2,57	1,09	2,04	2,04	0,84	0,44	1,45	1,31

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	18,1	18,1	19,1	26,7	18,4	20,7	17,0	18,4	19,3	18,5
$x_{i,2}$	18,2	18,3	19,3	26,9	18,8	21,1	17,2	18,6	19,5	18,8
$x_{i,3}$	19,1	19,1	20,3	29,0	19,6	22,0	18,1	19,7	20,2	19,2
$X_i$	18,5	18,5	19,5	27,5	19,0	21,3	17,4	18,9	19,7	18,8
$S_i$	0,55	0,53	0,63	1,27	0,61	0,69	0,58	0,71	0,47	0,35
$u(x_i)$	0,58	0,55	0,77	1,29	0,67	0,68	0,59	0,83	0,46	0,39
$U(x_i)$	1,15	1,11	1,54	2,58	1,33	1,36	1,17	1,67	0,91	0,77

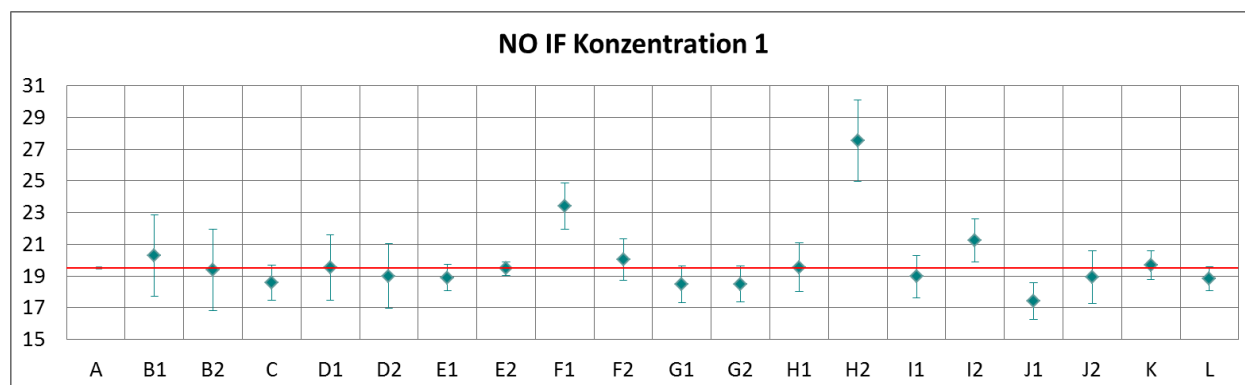


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 35: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 2  $x^* = 0,9$   $s^* = 0,93$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		1,9	0,7	0,1	0,9	1,5	0,3	0,6	4,4	1,4
$x_{i,2}$		1,8	0,6	0,1	1,0	0,9	0,3	0,6	3,8	1,4
$x_{i,3}$		1,9	0,7	0,1	1,2	1,0	0,3	0,6	4,0	1,7
$X_i$	1,1	1,9	0,7	0,1	1,0	1,1	0,3	0,6	4,0	1,5
$S_i$		0,03	0,06	0,02	0,15	0,32	0,00	0,00	0,30	0,17
$u(x_i)$		1,23	1,22	1,33	0,74	0,94	0,07	0,04	0,20	0,17
$U(x_i)$		2,46	2,44	2,67	1,48	1,88	0,14	0,08	0,40	0,33

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,0	0,1	0,7	9,0	0,5	2,6	-1,5	0,6	1,0	0,9
$x_{i,2}$	0,0	0,1	0,7	8,3	0,6	2,5	-1,5	0,5	1,0	0,9
$x_{i,3}$	0,0	0,0	0,8	7,9	0,6	2,5	-1,5	0,5	1,0	1,0
$X_i$	0,0	0,1	0,7	8,4	0,5	2,5	-1,5	0,5	1,0	0,9
$S_i$	0,00	0,06	0,05	0,51	0,08	0,05	0,04	0,05	0,00	0,06
$u(x_i)$	0,01	0,06	0,54	0,64	0,25	0,12	0,53	0,32	0,50	0,06
$U(x_i)$	0,02	0,12	1,08	1,28	0,50	0,24	1,06	0,64	1,00	0,12

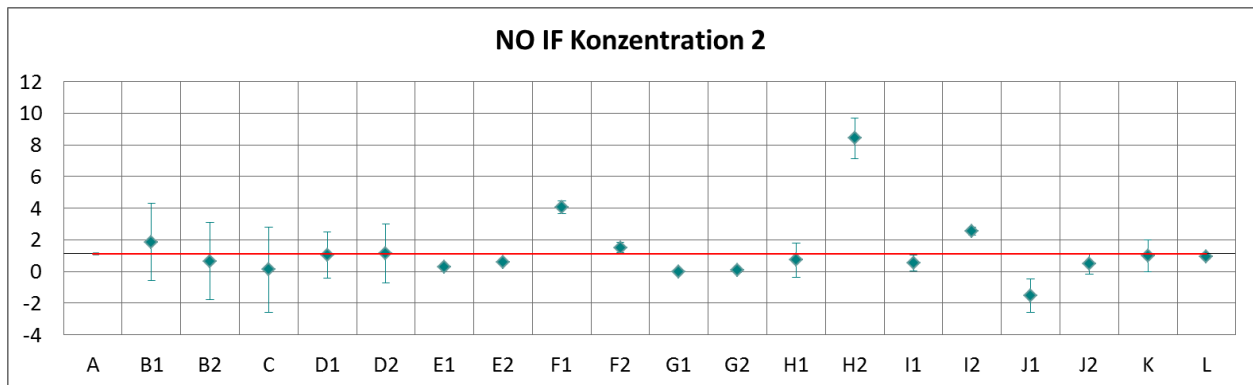


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 36: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration  $3x^* = 0,5$   $s^* = 0,39$

	Teilnehmer										
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
$x_i$		0,4	0,4	0,2	0,8	0,8	0,3	0,5	1,7	0,3	
$X_i$	0,2	0,4	0,4	0,2	0,8	0,8	0,3	0,5	1,7	0,3	
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,70	0,70	0,06	0,03	0,70	0,36	
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,40	1,40	0,12	0,06	1,40	0,72	

	Teilnehmer										
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L	
$x_i$	0,3	0,0	0,3	2,2	0,3	1,0	0,4	0,2	1,0	0,1	
$X_i$	0,3	0,0	0,3	2,2	0,3	1,0	0,4	0,2	1,0	0,1	
$u(x_i)$	0,01	0,01	0,53	0,48	0,54	0,51	0,21	0,59	0,50	0,51	
$U(x_i)$	0,02	0,02	1,06	0,96	1,08	1,03	0,43	1,19	1,00	1,02	

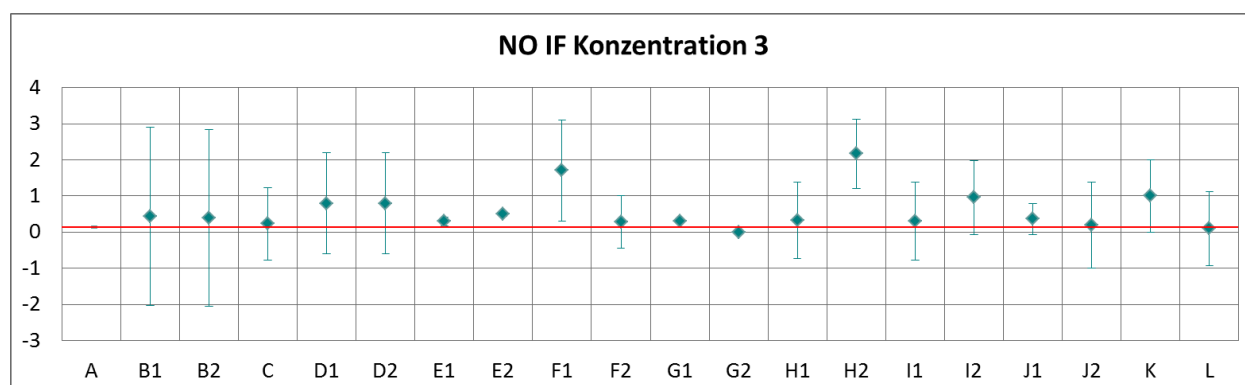


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 37: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 4  $x^* = 230,3$   $s^* = 2,49$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		230,1	232,1	229,9	233,0	229,8	231,1	233,2	219,9	229,4
$x_{i,2}$		230,1	232,2	229,3	235,0	230,6	231,7	233,4	219,9	229,5
$x_{i,3}$		230,2	232,4	229,0	234,0	230,6	231,9	233,1	220,5	229,6
$X_i$	228,5	230,1	232,2	229,4	234,0	230,3	231,6	233,2	220,1	229,5
$S_i$		0,06	0,17	0,43	1,00	0,46	0,42	0,15	0,35	0,10
$u(x_i)$		4,75	5,04	3,16	2,73	2,49	2,66	2,11	3,46	3,85
$U(x_i)$		9,50	10,08	6,33	5,46	4,98	5,32	4,22	6,91	7,69

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	229,6	229,2	234,1	226,4	229,2	227,9	231,4	230,9	229,4	227,5
$x_{i,2}$	229,8	229,0	234,5	226,3	229,7	228,0	231,4	231,1	229,3	227,6
$x_{i,3}$	229,7	229,2	234,5	226,2	230,5	227,7	231,5	231,1	229,4	227,6
$X_i$	229,7	229,1	234,4	226,3	229,8	227,9	231,4	231,0	229,4	227,6
$S_i$	0,10	0,12	0,25	0,09	0,66	0,15	0,05	0,09	0,06	0,06
$u(x_i)$	2,07	2,07	1,25	1,34	2,38	2,30	2,58	2,57	2,57	3,23
$U(x_i)$	4,15	4,14	2,50	2,68	4,76	4,59	5,16	5,13	5,14	6,46

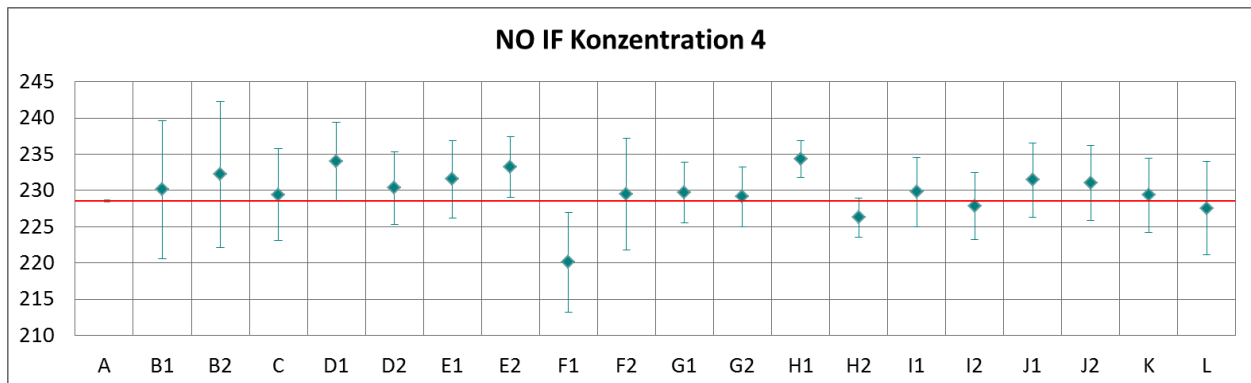


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration  $5x^* = 134,2$   $s^* = 1,65$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		134,9	135,2	131,5	135,5	134,0	134,3	135,4	131,6	134,2
$x_{i,2}$		134,4	134,8	130,8	136,0	134,2	133,7	134,9	131,3	133,7
$x_{i,3}$		135,4	135,7	131,6	137,2	133,9	134,8	135,8	132,4	134,3
$X_i$	133,0	134,9	135,2	131,3	136,2	134,0	134,3	135,4	131,8	134,1
$S_i$		0,51	0,44	0,43	0,87	0,15	0,55	0,45	0,57	0,32
$u(x_i)$		2,96	3,10	1,84	1,90	1,45	2,04	1,47	2,17	2,30
$U(x_i)$		5,92	6,20	3,67	3,80	2,90	4,08	2,94	4,35	4,60

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	133,0	133,0	136,4	138,6	133,7	134,5	132,9	134,2	133,4	132,3
$x_{i,2}$	132,6	132,6	136,1	138,4	133,4	134,1	132,3	133,9	133,1	131,7
$x_{i,3}$	133,7	133,5	137,0	139,3	134,3	135,1	133,4	135,0	134,1	132,2
$X_i$	133,1	133,0	136,5	138,8	133,8	134,6	132,8	134,4	133,5	132,1
$S_i$	0,56	0,45	0,49	0,50	0,46	0,50	0,52	0,53	0,51	0,32
$u(x_i)$	1,33	1,29	0,95	1,08	1,44	1,44	1,98	1,94	1,52	1,90
$U(x_i)$	2,65	2,57	1,89	2,17	2,88	2,88	3,96	3,88	3,05	3,80

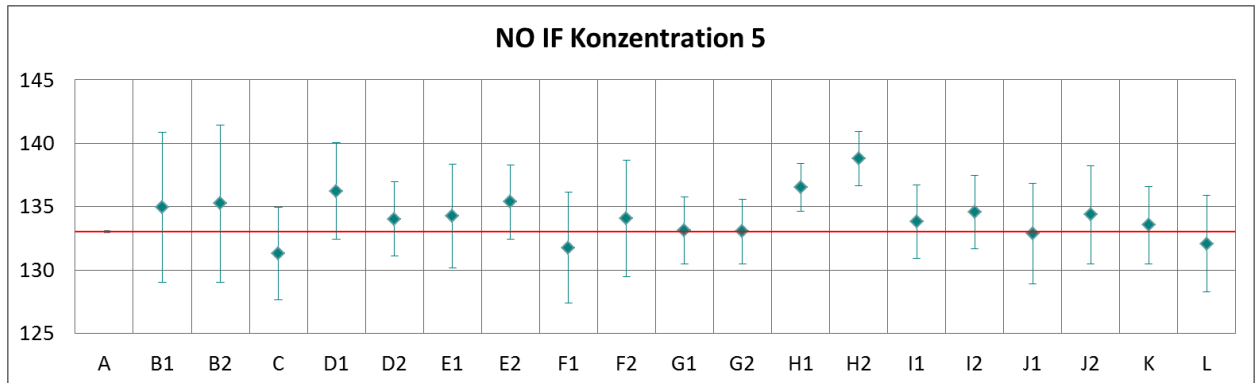


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 6  $x^* = 0,2$   $s^* = 0,27$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_i$		0,3	0,3	0,0	0,0	0,4	0,1	0,2	1,4	0,1
$X_i$	-0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,4	0,1	0,2	1,4	0,1
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,70	0,70	0,04	0,03	0,70	0,36
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,40	1,40	0,08	0,06	1,41	0,73

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_i$	0,1	0,0	0,1	2,3	0,2	0,9	0,2	-0,1	0,8	-0,1
$X_i$	0,1	0,0	0,1	2,3	0,2	0,9	0,2	-0,1	0,8	-0,1
$u(x_i)$	0,01	0,01	0,52	0,48	0,55	0,51	0,51	0,59	0,50	0,50
$U(x_i)$	0,02	0,02	1,04	0,96	1,09	1,02	1,03	1,19	1,00	1,00

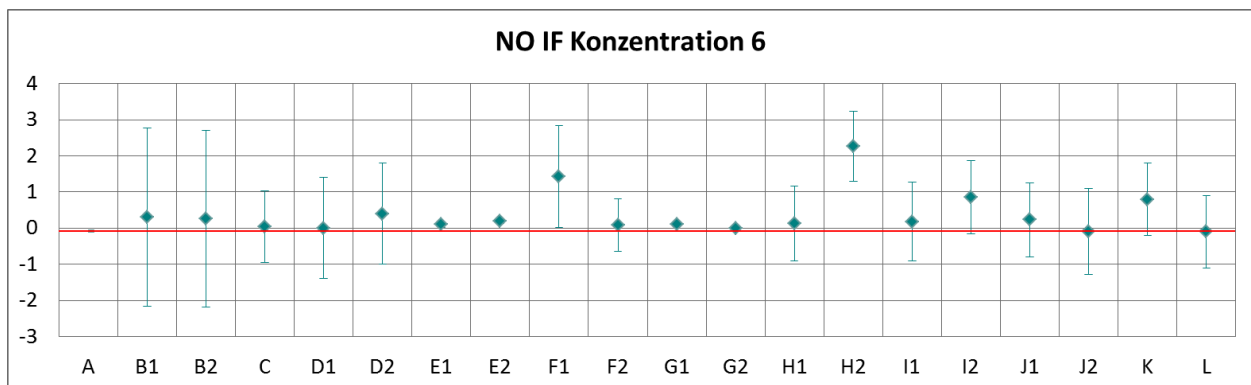


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 7  $x^* = 0,3$   $s^* = 0,55$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_i$		0,4	-0,3	0,1	0,0	0,4	0,6	0,6	2,4	-0,4
$X_i$	0,0	0,4	-0,3	0,1	0,0	0,4	0,6	0,6	2,4	-0,4
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,70	0,70	0,05	0,04	0,83	0,36
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,40	1,40	0,10	0,08	1,67	0,72

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_i$	0,1	0,0	-0,7	1,0	0,4	1,5	0,4	0,5	0,0	-0,1
$X_i$	0,1	0,0	-0,7	1,0	0,4	1,5	0,4	0,5	0,0	-0,1
$u(x_i)$	0,01	0,01	0,50	0,62	0,53	0,53	0,51	0,32	0,50	0,53
$U(x_i)$	0,02	0,02	0,99	1,24	1,07	1,06	1,02	0,64	1,00	1,07

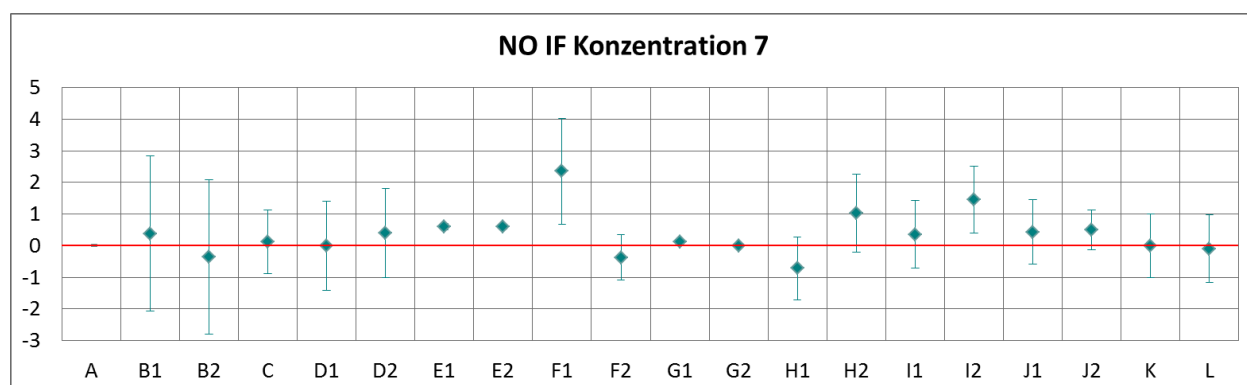


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration 8  $x^* = 282,5$   $s^* = 5,27$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		282,3	288,8	271,3	285,0	283,0	279,4	278,2	279,2	274,0
$x_{i,2}$		283,1	289,4	272,4	286,6	284,0	280,5	279,2	279,9	274,4
$x_{i,3}$		283,7	290,0	272,7	287,1	283,6	280,8	280,0	279,8	275,0
$X_i$	283,5	283,1	289,4	272,1	286,2	283,5	280,2	279,1	279,6	274,5
$S_i$		0,71	0,61	0,71	1,10	0,50	0,74	0,90	0,38	0,50
$u(x_i)$		5,78	6,21	3,74	2,45	3,00	3,08	2,76	4,40	4,63
$U(x_i)$		11,56	12,43	7,49	4,90	6,00	6,16	5,52	8,79	9,25

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	282,2	281,6	288,9	274,7	287,0	285,0	285,2	285,1	280,2	283,1
$x_{i,2}$	282,8	282,1	289,5	275,6	287,7	285,5	285,8	285,6	280,6	284,0
$x_{i,3}$	283,1	282,6	289,7	276,5	289,0	286,4	286,0	286,1	281,2	284,8
$X_i$	282,7	282,1	289,4	275,6	287,9	285,6	285,7	285,6	280,7	284,0
$S_i$	0,46	0,50	0,41	0,90	1,01	0,71	0,41	0,52	0,50	0,85
$u(x_i)$	2,59	2,59	1,69	1,74	3,09	2,94	2,97	2,97	3,22	4,04
$U(x_i)$	5,18	5,18	3,38	3,48	6,17	5,88	5,95	5,95	6,44	8,08

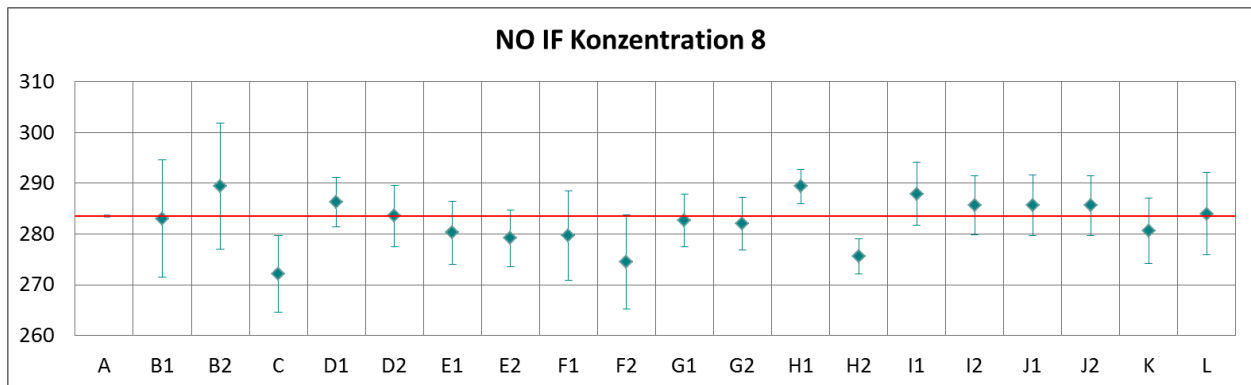


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO IF-Konzentration 8 (in ppb).



Tabelle 42: Ergebnisse für NO IF bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO IF, Konzentration  $9x^* = 165,9$   $s^* = 3,13$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		166,9	168,8	157,2	171,0	167,0	162,8	163,1	165,1	160,3
$x_{i,2}$		166,9	168,7	157,7	170,0	166,9	163,1	163,1	165,4	159,7
$x_{i,3}$		167,1	168,9	158,0	170,9	167,4	163,6	163,7	165,6	160,5
$X_i$	166,0	167,0	168,8	157,6	170,6	167,1	163,2	163,3	165,4	160,2
$S_i$		0,08	0,11	0,37	0,55	0,26	0,40	0,35	0,25	0,42
$u(x_i)$		3,55	3,76	2,22	1,77	1,82	2,26	1,76	3,01	3,17
$U(x_i)$		7,10	7,52	4,44	3,54	3,64	4,52	3,52	6,02	6,34

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	164,9	164,5	169,3		168,6	169,0	165,0	167,2	163,2	167,2
$x_{i,2}$	164,9	164,6	168,5		168,3	168,9	164,9	167,0	163,5	166,0
$x_{i,3}$	165,7	164,8	169,5	166,1	168,9	169,4	165,4	167,3	164,0	166,7
$X_i$	165,2	164,6	169,1	166,1	168,6	169,1	165,1	167,1	163,6	166,6
$S_i$	0,46	0,15	0,53		0,30	0,26	0,29	0,17	0,40	0,60
$u(x_i)$	1,56	1,50	1,05	0,89	1,82	1,75	2,11	2,13	1,93	2,40
$U(x_i)$	3,12	2,99	2,10	1,78	3,64	3,49	4,22	4,27	3,85	4,79

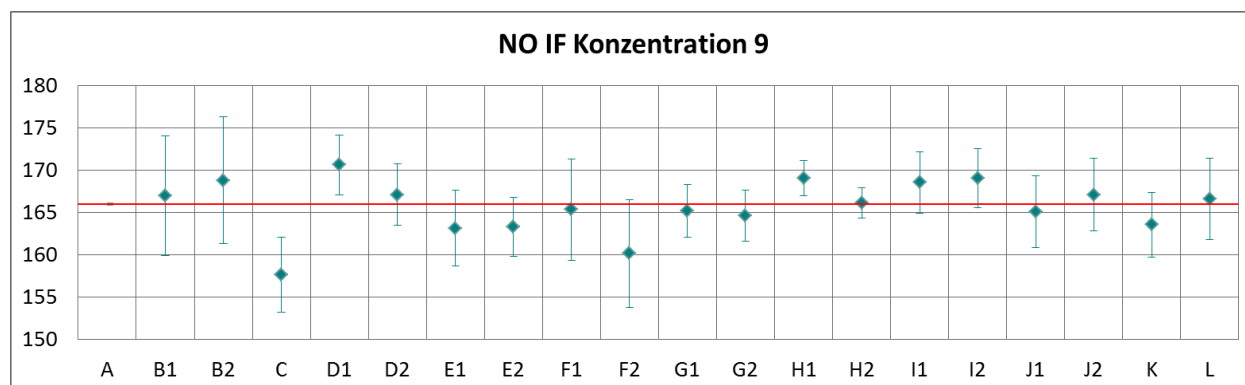


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO IF-Konzentration 9 (in ppb).

**Ergebnisse für NO<sub>2</sub>**

Tabelle 43: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration Null (Nullgas)  $x^* = 0,0$   $s^* = 0,05$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		-0,1	0,0	1,2	0,2	0,1	0,4	0,0	-0,4	1,0
$x_{i,2}$		-0,2	0,1	1,3	0,3	0,1	0,4	0,0	-0,3	1,0
$x_{i,3}$		-0,2	0,1	1,3	0,6	0,2	0,3	0,0	-0,3	0,7
$X_i$	-0,1	-0,1	0,1	1,2	0,4	0,1	0,4	0,0	-0,3	0,9
$S_i$		0,02	0,03	0,07	0,21	0,06	0,06	0,00	0,06	0,16
$u(x_i)$		1,14	1,26	0,51	0,82	0,59	0,05	0,04	0,68	0,41
$U(x_i)$		2,28	2,52	1,01	1,64	1,18	0,10	0,08	1,37	0,81

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,0	0,0	-0,5	0,0	0,1	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
$x_{i,2}$	0,0	0,0	-0,5	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
$x_{i,3}$	0,0	0,0	-0,4	-0,5	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
$X_i$	0,0	0,0	-0,5	-0,2	0,1	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0
$S_i$	0,00	0,00	0,06	0,28	0,07	0,01	0,05	0,05	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,03	0,03	0,62	0,51	0,53	0,51	0,53	0,28	0,50	0,50
$U(x_i)$	0,06	0,06	1,24	1,03	1,07	1,01	1,06	0,57	1,00	1,01

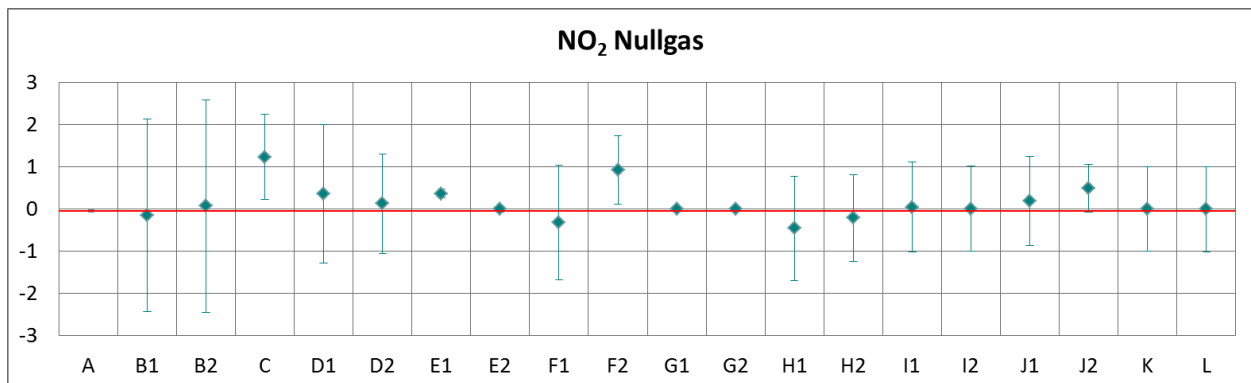


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub>-Nullgas (in ppb).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 1      $x^* = 1,5$       $s^* = 2,35$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		2,0	3,1	-2,7	1,3	2,1	0,0	0,0	3,2	-2,5
$x_{i,2}$		2,2	3,4	1,2	1,5	1,8	0,0	0,0	2,7	-2,1
$x_{i,3}$		2,3	3,4	-4,2	1,5	2,0	0,0	0,0	3,4	-1,9
$X_i$	0,9	2,2	3,3	-1,9	1,4	2,0	0,0	0,0	3,1	-2,1
$S_i$		0,13	0,19	2,80	0,12	0,15	0,00	0,00	0,34	0,33
$u(x_i)$		1,23	1,22	8,02	0,69	0,74	0,44	0,33	1,02	1,22
$U(x_i)$		2,47	2,44	16,03	1,38	1,48	0,88	0,66	2,03	2,44

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	2,3	4,6	2,3	-1,5	3,3	3,8	-1,3	1,8	2,5	0,9
$x_{i,2}$	2,4	4,8	2,1	-1,4	3,4	4,5	-0,2	2,5	2,6	1,2
$x_{i,3}$	2,3	4,8	2,4	-2,4	3,4	4,0	0,4	2,7	2,5	1,0
$X_i$	2,3	4,7	2,3	-1,8	3,4	4,1	-0,4	2,3	2,5	1,0
$S_i$	0,06	0,12	0,15	0,53	0,10	0,41	0,84	0,46	0,06	0,15
$u(x_i)$	0,07	0,13	0,61	0,95	0,24	0,51	0,77	0,35	0,38	0,72
$U(x_i)$	0,14	0,25	1,23	1,89	0,49	1,02	1,54	0,69	0,76	1,44

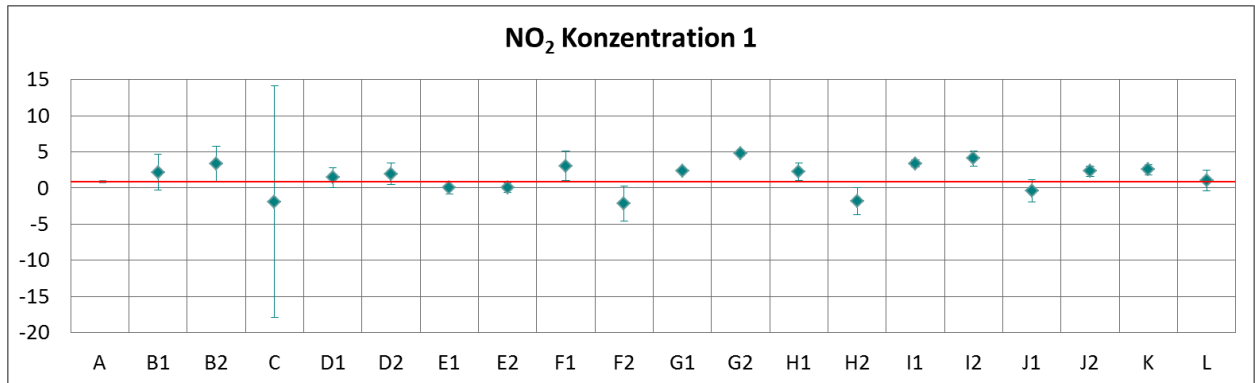


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 2      $x^* = 207,8$       $s^* = 4,14$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		203,3	215,8	208,4	205,6	208,3	207,0	207,8	199,0	200,5
$x_{i,2}$		204,6	217,6	210,9	206,6	208,4	208,6	209,7	201,3	202,0
$x_{i,3}$		205,1	218,4	211,9	207,0	209,5	209,6	210,8	202,8	202,8
$X_i$	204,2	204,3	217,3	210,4	206,4	208,7	208,4	209,4	201,0	201,8
$S_i$		0,92	1,34	1,78	0,72	0,67	1,31	1,52	1,91	1,17
$u(x_i)$		5,44	5,71	3,81	2,56	2,96	2,95	2,47	4,29	4,46
$U(x_i)$		10,89	11,42	7,63	5,12	5,92	5,90	4,94	8,59	8,92

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	205,4	206,5	209,9	183,2	206,8	206,5	211,3	208,7	206,6	204,7
$x_{i,2}$	206,6	208,0	212,0	184,2	208,6	208,0	213,2	211,2	208,6	206,7
$x_{i,3}$	207,0	208,7	212,7	185,3	209,4	208,8	213,9	211,7	209,4	207,2
$X_i$	206,3	207,7	211,5	184,2	208,3	207,8	212,8	210,5	208,2	206,2
$S_i$	0,83	1,12	1,43	1,06	1,33	1,17	1,38	1,62	1,44	1,32
$u(x_i)$	2,78	2,73	1,86	1,73	2,93	2,99	3,12	2,82	2,97	3,78
$U(x_i)$	5,57	5,46	3,71	3,46	5,86	5,97	6,25	5,64	5,95	7,56

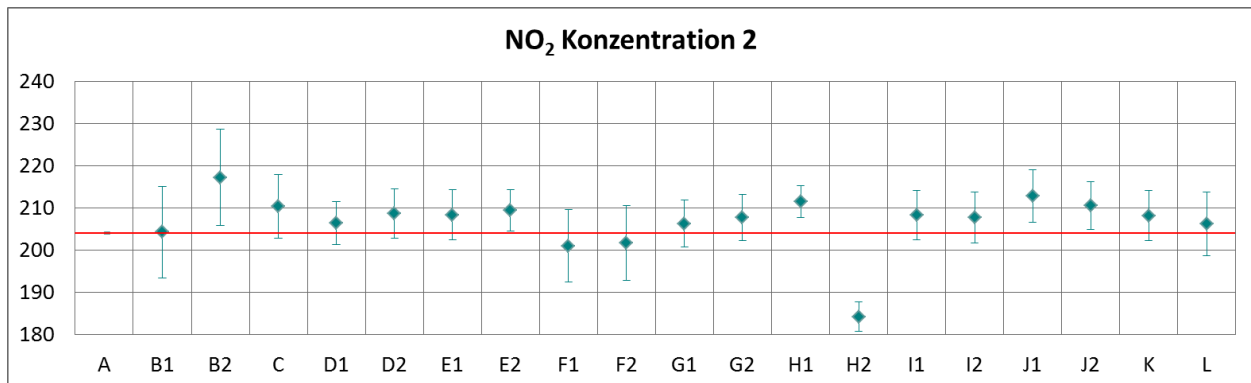


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 3  $x^* = 0,8$   $s^* = 1,44$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		1,1	1,9	-2,5	0,5	2,5	0,0	0,0	-0,5	-1,4
$x_{i,2}$		1,1	1,9	-2,3	0,0	2,7	0,0	0,0	0,5	-1,3
$x_{i,3}$		1,1	1,7	-2,8	0,0	2,3	0,0	0,0	0,6	-1,8
$X_i$	-0,6	1,1	1,8	-2,6	0,2	2,5	0,0	0,0	0,2	-1,5
$S_i$		0,01	0,09	0,27	0,29	0,20	0,00	0,00	0,57	0,24
$u(x_i)$		1,23	1,22	4,34	0,90	0,80	0,34	0,20	1,01	0,93
$U(x_i)$		2,46	2,44	8,67	1,80	1,60	0,68	0,40	2,02	1,87

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,9	2,7	1,1	-4,1	1,8	1,6	1,9	2,8	1,3	0,5
$x_{i,2}$	1,0	2,0	0,9	-3,5	1,6	1,8	1,6	2,5	1,2	0,2
$x_{i,3}$	0,9	2,1	0,9	-3,2	1,6	1,8	1,3	2,8	1,2	0,2
$X_i$	0,9	2,3	1,0	-3,6	1,7	1,7	1,6	2,7	1,2	0,3
$S_i$	0,06	0,38	0,12	0,46	0,08	0,15	0,30	0,17	0,06	0,17
$u(x_i)$	0,07	0,38	0,54	0,91	0,25	0,45	0,33	0,32	0,29	0,66
$U(x_i)$	0,13	0,76	1,08	1,82	0,50	0,90	0,67	0,64	0,59	1,32

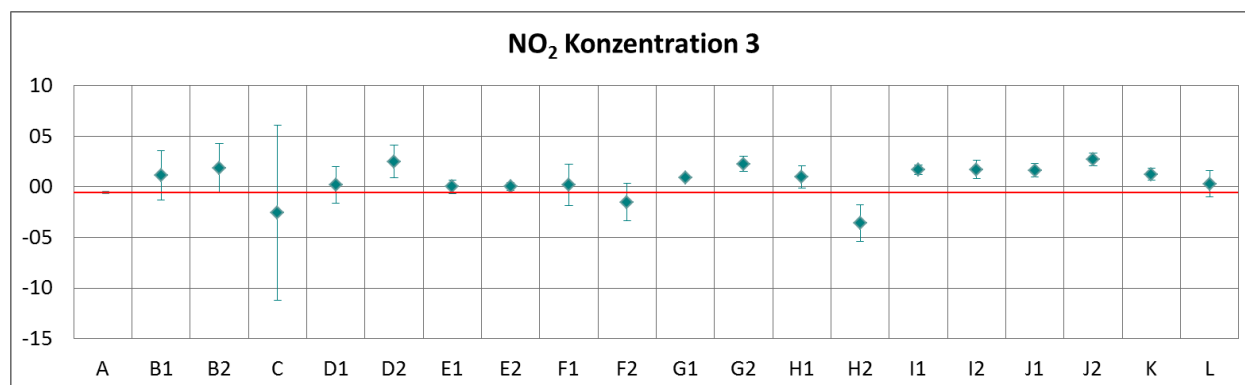


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 4  $x^* = 100,5$   $s^* = 2,78$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		98,6	104,8	103,0	101,2	101,9	100,1	100,3	94,9	96,2
$x_{i,2}$		98,9	105,6	103,2	100,0	102,0	100,7	100,7	94,7	96,4
$x_{i,3}$		99,0	105,5	103,8	102,0	101,9	100,7	101,0	94,9	96,7
$X_i$	97,7	98,8	105,3	103,3	101,1	101,9	100,5	100,7	94,8	96,4
$S_i$		0,24	0,44	0,44	1,01	0,06	0,35	0,35	0,11	0,23
$u(x_i)$		2,09	2,16	2,45	1,74	1,07	1,09	0,93	1,52	1,67
$U(x_i)$		4,18	4,33	4,90	3,48	2,14	2,18	1,86	3,05	3,34

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	99,1	99,9	101,8	85,6	100,3	99,1	103,4	102,2	100,3	98,7
$x_{i,2}$	99,4	100,2	102,3	85,5	100,8	99,7	103,7	102,8	100,7	99,3
$x_{i,3}$	99,6	100,5	102,5	85,9	101,1	99,5	103,9	103,0	100,8	99,6
$X_i$	99,4	100,2	102,2	85,7	100,7	99,5	103,6	102,6	100,6	99,2
$S_i$	0,25	0,30	0,35	0,18	0,40	0,31	0,24	0,38	0,26	0,46
$u(x_i)$	1,00	1,02	0,78	1,11	1,11	1,08	1,79	1,40	1,17	1,56
$U(x_i)$	2,00	2,04	1,57	2,23	2,21	2,15	3,57	2,79	2,34	3,12

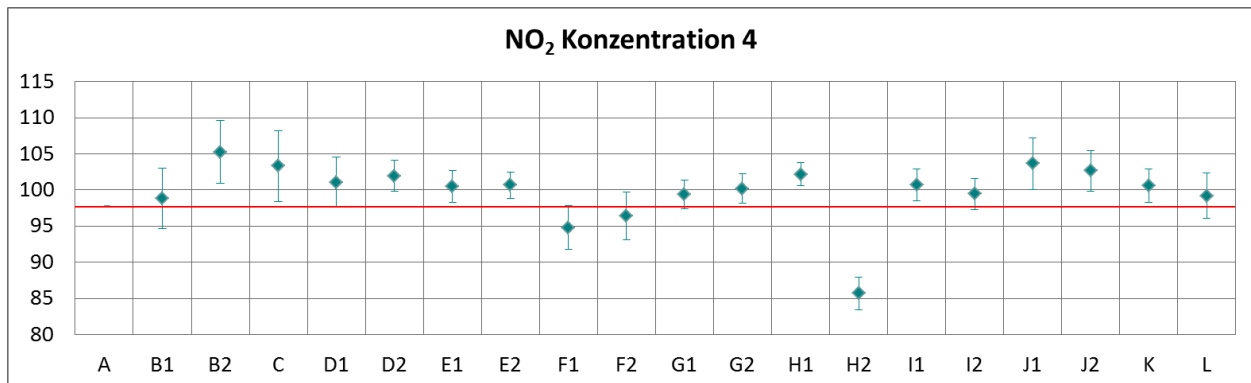


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 5  $x^* = 0,4$   $s^* = 0,70$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		0,6	1,2	-1,4	0,5	0,5	0,0	0,0	-0,3	-0,7
$x_{i,2}$		0,4	1,2	-1,3	0,0	0,6	0,0	0,0	-0,2	-0,9
$x_{i,3}$		0,5	1,2	-1,3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	-1,2
$X_i$	-0,3	0,5	1,2	-1,3	0,2	0,6	0,0	0,0	-0,2	-0,9
$S_i$		0,10	0,02	0,07	0,29	0,15	0,00	0,00	0,18	0,23
$u(x_i)$		1,23	1,22	1,81	0,90	0,74	0,26	0,20	0,83	0,57
$U(x_i)$		2,46	2,44	3,62	1,80	1,48	0,52	0,40	1,66	1,15

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,5	0,9	0,3	-3,9	1,1	0,9	1,0	2,0	0,6	0,1
$x_{i,2}$	0,4	0,8	0,2	-3,2	1,0	0,9	0,9	2,0	0,4	0,1
$x_{i,3}$	0,4	0,8	0,4	-2,3	1,0	1,0	0,9	1,8	0,5	0,1
$X_i$	0,4	0,8	0,3	-3,1	1,0	0,9	0,9	1,9	0,5	0,1
$S_i$	0,06	0,06	0,08	0,81	0,04	0,08	0,10	0,14	0,10	0,00
$u(x_i)$	0,07	0,07	0,51	0,94	0,24	0,26	0,20	0,32	0,27	0,34
$U(x_i)$	0,13	0,13	1,03	1,88	0,48	0,52	0,40	0,64	0,54	0,68

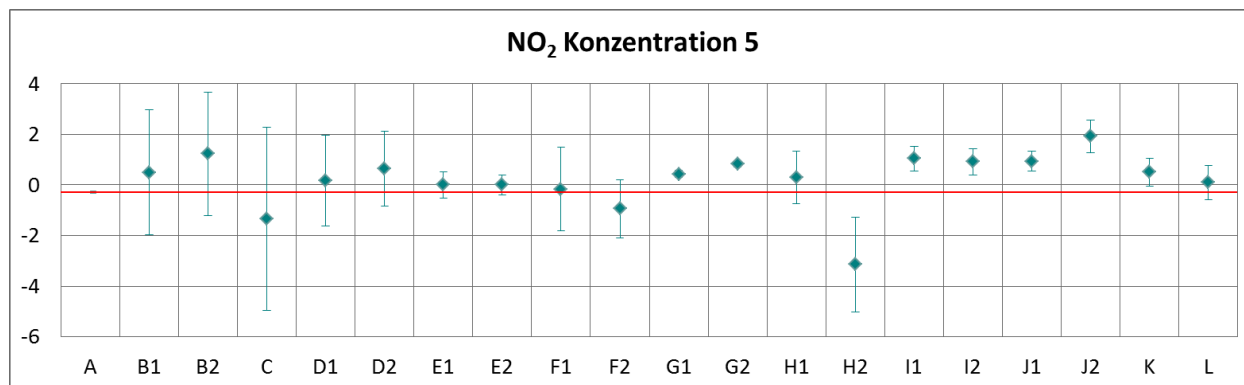


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 6      $x^* = 46,8$   $s^* = 1,63$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		46,2	49,5	48,2	45,6	46,6	46,9	47,0	43,3	44,5
$x_{i,2}$		46,3	49,7	48,4	45,6	46,6	47,1	47,1	43,4	45,0
$x_{i,3}$		46,3	49,6	48,5	46,2	46,6	47,0	47,0	43,9	44,5
$X_i$	45,2	46,3	49,6	48,4	45,8	46,6	47,0	47,0	43,5	44,6
$S_i$		0,03	0,13	0,14	0,35	0,00	0,10	0,06	0,35	0,27
$u(x_i)$		1,46	1,48	1,44	0,91	0,47	0,47	0,44	0,79	0,89
$U(x_i)$		2,93	2,97	2,89	1,82	0,94	0,94	0,88	1,58	1,78

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	46,4	46,6	47,7	38,2	47,1	45,9	48,7	48,4	46,9	45,9
$x_{i,2}$	46,5	46,9	47,7	37,8	47,4	46,4	48,8	48,6	47,0	46,3
$x_{i,3}$	46,5	46,9	47,7	38,2	47,3	46,3	48,8	48,7	47,1	46,1
$X_i$	46,5	46,8	47,7	38,1	47,2	46,2	48,8	48,5	47,0	46,1
$S_i$	0,06	0,17	0,00	0,21	0,13	0,23	0,08	0,13	0,10	0,20
$u(x_i)$	0,42	0,46	0,58	0,81	0,56	0,57	0,68	0,94	0,61	0,74
$U(x_i)$	0,85	0,91	1,15	1,63	1,11	1,14	1,37	1,87	1,22	1,49

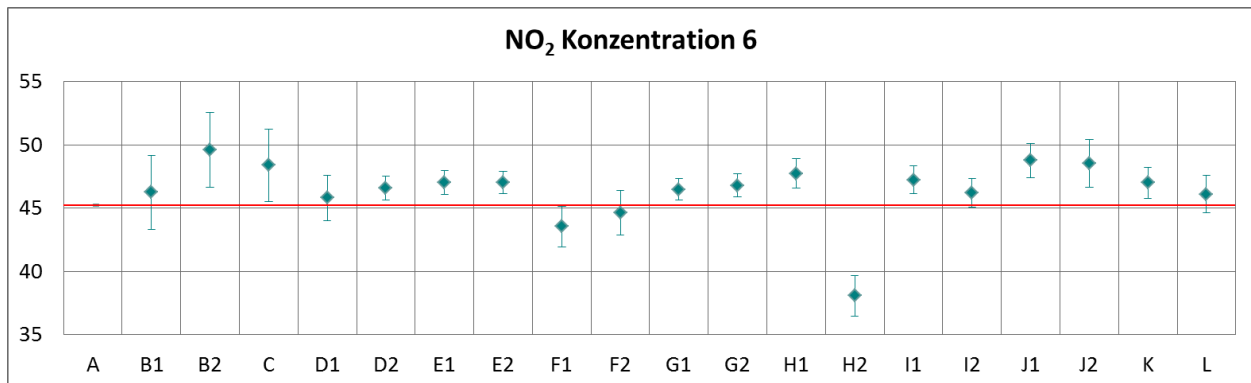


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 6 (in ppb).



Tabelle 50: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 7      $x^* = 0,2$       $s^* = 0,31$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		0,3	0,8	-0,5	0,5	1,0	0,2	0,0	-0,3	-0,7
$x_{i,2}$		0,2	0,6	-0,8	0,0	0,9	0,1	0,0	-0,4	-0,5
$x_{i,3}$		0,2	0,6	-0,7	0,0	1,1	0,1	0,0	-0,1	-0,4
$X_i$	-0,1	0,2	0,7	-0,7	0,2	1,0	0,1	0,0	-0,2	-0,5
$S_i$		0,10	0,10	0,14	0,29	0,10	0,06	0,00	0,12	0,19
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,89	0,90	0,67	0,16	0,11	0,81	0,42
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,77	1,80	1,34	0,32	0,22	1,61	0,84

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,3	0,1	0,1	-2,5	0,8	0,4	0,8	1,5	0,2	0,2
$x_{i,2}$	0,2	0,0	0,0	-2,7	0,5	0,3	0,4	1,3	0,1	0,2
$x_{i,3}$	0,3	0,0	-0,1	-2,8	0,5	0,2	0,3	1,1	0,2	0,0
$X_i$	0,3	0,0	0,0	-2,7	0,6	0,3	0,5	1,3	0,2	0,1
$S_i$	0,06	0,06	0,09	0,14	0,14	0,09	0,24	0,18	0,06	0,12
$u(x_i)$	0,07	0,07	0,52	0,64	0,27	0,24	0,29	0,32	0,30	0,38
$U(x_i)$	0,13	0,13	1,03	1,29	0,53	0,48	0,58	0,64	0,60	0,76

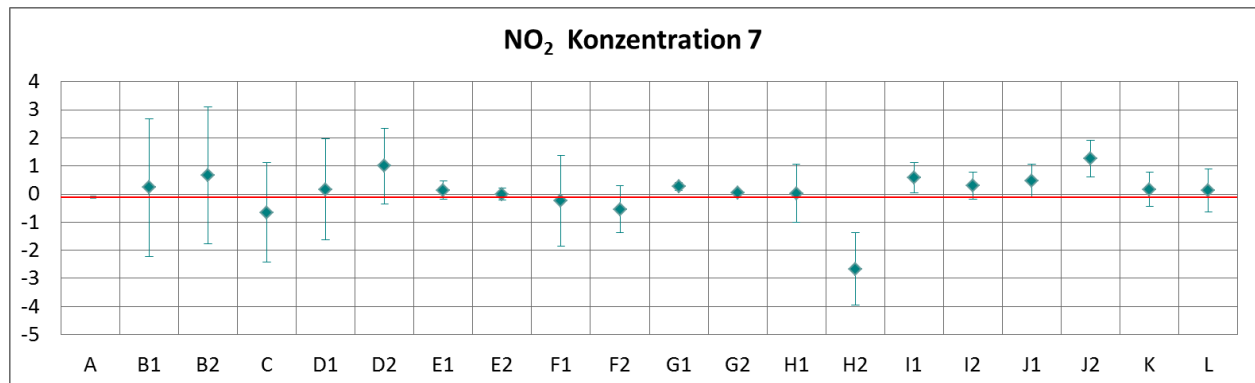


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 8      $x^* = 22,0$   $s^* = 0,92$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		21,7	23,3	23,0	21,7	21,4	22,3	21,8	19,2	20,7
$x_{i,2}$		21,8	23,6	23,1	21,7	21,9	22,4	22,0	19,9	20,8
$x_{i,3}$		21,8	23,4	23,2	21,7	21,9	22,3	22,0	19,9	21,0
$X_i$	21,2	21,8	23,4	23,1	21,7	21,7	22,3	21,9	19,7	20,8
$S_i$		0,53	2,20	1,87	0,48	0,51	1,11	0,71	-1,56	-0,38
$u(x_i)$		1,29	1,28	0,70	0,28	0,79	0,24	0,23	0,50	0,40
$U(x_i)$		2,57	2,57	1,41	0,56	1,58	0,48	0,46	1,01	0,80

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	21,6	21,6	22,1	16,6	22,4	21,3	22,9	23,0	21,8	21,4
$x_{i,2}$	21,9	21,7	22,4	16,5	22,3	21,2	22,9	23,0	22,0	21,5
$x_{i,3}$	22,0	21,7	22,4	16,9	22,3	21,4	22,9	22,8	22,2	21,6
$X_i$	21,8	21,7	22,3	16,7	22,3	21,3	22,9	22,9	22,0	21,5
$S_i$	0,61	0,45	1,07	-4,57	1,09	0,08	1,67	1,71	0,78	0,28
$u(x_i)$	0,29	0,21	0,52	0,69	0,34	0,29	0,56	0,81	0,40	0,43
$U(x_i)$	0,58	0,41	1,03	1,37	0,68	0,58	1,13	1,62	0,79	0,85

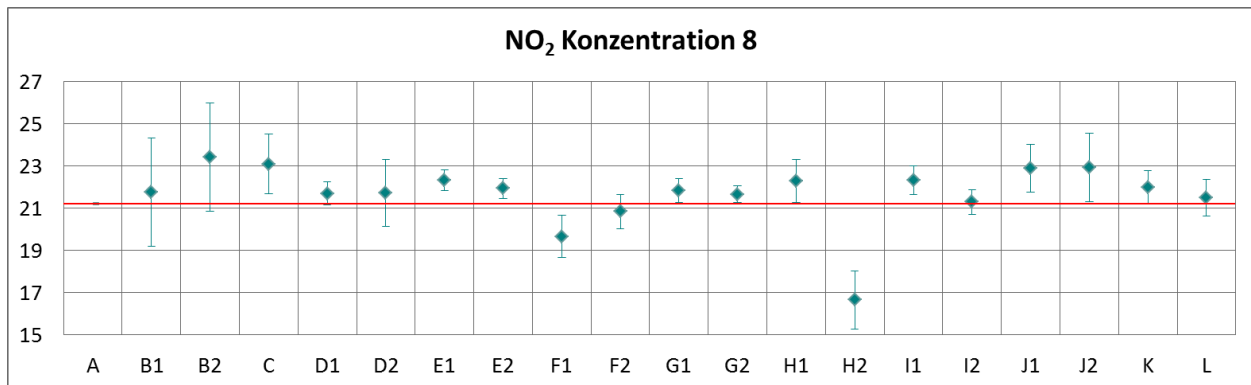


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub>-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 9  $x^* = 0,4$   $s^* = 0,33$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		1,0	1,3	0,7	0,5	0,1	1,1	0,4	0,4	0,7
$x_{i,2}$		0,3	0,6	0,0	0,5	0,3	0,4	0,0	-0,4	0,0
$x_{i,3}$		0,0	0,2	-0,3	0,7	0,4	0,1	0,0	-0,5	-0,4
$X_i$	0,4	0,4	0,7	0,2	0,6	0,3	0,5	0,1	-0,2	0,1
$S_i$		0,51	0,56	0,50	0,12	0,15	0,51	0,23	0,50	0,55
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,63	0,69	0,74	0,20	0,32	0,71	0,44
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,25	1,38	1,48	0,40	0,64	1,43	0,88

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,9	0,5	0,7	-1,1	1,3	1,2	1,2	1,8	0,8	1,0
$x_{i,2}$	0,2	0,0	0,0	-2,0	0,6	0,4	0,4	1,1	0,1	0,3
$x_{i,3}$	0,1	0,0	-0,2	-1,8	0,3	0,2	0,2	0,8	0,0	0,1
$X_i$	0,4	0,2	0,2	-1,6	0,7	0,6	0,6	1,2	0,3	0,5
$S_i$	0,44	0,29	0,46	0,48	0,49	0,50	0,56	0,51	0,44	0,47
$u(x_i)$	0,44	0,29	0,73	0,68	0,51	0,46	0,26	0,38	0,30	0,26
$U(x_i)$	0,87	0,58	1,46	1,36	1,02	0,92	0,52	0,76	0,60	0,52

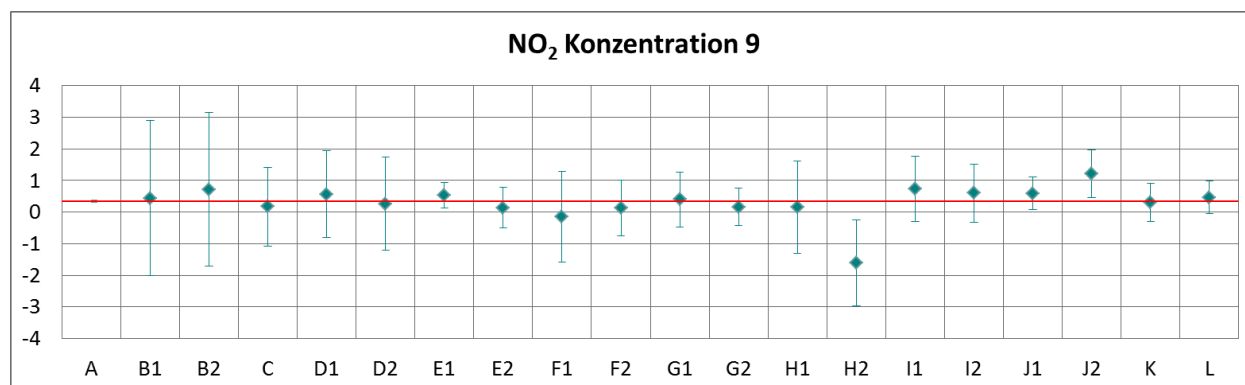


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub>-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 10 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 10  $x^* = 11,5$   $s^* = 0,57$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		11,3	12,3	12,2	11,6	11,8	11,8	11,3	9,5	11,0
$x_{i,2}$		11,3	12,4	12,2	11,6	11,3	12,0	11,4	9,4	11,1
$x_{i,3}$		11,3	12,3	12,1	11,6	11,8	11,9	11,4	9,5	11,1
$X_i$	11,2	11,3	12,3	12,2	11,6	11,6	11,9	11,4	9,5	11,1
$S_i$		0,02	0,05	0,09	0,00	0,29	0,10	0,06	0,10	0,07
$u(x_i)$		1,25	1,24	0,35	0,15	0,77	0,16	0,14	0,29	0,28
$U(x_i)$		2,49	2,48	0,70	0,30	1,54	0,32	0,28	0,59	0,56

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	11,4	11,0	11,5	8,0	11,7	11,0	11,9	12,1	11,4	11,3
$x_{i,2}$	11,6	11,0	11,7	8,3	11,7	10,9	12,0	12,3	11,5	11,2
$x_{i,3}$	11,5	11,0	11,7	8,3	11,9	11,1	12,0	12,3	11,5	11,4
$X_i$	11,5	11,0	11,7	8,2	11,8	11,0	12,0	12,2	11,5	11,3
$S_i$	0,10	0,00	0,11	0,18	0,09	0,09	0,03	0,10	0,06	0,10
$u(x_i)$	0,15	0,10	0,52	0,56	0,28	0,20	0,45	0,56	0,33	0,24
$U(x_i)$	0,29	0,21	1,05	1,12	0,57	0,41	0,90	1,11	0,65	0,48

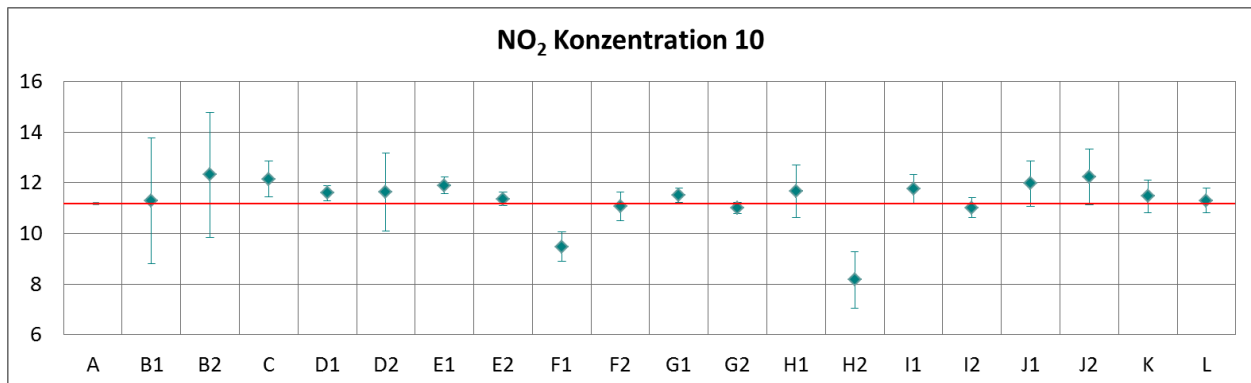


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub>-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 11 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 11  $x^* = 0,8$   $s^* = 0,37$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		0,9	1,4	1,3	0,5	1,0	1,4	0,7	-0,3	1,1
$x_{i,2}$		0,9	1,3	1,1	1,0	1,2	1,3	0,5	-0,1	1,0
$x_{i,3}$		0,5	0,9	0,7	1,0	1,1	0,8	0,2	-0,2	0,6
$X_i$	0,9	0,8	1,2	1,0	0,8	1,1	1,2	0,5	-0,2	0,9
$S_i$		0,25	0,24	0,33	0,29	0,10	0,32	0,25	0,07	0,24
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,38	0,90	0,67	0,13	0,10	0,71	0,42
$U(x_i)$		2,46	2,44	0,77	1,80	1,34	0,26	0,20	1,41	0,83

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	1,0	0,5	0,9	-0,3	1,3	0,8	1,2	1,6	1,0	1,0
$x_{i,2}$	1,0	0,5	0,8	-0,6	1,2	1,0	1,1	1,5	0,9	1,0
$x_{i,3}$	0,6	0,0	0,5	-0,6	0,8	0,7	0,6	1,2	0,4	0,5
$X_i$	0,9	0,3	0,7	-0,5	1,1	0,8	1,0	1,4	0,8	0,8
$S_i$	0,23	0,29	0,24	0,19	0,25	0,15	0,31	0,20	0,32	0,29
$u(x_i)$	0,23	0,29	0,57	0,54	0,33	0,23	0,16	0,32	0,30	0,59
$U(x_i)$	0,47	0,58	1,15	1,07	0,65	0,47	0,31	0,64	0,60	1,19

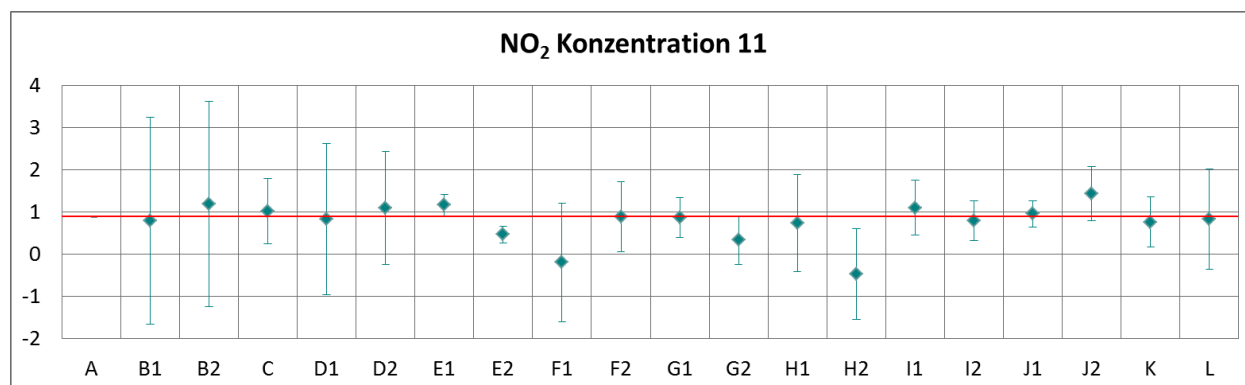


Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub>-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Konzentration 12 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub>, Konzentration 12  $x^* = 5,7$   $s^* = 0,48$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		5,5	6,2	5,9	5,8	6,7	6,0	5,4	4,3	5,7
$x_{i,2}$		5,6	6,3	6,0	5,8	6,7	6,1	5,5	4,3	5,5
$x_{i,3}$		5,6	6,3	6,2	5,8	6,7	6,1	5,5	4,5	5,6
$X_i$	5,6	5,5	6,3	6,0	5,8	6,7	6,1	5,5	4,4	5,6
$S_i$		0,07	0,05	0,15	0,00	0,00	0,06	0,06	0,09	0,11
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,20	0,50	0,50	0,11	0,08	0,23	0,25
$U(x_i)$		2,47	2,45	0,40	1,00	1,00	0,22	0,16	0,46	0,50

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	5,7	5,2	5,7	3,9	5,9	5,4	5,8	6,3	5,7	5,6
$x_{i,2}$	5,8	5,2	5,6	3,7	6,0	5,4	5,9	6,3	5,7	5,6
$x_{i,3}$	5,8	5,2	5,7	3,7	6,0	5,5	6,0	6,3	5,6	5,6
$X_i$	5,8	5,2	5,7	3,8	6,0	5,4	5,9	6,3	5,7	5,6
$S_i$	0,06	0,00	0,03	0,12	0,07	0,04	0,08	0,03	0,06	0,00
$u(x_i)$	0,08	0,06	0,58	0,50	0,26	0,14	0,33	0,26	0,41	0,18
$U(x_i)$	0,17	0,11	1,16	1,01	0,53	0,29	0,67	0,52	0,81	0,36

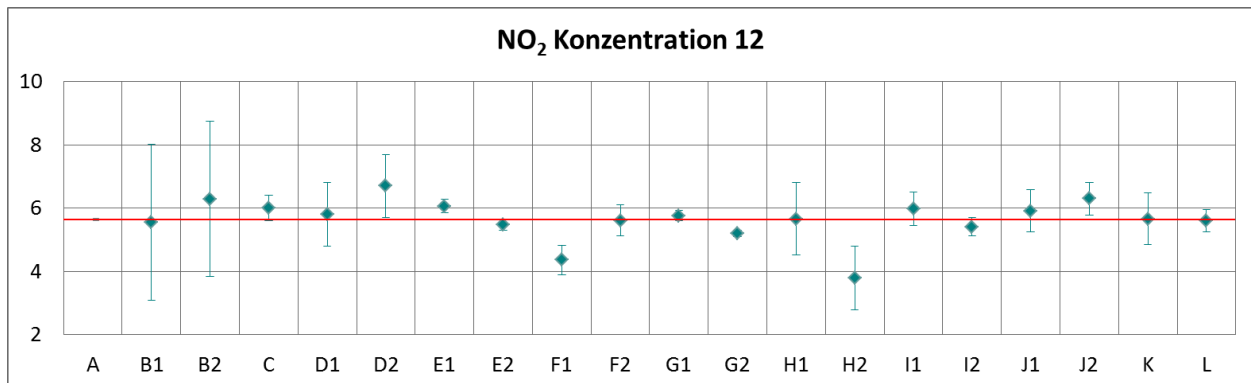


Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub>-Konzentration 12 (in ppb).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration Null (Nullgas)  $x^* = -$   $s^* = -$

	Teilnehmer										
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
$x_i$		0,0	0,2	0,5	1,0	0,3	0,4	0,0	-0,3	0,2	
$X_i$	0,1	0,0	0,2	0,5	1,0	0,3	0,4	0,0	-0,3	0,2	
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,51	0,80	0,80	0,07	0,08	0,68	0,42	
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,03	1,60	1,60	0,14	0,16	1,37	0,83	

	Teilnehmer										
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L	
$x_i$	0,1	0,0	-0,2	-1,2	0,3	0,1	0,3	0,4	0,0	0,0	
$X_i$	0,1	0,0	-0,2	-1,2	0,3	0,1	0,3	0,4	0,0	0,0	
$u(x_i)$	0,03	0,03	0,49	0,55	0,56	0,51	0,13	0,59	0,50	0,00	
$U(x_i)$	0,06	0,06	0,99	1,10	1,12	1,02	0,27	1,19	1,00	0,00	

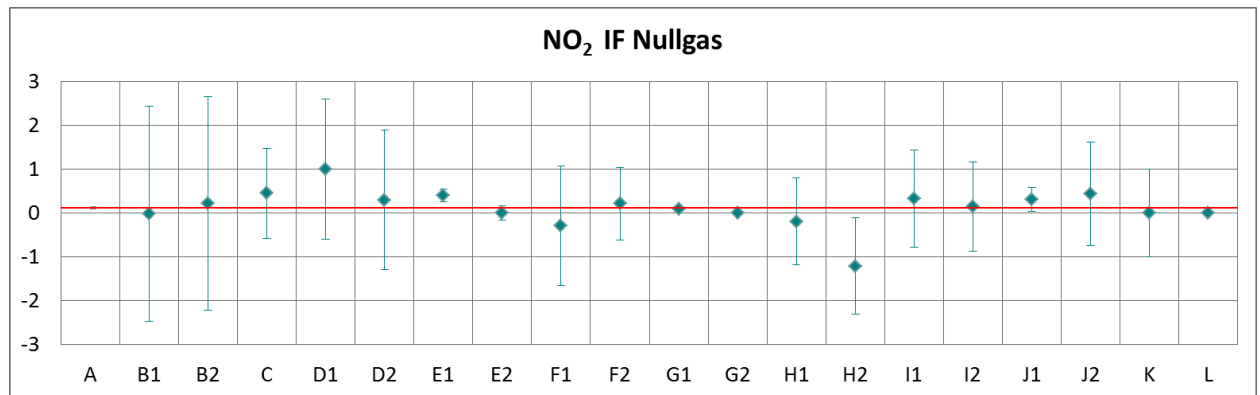


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub> IF-Nullgas (in ppb).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 1       $x^* = 98,9$   $s^* = 3,21$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		96,9	103,4	104,7	100,4	102,3	99,4	100,7	92,0	96,6
$x_{i,2}$		96,9	103,2	103,6	101,0	102,8	99,5	100,7	91,4	96,5
$x_{i,3}$		96,0	102,3	102,0	101,2	102,3	98,2	99,7	90,5	96,1
$X_i$	96,2	96,6	103,0	103,4	100,9	102,5	99,0	100,4	91,3	96,4
$S_i$		0,51	0,57	1,33	0,42	0,29	0,72	0,58	0,76	0,28
$u(x_i)$		2,05	2,13	1,43	1,36	1,27	1,07	0,95	1,58	1,67
$U(x_i)$		4,11	4,26	2,85	2,72	2,54	2,14	1,90	3,17	3,33

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	97,1	97,7	100,6	86,1	99,2	96,3	101,3	100,1	98,6	97,0
$x_{i,2}$	97,4	97,7	100,6	85,9	99,2	96,5	101,5	100,3	98,7	97,1
$x_{i,3}$	96,5	96,8	99,6	84,3	98,2	95,6	100,7	99,3	97,9	96,8
$X_i$	97,0	97,4	100,2	85,4	98,9	96,1	101,2	99,9	98,4	97,0
$S_i$	0,46	0,52	0,54	0,98	0,58	0,44	0,38	0,58	0,44	0,15
$u(x_i)$	1,05	1,08	0,88	1,24	1,16	1,10	1,81	1,78	1,17	1,50
$U(x_i)$	2,11	2,17	1,75	2,47	2,32	2,19	3,61	3,56	2,34	3,01

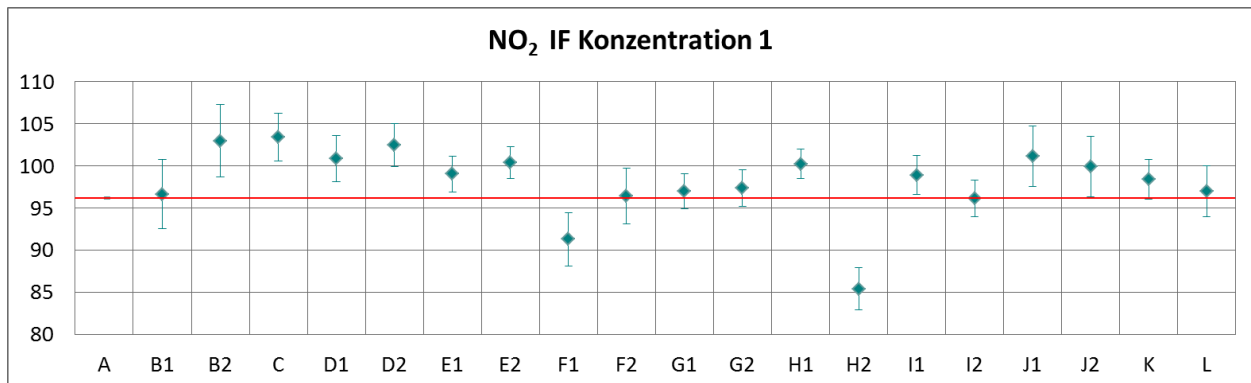


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 1 (in ppb).



Tabelle 58: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 2       $x^* = 109$     $s^* = 4,03$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		107,4	113,8	110,7	113,4	115,6	109,3	111,7	101,7	106,9
$x_{i,2}$		107,7	114,8	110,6	114,0	116,1	109,7	111,9	101,7	107,2
$x_{i,3}$		107,9	115,3	110,6	113,8	116,7	109,8	112,2	102,0	107,3
$X_i$	107,6	107,7	114,6	110,6	113,7	116,1	109,6	111,9	101,8	107,1
$S_i$		0,28	0,76	0,08	0,31	0,55	0,26	0,25	0,17	0,21
$u(x_i)$		2,21	2,29	0,27	1,38	1,56	1,13	1,00	1,61	1,82
$U(x_i)$		4,41	4,59	1,17	2,76	3,12	2,26	2,00	3,22	3,65

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	106,8	106,0	109,4	94,9	108,2	105,2	111,1	108,7	107,6	105,3
$x_{i,2}$	106,9	106,2	109,9	95,1	108,7	105,2	111,5	109,2	107,7	106,0
$x_{i,3}$	107,2	106,5	110,2	95,4	108,7	105,6	111,7	109,6	108,0	106,2
$X_i$	107,0	106,2	109,8	95,1	108,5	105,3	111,4	109,1	107,8	105,8
$S_i$	0,21	0,25	0,38	0,25	0,29	0,23	0,27	0,45	0,21	0,47
$u(x_i)$	0,99	0,99	0,81	0,73	1,17	1,08	1,82	1,82	1,46	1,62
$U(x_i)$	1,97	1,98	1,61	1,47	2,34	2,16	3,65	3,63	2,91	3,24

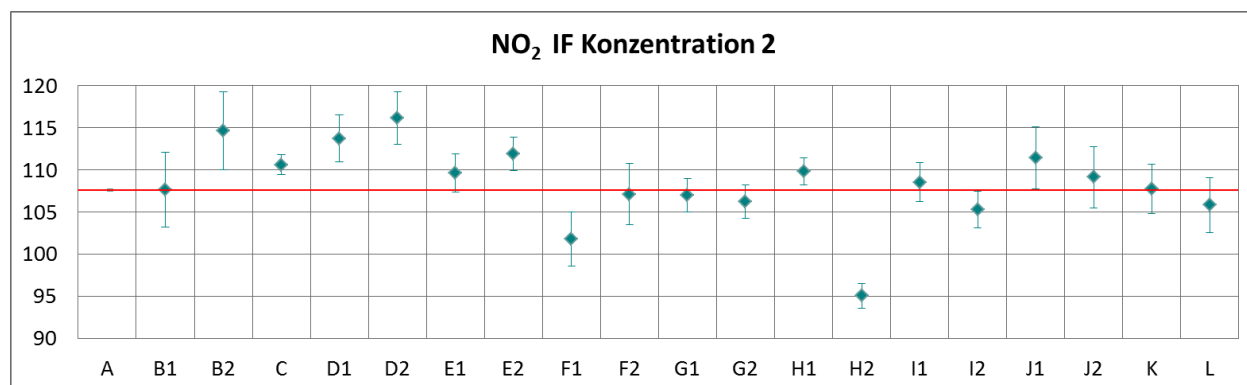


Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 3  $x^* = 0,6$   $s^* = 0,67$

	Teilnehmer										
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
$x_i$		0,3	1,2	0,3	1,0	0,5	8,8	22,2	-0,9	3,3	
$X_i$	0,0	0,3	1,2	0,3	1,0	0,5	8,8	22,2	-0,9	3,3	
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,72	0,72	4,21	7,64	0,70	3,23	
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,44	1,44	8,42	15,28	1,40	6,46	

	Teilnehmer										
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L	
$x_i$	0,1	0,0	0,2	9,8	0,4	0,0	0,7	1,0	0,2	0,2	
$X_i$	0,1	0,0	0,2	9,8	0,4	0,0	0,7	1,0	0,2	0,2	
$u(x_i)$	0,03	0,03	0,51	9,05	0,55	0,51	0,19	0,59	0,50	0,96	
$U(x_i)$	0,06	0,06	1,02	18,09	1,09	1,01	0,38	1,19	1,00	1,92	

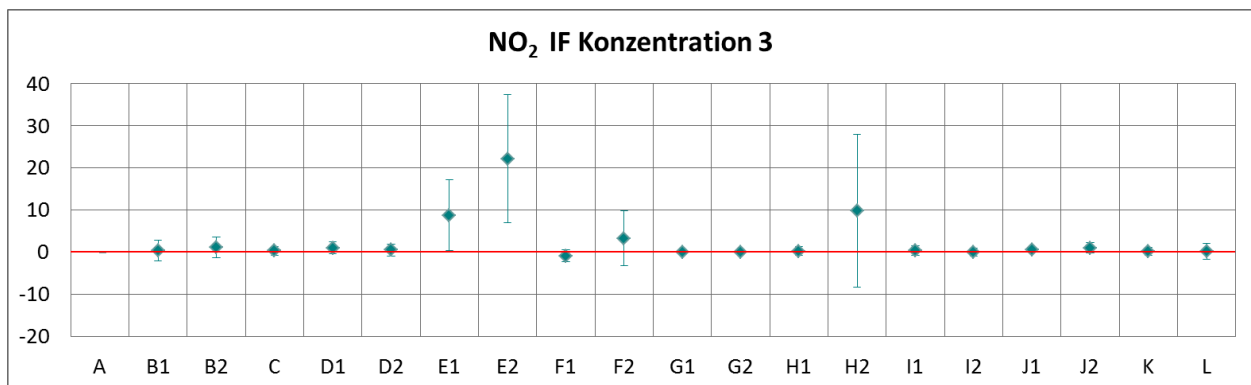


Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 4  $x^* = 1,5$   $s^* = 2,19$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		0,9	1,9	-2,6	24,8	24,0	16,2	38,0	1,2	-14,3
$x_{i,2}$		1,0	1,9	-2,4	26,0	27,0	17,2	40,0	1,2	-15,3
$x_{i,3}$		1,0	1,7	-2,3	27,0	27,6	18,0	41,5	0,9	-16,0
$X_i$	-0,3	1,0	1,9	-2,4	25,9	26,2	17,1	39,8	1,1	-15,2
$S_i$		0,04	0,10	0,15	1,10	1,93	0,90	1,76	0,15	0,86
$u(x_i)$		1,23	1,22	3,12	1,51	1,98	0,45	1,01	0,88	0,70
$U(x_i)$		2,46	2,44	6,25	3,02	3,96	0,90	2,02	1,75	1,39

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	0,5	1,8	1,1	-10,7	1,5	1,4	0,3	2,3	1,1	0,2
$x_{i,2}$	0,5	1,9	0,9	-11,8	1,5	1,3	0,4	2,6	1,2	0,5
$x_{i,3}$	0,6	1,7	0,8	-12,2	1,5	1,7	0,6	2,5	1,2	0,3
$X_i$	0,5	1,8	0,9	-11,6	1,5	1,5	0,4	2,5	1,2	0,3
$S_i$	0,06	0,10	0,15	0,75	0,01	0,25	0,17	0,14	0,06	0,15
$u(x_i)$	0,07	0,11	0,54	1,15	0,24	0,37	0,25	0,59	0,30	0,98
$U(x_i)$	0,13	0,21	1,09	2,30	0,49	0,75	0,50	1,19	0,60	1,96

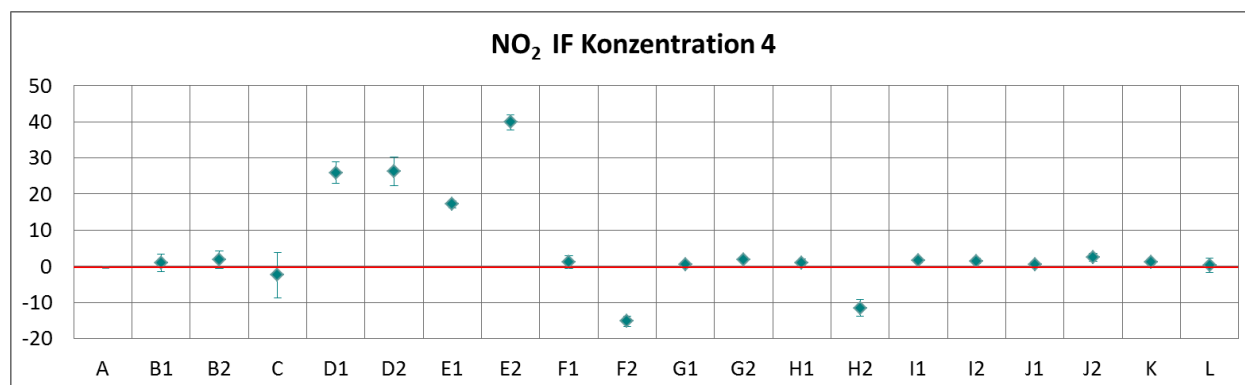


Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 5     $x^* = 103,5$      $s^* = 14,41$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		97,5	104,8	101,71	129,9	133,3	119,4	144,9	94,3	83,5
$x_{i,2}$		97,7	105,1	101,2	130,5	134,0	120,3	146,1	95,2	83,9
$x_{i,3}$		96,5	104,2	99,6	130,2	133,1	119,1	145,2	94,4	82,9
$X_i$	97,0	97,3	104,7	100,4	130,2	133,5	119,6	145,4	94,6	83,4
$S_i$		0,63	0,45	1,15	0,30	0,47	0,62	0,62	0,46	0,48
$u(x_i)$		2,07	2,16	2,48	1,51	1,54	1,26	1,95	1,63	1,58
$U(x_i)$		4,14	4,31	4,97	3,02	3,08	2,52	3,90	3,27	3,16

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	98,1	99,8	102,1	79,1	100,8	98,9	102,8	103,0	100,5	98,5
$x_{i,2}$	98,5	100,1	102,2	78,4	101,0	99,3	103,2	103,5	100,9	99,0
$x_{i,3}$	97,3	99,1	101,4	77,8	100,1	98,2	102,1	102,5	99,7	98,7
$X_i$	98,0	99,7	101,9	78,4	100,6	98,8	102,7	103,0	100,4	98,7
$S_i$	0,61	0,51	0,46	0,63	0,47	0,54	0,55	0,50	0,61	0,25
$u(x_i)$	1,13	1,10	0,85	1,01	1,14	1,16	1,85	1,79	1,17	1,66
$U(x_i)$	2,27	2,20	1,69	2,02	2,27	2,32	3,69	3,58	2,34	3,32

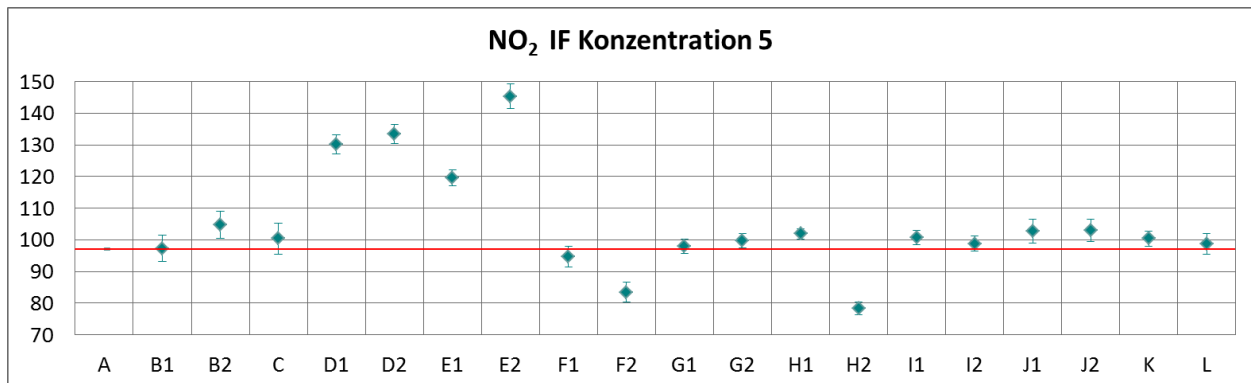


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 6       $x^* = 0,4$        $s^* = 0,50$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_i$		0,0	0,3	0,3	0,5	0,3	4,4	3,9	-0,9	9,2
$X_i$	0,0	0,0	0,3	0,3	0,5	0,3	4,4	3,9	-0,9	9,2
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,70	0,70	0,38	0,46	0,70	1,58
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,40	1,40	0,76	0,92	1,40	3,17

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_i$	0,0	0,0	-0,3	11,4	0,2	0,0	0,9	1,2	0,0	0,0
$X_i$	0,0	0,0	-0,3	11,4	0,2	0,0	0,9	1,2	0,0	0,0
$u(x_i)$	0,03	0,03	0,50	1,85	0,52	0,51	0,53	0,59	0,50	0,50
$U(x_i)$	0,06	0,03	1,01	3,69	1,03	1,02	1,06	1,19	1,00	1,00

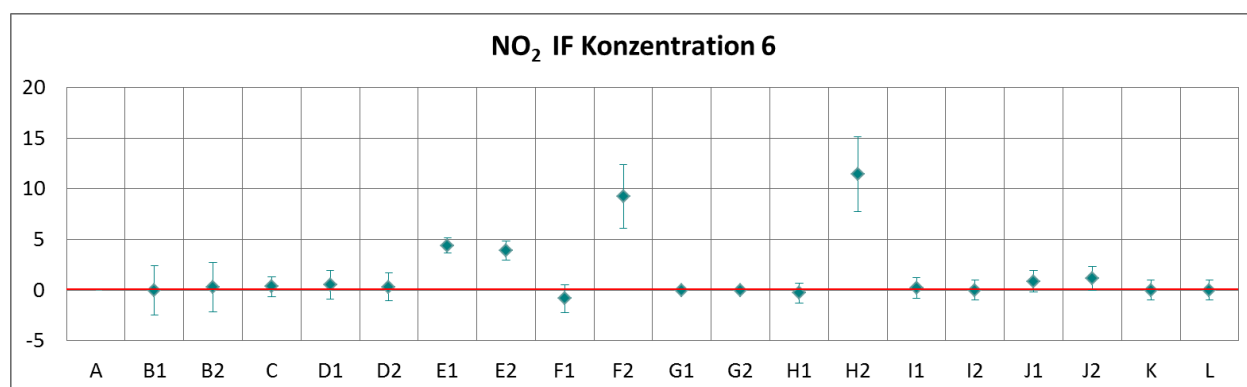


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 63: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 7      $x^* = 0,2$       $s^* = 0,36$

	Teilnehmer										
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2	
$x_i$		0,0	0,3	0,5	0,5	0,3	0,9	0,4	-0,6	0,0	
$X_i$	-0,1	0,0	0,3	0,5	0,5	0,3	0,9	0,4	-0,6	0,0	
$u(x_i)$		1,23	1,22	0,50	0,70	0,70	0,08	0,10	0,71	0,36	
$U(x_i)$		2,46	2,44	1,00	1,40	1,40	0,16	0,20	1,43	0,72	

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_i$	0,2	0,0	0,0	-2,3	0,4	0,0	0,7	0,8	0,1	0,0
$X_i$	0,2	0,0	0,0	-2,3	0,4	0,0	0,7	0,8	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,03	0,03	0,46	0,43	0,56	0,51	0,53	0,32	0,50	0,50
$U(x_i)$	0,06	0,06	0,93	0,85	1,12	1,02	1,06	0,64	1,00	1,00

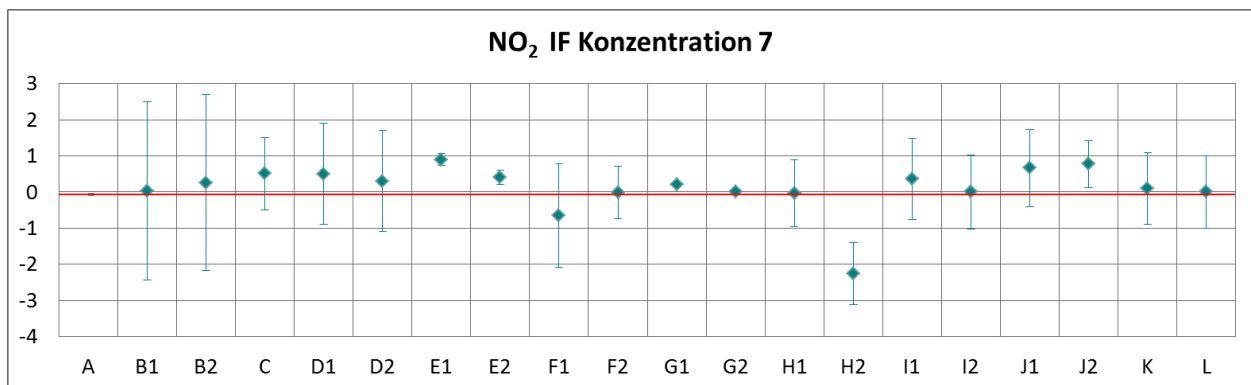


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 64: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 8       $x^* = 1,1$        $s^* = 1,52$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		1,2	1,7	-3,7	1,0	0,3	0,1	0,0	2,0	-8,5
$x_{i,2}$		1,4	2,1	-3,5	2,0	0,6	0,3	0,0	2,0	-6,9
$x_{i,3}$		1,5	2,0	-3,8	1,2	0,9	0,6	0,0	2,8	-6,5
$X_i$	0,9	1,4	1,9	-3,7	1,4	0,6	0,3	0,0	2,3	-7,3
$S_i$		0,16	0,19	0,12	0,53	0,30	0,25	0,00	0,46	1,05
$u(x_i)$		1,23	1,22	3,72	1,14	0,92	0,32	0,26	0,96	0,85
$U(x_i)$		2,46	2,44	7,44	2,28	1,84	0,64	0,52	1,91	1,70

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	1,4	2,7	1,4	-5,4	2,2	1,2	0,6	3,5	1,9	0,7
$x_{i,2}$	1,7	2,7	1,3	-5,9	2,3	2,1	0,8	3,7	1,9	0,5
$x_{i,3}$	2,0	2,8	1,4	-5,4	2,4	2,0	1,0	3,8	2,0	0,8
$X_i$	1,7	2,7	1,4	-5,5	2,3	1,8	0,8	3,6	1,9	0,7
$S_i$	0,30	0,06	0,06	0,28	0,13	0,50	0,17	0,14	0,06	0,15
$u(x_i)$	0,30	0,07	0,57	0,98	0,24	0,65	0,50	0,59	0,30	0,98
$U(x_i)$	0,60	0,14	1,14	1,95	0,49	1,30	1,00	1,19	0,60	1,96

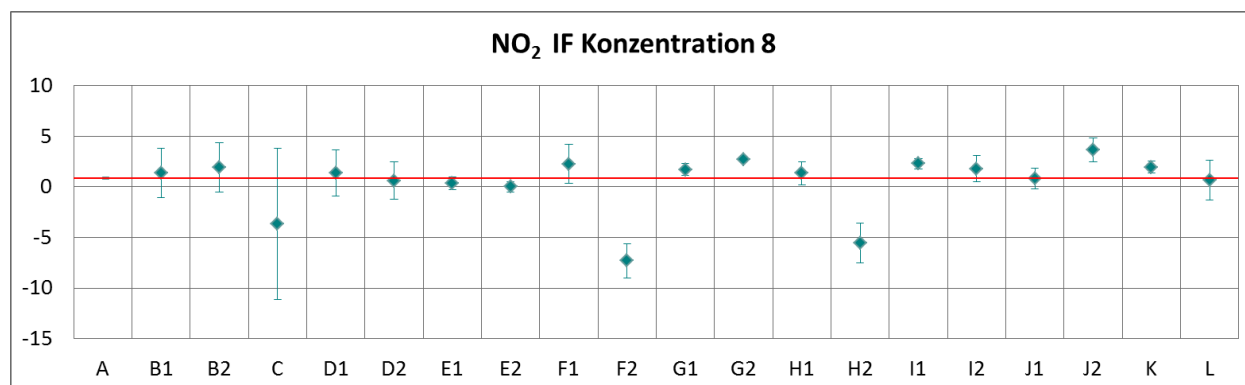


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 65: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> IF bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO<sub>2</sub> IF, Konzentration 9  $x^* = 122,4$   $s^* = 5,85$

	Teilnehmer									
	A	B1	B2	C	D1	D2	E1	E2	F1	F2
$x_{i,1}$		121,4	131,0	119,4	114,0	116,0	122,2	121,6	122,6	113,0
$x_{i,2}$		121,6	131,3	120,5	116,0	112,0	122,4	122,0	122,6	114,2
$x_{i,3}$		121,1	130,9	118,9	115,0	117,0	122,1	121,8	122,4	113,7
$X_i$	121,2	121,4	131,0	119,6	115,0	115,0	122,2	121,8	122,5	113,6
$S_i$		0,30	0,21	0,81	1,00	2,65	0,15	0,20	0,12	0,60
$u(x_i)$		2,41	2,54	2,85	1,82	2,57	1,28	1,25	2,34	2,45
$U(x_i)$		4,82	5,08	5,69	3,64	5,14	2,56	2,50	4,68	4,90

	Teilnehmer									
	G1	G2	H1	H2	I1	I2	J1	J2	K	L
$x_{i,1}$	123,6	123,7	126,1		126,2	124,5	127,9	127,5	125,1	122,3
$x_{i,2}$	124,0	124,1	127,3		126,4	125,1	128,1	127,7	125,3	123,8
$x_{i,3}$	123,4	123,4	126,2	109,3	125,9	124,4	127,7	127,4	125,0	122,3
$X_i$	123,7	123,7	126,5	109,3	126,2	124,7	127,9	127,6	125,1	122,8
$S_i$	0,31	0,35	0,67		0,25	0,38	0,24	0,13	0,15	0,87
$u(x_i)$	1,21	1,22	0,98	0,66	1,39	1,38	1,89	1,91	1,49	1,98
$U(x_i)$	2,42	2,45	1,97	1,31	2,78	2,77	3,78	3,81	2,98	3,97

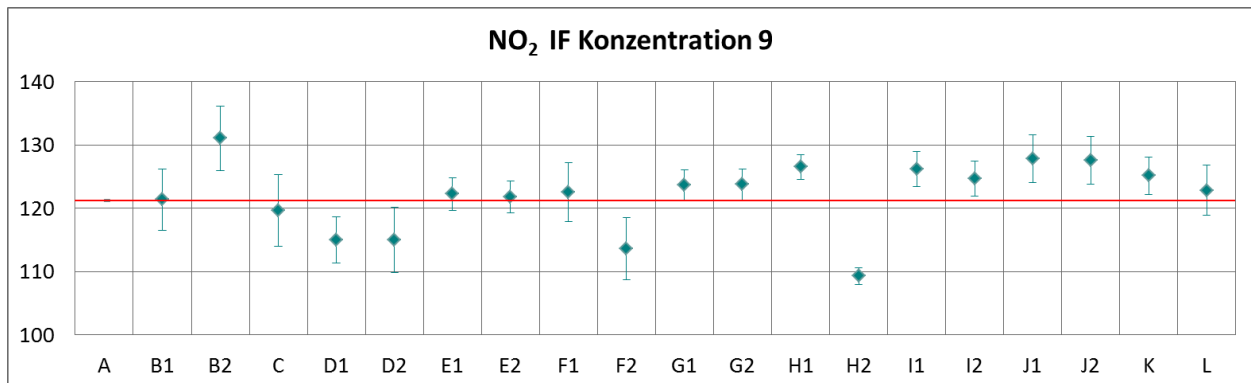


Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für NO<sub>2</sub> IF-Konzentration 9 (in ppb).



## ANHANG C: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH

Die Fragebögen, die vor dem Ringversuch von jedem Teilnehmer/jeder Teilnehmerin zwecks Dokumentation der eingesetzten Messgeräte und Kalibriermittel ausgefüllt wurden, sind nachfolgend wiedergegeben.

### Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO

17. Oktober bis 20. Oktober 2011

#### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Landesagentur für Umwelt – Bozen

**Name der Teilnehmer:** Günther Kerschbaumer und Oswald Vigl

**Kontakt:** Amba Alagistraße 5

**Telefonnummer:** +39 0471 417141

**E-Mail:** [guenter.kerschbaumer@provinz.bz.it](mailto:guenter.kerschbaumer@provinz.bz.it), [oswald.vigl@provinz.bz.it](mailto:oswald.vigl@provinz.bz.it)

**Rechnungsanschrift:** Landesagentur für Umwelt, Verwaltungsamt 29.10  
Amba Alagistraße 35  
I-39100 Bozen

### 1. NO/NO<sub>2</sub>

#### 1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	791 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien am 06.04.2011
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftpatrone

#### 1.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT		x
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA-370  
 Baujahr: 2009

**Analysator 2**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 360  
 Baujahr: 1999

**1.4. Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (zwei) = Zero/Span

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Wurzel aus ( $U^2$  KalMittel +  $U^2$  Linearität +  $U^2$  Wiederholbarkeit +  $U^2$  SpanDrift)

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	14,99 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien am 06.04.2011
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullpatrone

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA-370  
 Baujahr: 2009

**Analysator 2**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA-360  
 Baujahr: 2005

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: ero/Span

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Wurzel aus ( $U^2$  KalMittel +  $U^2$  Linearität +  $U^2$  Wiederholbarkeit +  $U^2$  SpanDrift)

**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO**  
**17. Oktober bis 20. Oktober 2011**

**Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

**Organisation:** Umweltbundesamt GmbH

**Name des Teilnehmers:** Franz Zimmerl

**Kontakt:**

**Telefonnummer:** 01/31304-5859

**E-Mail:** [franz.zimmerl@umweltbundesamt.at](mailto:franz.zimmerl@umweltbundesamt.at)

**1. NO/NO<sub>2</sub>**

**1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	NO: 164 ppb/NO <sub>x</sub> : 165 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wolf
Verdünnungsmethode	nein

Verwendetes Nullgas: NG-Patrone

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT		x
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: TEI 42i

Modell: #1036546751

Baujahr: 2011

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung):

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Wolf 2010

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	1,53 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wolf
Verdünnungsmethode	nein

Verwendetes Nullgas: NG-Patrone

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: APMA 360

Modell: #902003

Baujahr: 1999

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung):

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Wolf 2010

**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO****17. Oktober bis 20. Oktober 2011****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards****Organisation:** Amt der Kärntner Landesregierung**Name der Teilnehmer:** Heinrich Spendier, Ing. Franz Hohenwarter**Kontakt:** Ing. Franz Hohenwarter**Telefonnummer:** 0463/53618072**E-Mail:** [franz.hohenwarter@ktn.gv.at](mailto:franz.hohenwarter@ktn.gv.at)

**Rechnungsanschrift:** Amt der Kärntner Landesregierung  
 Ing. Franz Hohenwarter  
 Abteilung 8 Umwelt Wasser und Naturschutz  
 Flatschacher Straße 70  
 9020 Klagenfurt

**1. NO/NO<sub>2</sub>****1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	407,4 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	MCZ
Konzentration zertifiziert durch	UBA
Verdünnungsmethode	Flasche

Verwendetes Nullgas: Pumpe mit Vorlagen integriert  
 (Silikagel/Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb)

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

**1.3. Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: Thermo Elektron  
 Modell: TE 42 I  
 Baujahr:2006

**Analysator 2**

Hersteller: Thermo Elektron  
 Modell: TE 42 I  
 Baujahr:2008

**1.4. Auswertung der Ergebnisse:**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorlage Umweltbundesamt

**2 CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	11,93 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	MCZ
Konzentration zertifiziert durch	UBA
Verdünnungsmethode	Flasche

Verwendetes Nullgas: Pumpe mit Vorlagen integriert  
 (Silikagel/Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb).

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x*	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

*x\* Kalibrierung nach Ringversuch*

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Thermo Elektron

Modell:

Baujahr:

**2.4 Auswertung der Ergebnisse:**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorlage Umweltbundesamt

**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO****17. Oktober bis 20. Oktober 2011****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards****Organisation:** Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Waldschutz/Fb. Luftgüte**Namen der Teilnehmer:** Thomas Oberhauser, Andreas Pöllmann**Kontakt:** Luftgüte-Messdienst/Langer Weg 27/6020 Innsbruck**Telefonnummer:** 0676-885084621**E-Mail:** [andreas.poellmann@tirol.gv.at](mailto:andreas.poellmann@tirol.gv.at)**Rechnungsanschrift:** Amt der Tiroler Landesregierung  
Abteilung Waldschutz, Fachbereich Luftgüte  
Bürgerstraße 36  
6020 Innsbruck**1. NO/NO<sub>2</sub>****1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	637 ppb NO/3 ppb NO <sub>2</sub>
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	Fa. Horiba (Flasche:Fa. Linde)
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien/10.02.2011
Verdünnungsmethode	TMD

Verwendetes Nullgas: Silikagel – Molekularsieb – Natronkalk – Aktivkohle

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	v/n	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**1.3. Welcher Analysator wurde verwendet?****Analysator 1**Hersteller: Thermo  
Modell: TE 42 C  
Baujahr: 2002**Analysator 2**Hersteller: Thermo  
Modell: TE 42 i  
Baujahr: 2006

**1.4. Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Null-, Endpunkt)

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachts(messunsicherheits)stollen nach Wolf (2010)

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	8,6 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	2,5 %
Hersteller	CMK (Flasche: Linde)
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien/10.02.2011
Verdünnungsmethode	TMD

Verwendetes Nullgas: Hopcalite

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	v/n	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Teledyne Instruments

Modell: API 300E

Baujahr: 2007

**2.4 Auswertung der Ergebnisse:**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Null-Endpunkt)

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachts(messunsicherheits)stollen nach Wolf (2010)



**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO**  
**17. Oktober bis 20. Oktober 2011**

**Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

**Organisation:** Land Salzburg

**Name des Teilnehmers:** Ing. Dipl.-Ing. (FH) Paul Göldner

**Kontakt:** | Ing. Dipl.-Ing. (FH) Paul Göldner

**Telefonnummern:** 0662/8042 DW 4178 und Mobil: 0664/892 08 43

**email:** [p.goeldner@salzburg.gv.at](mailto:p.goeldner@salzburg.gv.at)

**Rechnungsanschrift:** Land Salzburg  
 Umweltschutz, Abt.: 5/02 Immissionsschutz  
 Ulrich-Schreierstraße 18  
 5010 Salzburg

**1. NO/NO<sub>2</sub>**

**1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	NO: 655 ppb/NO <sub>x</sub> : 661 ppb
Erweiterte Unsicherheit (Uc, rel)	3 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt Wien/Transferstandard
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftkoffer 2, Silicagel-Purafil-Aktivkohle

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		
GPT		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: API  
 Modell: 200E  
 Baujahr: 2008

**Analysator 2**

Hersteller: API  
 Modell: 200A  
 Baujahr: 1999

### 1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte (Null und Span)

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  
laut Vorgaben Umweltbundesamt 2010

## 2. CO

### 2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	15,88 ppm
Erweiterte Unsicherheit (Uc, rel)	3 %
Hersteller	SIAD
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt Wien/Transferstandard
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftkoffer 2, Silicagel-Purafil-Aktivkohle

### 2.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

### 2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 360

Baujahr: 1998

### 2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkt, Null und Span

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  
laut Vorgaben Umweltbundesamt 2010

## Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO

17. Oktober bis 20. Oktober 2011

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Amt der Steiermärkischen Landesregierung

**Namen der Teilnehmer:** Hr. Gerhard Schrempf, Hr. Martin Tantscher

**Kontakt:** w.o.

**Telefonnummer:** 0676-86660115 und 0676-86660311

**E-Mail:** [gerhard.schrempf@stmk.gv.at](mailto:gerhard.schrempf@stmk.gv.at); [martin.tantscher@stmk.gv.at](mailto:martin.tantscher@stmk.gv.at);

**Rechnungsanschrift:** Amt der Steiermärkischen Landesregierung,  
 Fachabteilung 17C  
 Landhausgasse 7  
 8010 Graz

### 1. NO/NO<sub>2</sub>

#### 1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	NO: 707 ppb/NO <sub>2</sub> : 2 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA/Wolf
Verdünnungsmethode	Prüfgas NO/N <sub>2</sub>

Verwendetes Nullgas: Aktivkohle, Purafil, Permapuretrockner

#### 1.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

#### 1.3. Welcher Analysator wurde verwendet?

##### **Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 360E  
 Baujahr: 1999

##### **Analysator 2**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 370E  
 Baujahr: 2008

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: zwei (2)

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  
gemäß Protokoll der QS-Sitzung vom 19.10.2011

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	14,52 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	MCZ CMK5T
Konzentration zertifiziert durch	UBA/Wolf
Verdünnungsmethode	dynamische

Verwendetes Nullgas: Aktivkohle, Purafil, Permapuretrockner

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA-370

Baujahr: 2009

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: zwei (2)

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  
gemäß Protokoll der QS-Sitzung vom 19.10.2011

## Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO

17. November bis 20. Oktober 2011

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Amt der Oö. LReg

**Name der Teilnehmer:** Stummer Manfred, Gabrysch Mario

**Kontakt:** Stummer Manfred, Gabrysch Mario

**Telefonnummer:** 0732/7720-13602 (Labor)

**E-Mail:** [manfred.stummer@ooe.gv.at](mailto:manfred.stummer@ooe.gv.at); [mario.gabrysch@ooe.gv.at](mailto:mario.gabrysch@ooe.gv.at)

**Rechnungsanschrift:** Amt der Oö. LReg  
Goethestr. 86  
4021-Linz

#### 1. NO/NO<sub>2</sub>

##### 1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	PGG NO/NO <sub>x</sub> 923/927 ppb Flasche 773 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	PGG im Kalibrierpunkt 8,92 ppb
Hersteller	Horiba, SIAD
Konzentration zertifiziert durch	Land Oö.
Verdünnungsmethode	dynamische Verdünnung

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

##### 1.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

##### 1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

###### **Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
Modell: APNA 370  
Baujahr: 2009

###### **Analysator 2**

Hersteller: API  
Modell: 200A  
Baujahr: 2005

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

ISO 6144, EUROLAB Leitfadens, QS-UW-SOP-2-013/GA

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	PGG 17,5 ppm, Flasche 17,28 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	PGG im Kalibrierpunkt 0,46 ppm
Hersteller	Horiba, SIAD
Konzentration zertifiziert durch	Land Oö.
Verdünnungsmethode	dynamische Verdünnung

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel,  
Aktivkohle und CO-Scrubber

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370

Baujahr: 2009

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

ISO 6144, QS-UW-SOP-2-013/GA

**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO****17. November bis 20. Oktober 2011****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards****Organisation:** MA22 Wiener Umweltschutzabteilung**Name der Teilnehmerin:** Ing. Christina Kellner**Kontakt:** 0676-8118-73777**Telefonnummer:** 0676-8118-73777**E-Mail:** [christina.kellner@wien.gv.at](mailto:christina.kellner@wien.gv.at)**Rechnungsanschrift:** Wiener Umweltschutzabteilung MA22  
Wolfganggasse 58–60 4.Stock  
1120 Wien**1. NO/NO<sub>2</sub>****1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	850,4 ppb/860,5 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	Horiba Transferstandard/Messer
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?****Analysator 1**Hersteller: Horiba  
Modell: APNA 360  
Baujahr: 1998**Analysator 2**Hersteller: API  
Modell: M200E  
Baujahr: 2007

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	23,12 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 %
Hersteller	Horiba
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370

Baujahr: 2010

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$



## Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO

17. Oktober bis 20. Oktober 2011

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Amt der Burgenländischen Landesregierung

**Name des Teilnehmers:** Michael Fercsak

**Kontakt:**

**Telefonnummer:** 02682-600-2834

**E-Mail:** [michael.fercsak@luft-bgld.at](mailto:michael.fercsak@luft-bgld.at)

**Rechnungsanschrift:** Amt der Burgenländischen Landesregierung  
Abteilung 5, Hauptreferat 3 –  
Natur- und Umweltschutz Luftgüteüberwachung  
Europaplatz 1  
7000 Eisenstadt

#### 1. NO/NO<sub>2</sub>

##### 1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	103, 194, 592, 961, 205
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8
Hersteller	Horiba, Linde-Gas
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas: Natronkalk-, Molekularsieb-, Aktivkohle-, Silikagelvorlagen

##### 1.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>	x	
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		X

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 360  
 Baujahr: 1999

**Analysator 2**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 370  
 Baujahr: 2006

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 4

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear, LOFit

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Anleitung bzw. Abschätzung

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	72, 53, 33, 19
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8
Hersteller	Horiba, Linde Gas
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas:

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	X	

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: HORIBA  
 Modell: APMA 360  
 Baujahr: 1999

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 4

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear, LOF

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:  
 Anleitung-Umweltbundesamt bzw. Abschätzung

**Ringversuch für NO/NO<sub>2</sub> und CO****17. Oktober bis 20. Oktober 2011****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards****Organisation:** Amt der NÖ Landesregierung**Namen der Teilnehmer:** Ing. Stefan Haslinger, Manfred Messinger**Kontakt:** Schwartzstraße 50, 2500 Baden**Telefonnummer:** 0664-4460801**E-Mail:** stefan.haslinger@noel.gv.at**Rechnungsanschrift:** Amt der NÖ Landesregierung  
BD4 Referat Luftgüteüberwachung  
Schwartzstraße 50  
2500 Baden**1. NO/NO<sub>2</sub>****1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	867 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 % (k = 2)
Hersteller	Horiba
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt GmbH August 2011
Verdünnungsmethode	Kalibrator mit 200 ppm NO Flasche

Verwendetes Nullgas:

**1.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO <sub>x</sub> -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO <sub>2</sub>		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

**Analysator 1**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 370 (011/014)  
 Baujahr: 2008

**Analysator 2**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APNA 360 (008/011)  
 Baujahr: 1998

**1.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$U = 2 \text{ mal Wurzel } (0,01^2 \text{ mal } x^2 + 0,005^2 \text{ mal } x^2 + \text{Std}^2)$$

**2. CO**

**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	18,46 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 % (k = 2)
Hersteller	Horiba
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt GmbH Sept. 2011
Verdünnungsmethode	Kalibrator mit 204 ppm CO Flasche

Verwendetes Nullgas:

**2.2 Vorgehen beim Ringversuch**

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

**2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba  
 Modell: APMA 360  
 Baujahr: 2001

**2.4 Auswertung der Ergebnisse**

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$U = 2 \text{ mal Wurzel } (0,01^2 \text{ mal } x^2 + 0,005^2 \text{ mal } x^2 + \text{Std}^2)$$



**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

[office@umweltbundesamt.at](mailto:office@umweltbundesamt.at)

[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)

Im Report „Ringversuch zur Immissionsmessung 2011“ sind die Resultate dieses Ringversuchs zusammengefasst. Getestet wurde die Kompetenz bei der Messung Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>) und Kohlenstoffmonoxid (CO). Zusätzlich erfolgte für NO und NO<sub>2</sub> eine Gegenüberstellung von eignungsgeprüften Messgeräten (gemäß ÖNORM EN 14211:2005 bzw. ÖNORM EN 14626:2005) und den Vorgängerserien. Die Ergebnisse aller 10 teilnehmenden Organisationen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Ringversuche der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Seit Februar 2010 betreibt das Umweltbundesamt eine Ringversuchsanlage für Immissionsmessungen, an der Ringversuche zu unterschiedlichen Luftschadstoffen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden.