

Ringversuch zur

Immissionsmessung 2014



Auswertung des Ringversuchs für NO/NO₂ und SO₂

RINGVERSUCH ZUR IMMISSIONSMESSUNG 2014

Auswertung des Ringversuchs für
NO/NO₂ und SO₂

Marina Fröhlich
Nicole Klösch
Andreas Wolf

REPORT
REP-0503

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 CO₂-neutralem 100 % Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2015

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-314-1

INHALT

	ZUSAMMENFASSUNG	5
	SUMMARY	6
1	EINLEITUNG	7
2	ABLAUF DES RINGVERSUCHS	8
3	KONZENTRATIONSVERLAUF	11
4	AUSWERTUNG DER DATEN	12
4.1	z-score Auswertung	12
4.2	E_n-Nummer Auswertung	17
4.3	Bias und Messunsicherheit	21
5	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	30
6	AUSBLICK	34
7	LITERATURVERZEICHNIS	35
	ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	36
	ANHANG B: BERICHTETE WERTE	38
	ANHANG C: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH	58

ZUSAMMENFASSUNG

Im Oktober 2014 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. Es wurden Messungen zu den Luftschadstoffen Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt.

Ringversuch zur Immissionsmessung

Die Ergebnisse aller 8 teilnehmenden Organisationen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Ringversuche der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for inter-comparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Auswerteverfahren

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_n-Nummer) Schwellenwertes, die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit sowie die Messunsicherheit der Ergebnisse.

Bewertungskriterien

Für die Komponente SO₂, SO₂ mit Interferenzen und NO wurde die Einhaltung der geforderten Messunsicherheit zweifelsfrei belegt. Für diese wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Konzentrationen eingehalten und lieferten sehr zufriedenstellende Ergebnisse.

Ergebnisse des Ringversuchs

Bei NO₂ wurden die Leistungskriterien nicht von allen Teilnehmenden eingehalten; besonders bei niedrigen Konzentrationen zeigten sich Abweichungen. Zwar hat der Großteil der Messgeräte sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt, dennoch erhielt ein beträchtlicher Teil der Messgeräte bei niedrigen Konzentrationen ein ungenügendes Messergebnis (a7-Bewertung). Dies unterstreicht die Wichtigkeit einer regelmäßigen Überprüfung der Qualitätssicherung der Immissionsmessung.

SUMMARY

interlaboratory comparison

Middle of October 2014 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 nitrogen oxides (NO and NO₂) and sulphur oxide (SO₂).

evaluation of measurement results

The results of all 8 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_n -number), repeatability and reproducibility as well as the measurement uncertainty were evaluated.

results of evaluation

For SO₂ and SO₂ with interferences all participants at all concentrations complied with the required performance criteria, also for NO.

For NO₂ not all laboratories were able to meet the performance criteria, especially in low concentration ranges. Although the majority of analyzers achieved very satisfactory results, one third of analyzers did not comply with the required performance criteria and received insufficient results (a7 evaluation). These results stress the importance of regular checks of the quality assurance in air pollution 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 20. bis 23. Oktober 2014 wurden die Messsysteme der 8 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in Strebersdorf getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt.

**gemessene
Luftschadstoffe**

Das Umweltbundesamt hat vom 30.09 bis 03.10.2013 im ERLAP – dem europäischen Referenzlabor für Luftschadstoffe im Joint Research Centre in Ispra – an einem Ringversuch für nationale Referenzlabore für SO₂, CO, O₃, NO und NO₂ erfolgreich teilgenommen. Durch die Teilnahme des Umweltbundesamtes am Ringversuch konnten 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 5 dargestellt und diskutiert.

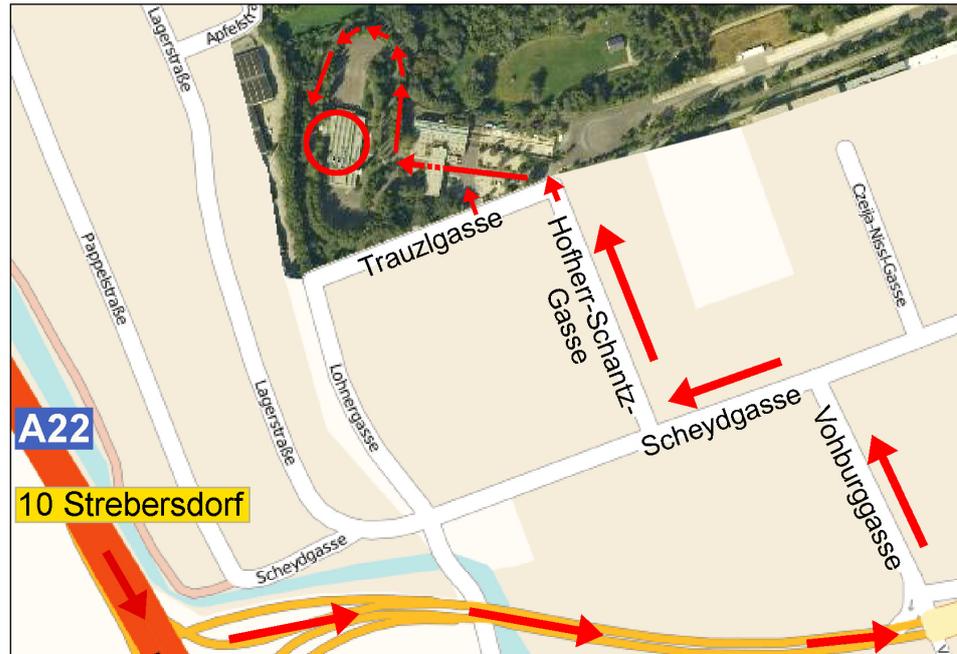
**Aufbau des
Berichtes**

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

2 ABLAUF DES RINGVERSUCHS

Der Ringversuch 2014 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 Wien, Tirol, Niederösterreich, Salzburg, Oberösterreich, Steiermark, Burgenland sowie der LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen) teil (siehe Tabelle 1).

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

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

Allen Mitwirkenden 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. Das LfU Bozen nahm bei den Komponenten NO und NO₂ mit zwei Messgeräten teil, diese werden in den Tabellen und Grafiken mit B (TEI 42i TL – Trace Level) und D (TEI 42i) bezeichnet.

An den Arbeitsplätzen 1 und 12 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut; Platz 1 zur Ermittlung des NO/NO₂-Referenzwertes, Platz 12 zur Ermittlung des SO₂-Referenzwertes. Die Ergebnisse der Messungen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, abzugeben.

Ablauf und Aufbau des Ringversuchs

Organisationen	Gerätetyp NO _x	Gerätetyp SO ₂
Umweltbundesamt (Referenz)	APNA 370	TEI CTL
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA 370	APSA 370
LfU Bozen	TEI 42i TL TEI 42i	TE43i TLE
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA 370	APSA 370
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA 370	APSA 370
Amt der Salzburger Landesregierung	APNA 370	TE 43i
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA 370	TE 43i
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	API T200	API T10
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA 370	ASGU 361

*Tabelle 2:
Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.*



*Abbildung 2:
Gruppenbild einiger TeilnehmerInnen am Ringversuch.
(© Umweltbundesamt)*

Während des Ringversuchs waren die Messgasleitungen der Messgeräte an die Ringleitung angeschlossen, welche jeweils 1,5 bzw. 2,5 Stunden (je nach Konzentration) mit unterschiedlichen Konzentrationen von SO₂, NO und NO₂ beschickt wurde. Den detaillierten zeitlichen Ablauf des Ringversuchs gibt Tabelle 3 wieder.

*Abbildung 3:
Arbeitsplätze an der
Ringanlage, Frontseite.
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 4:
Die Anordnung der
Arbeitsplätze
gewährleistet freie
Zugangsmöglichkeit zu
allen Anschlüssen
an den
Geräterückseiten.
(© 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 ₂ (ppb)	NO _x (ppb)	SO ₂ (ppb)
20.10.2014 10:00							
20.10.2014 14:00							
21.10.2014 10:00	NO/NO _x NG1	01:30	Start	0			
21.10.2014 11:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480	
21.10.2014 13:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480	
21.10.2014 15:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480	
21.10.2014 17:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480	
21.10.2014 19:30	NO/NO _x NG2	01:00		0			
21.10.2014 20:30	NO/NO _x 5	02:00		450		450	
21.10.2014 22:30	NO/NO _x 6	02:00		250	200	450	
22.10.2014 00:30	NO/NO _x 7	02:00		125	125	250	
22.10.2014 02:30	NO/NO _x 8	02:00		80		80	
22.10.2014 04:30	NO/NO _x 9	02:00		35	45	80	
22.10.2014 06:30	NO/NO _x 10	02:00		40		40	
22.10.2014 08:30	NO/NO _x 11	02:00		20	20	40	
22.10.2014 10:30	NO/NO _x NG3	01:30		0			
22.10.2014 12:00	SO ₂ NG	02:30		0			0
22.10.2014 13:30	SO ₂ 1	02:00					150
22.10.2014 16:00	SO ₂ 2	02:00					75
22.10.2014 18:00	SO ₂ 3	02:00					40
22.10.2014 20:00	SO ₂ 4	02:00					20
22.10.2014 22:00	SO ₂ 5	02:00					10
23.10.2014 00:00	SO ₂ IF 1	02:00		500			0
23.10.2014 02:00	SO ₂ IF 2	02:00		500			150
23.10.2014 04:00	SO ₂ IF 3	02:00					0
23.10.2014 06:00	SO ₂ IF 4	02:00					150
23.10.2014 08:00	SO ₂ NG	01:30		0			
23.10.2014 09:30		01:30	Ende/Kalibrierung				
23.10.2014 11:00		02:00	Schlussbesprechung/ Abbau				

Die Gasmischungen für den Ringversuch wurden durch Verdünnung von konzentrierten Gasen von NO und SO₂ 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.

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_n-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 allgemeinen 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_p) 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 _p = a · c + b	
	a	b (nmol/mol)
SO ₂	0,022	1
CO	0,024	100
O ₃	0,02	1
NO	0,024	1
NO ₂	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_i Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden i bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente
 - X Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente
 - x_i - X Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)
 - σ_p zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung
 - u_x 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 ≤ |z'| < 3 als „fraglich“ und für |z'| ≥ 3 als „ungenügend“ bewertet.

In den folgenden Abbildungen wird das ermittelte z-score für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt. Es ist erkennbar, dass das z-score bei NO-Konzentrationen für alle TeilnehmerInnen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2 lag und damit als „zufriedenstellend“ bewertet wurde. Besonders gut ausgefallen sind die Ergebnisse aller TeilnehmerInnen für Schwefeldioxid sowie für die SO₂-Messungen mit Interferenzen. Die NO₂ Konzentrationen lieferten teilweise auch „ungenügende“ Ergebnisse.

**z-score
Ergebnisse**

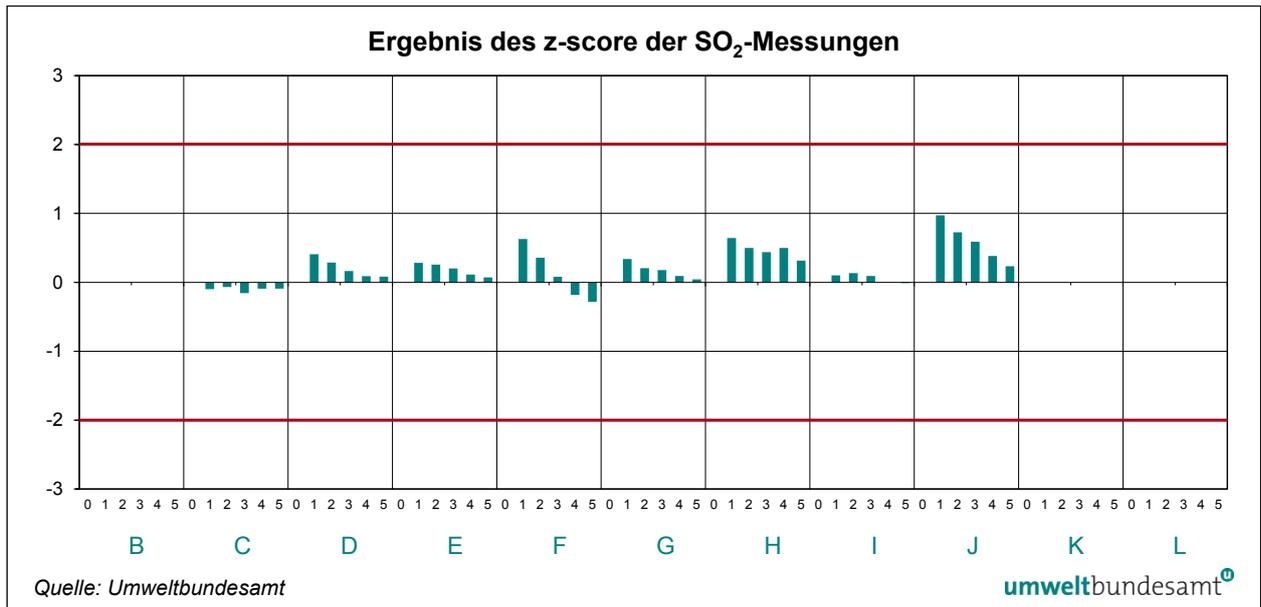


Abbildung 5: Ergebnis des z-score der SO₂-Messungen.

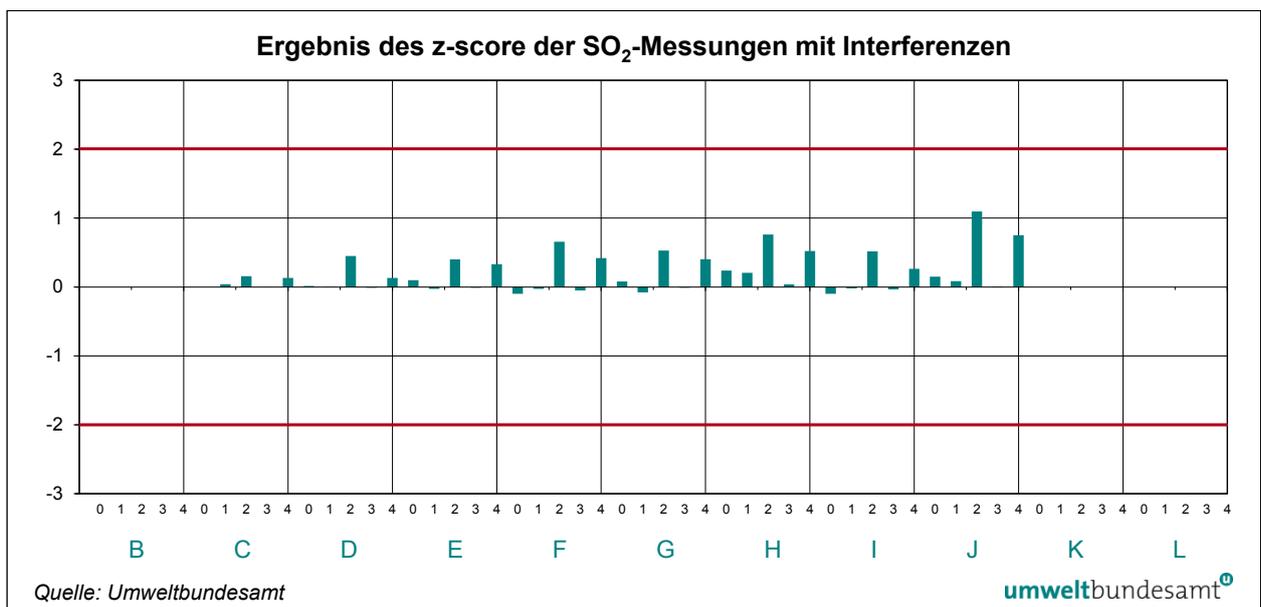


Abbildung 6: Ergebnis des z-score der SO₂-Messungen mit Interferenzen.

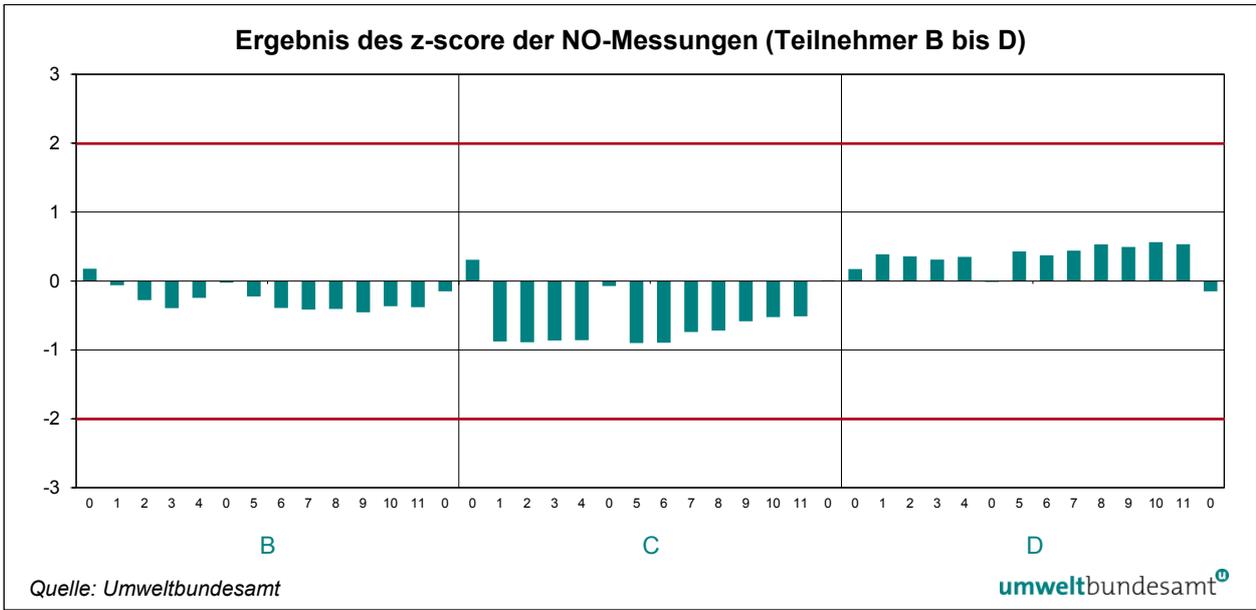


Abbildung 7: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer B bis D).

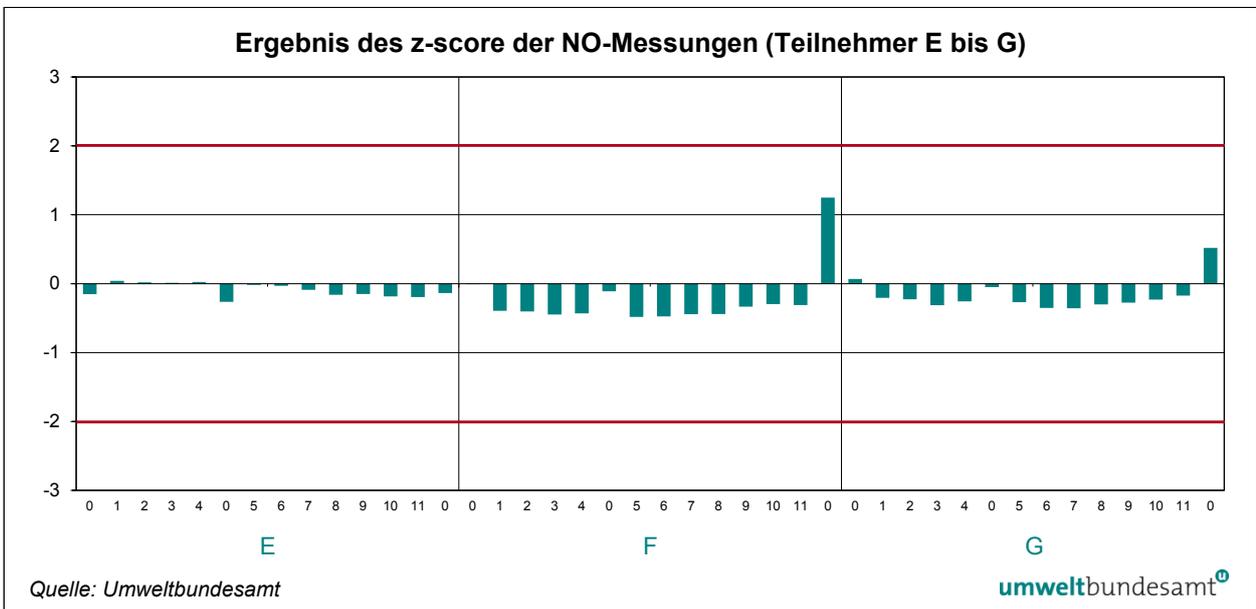


Abbildung 8: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer E bis G).

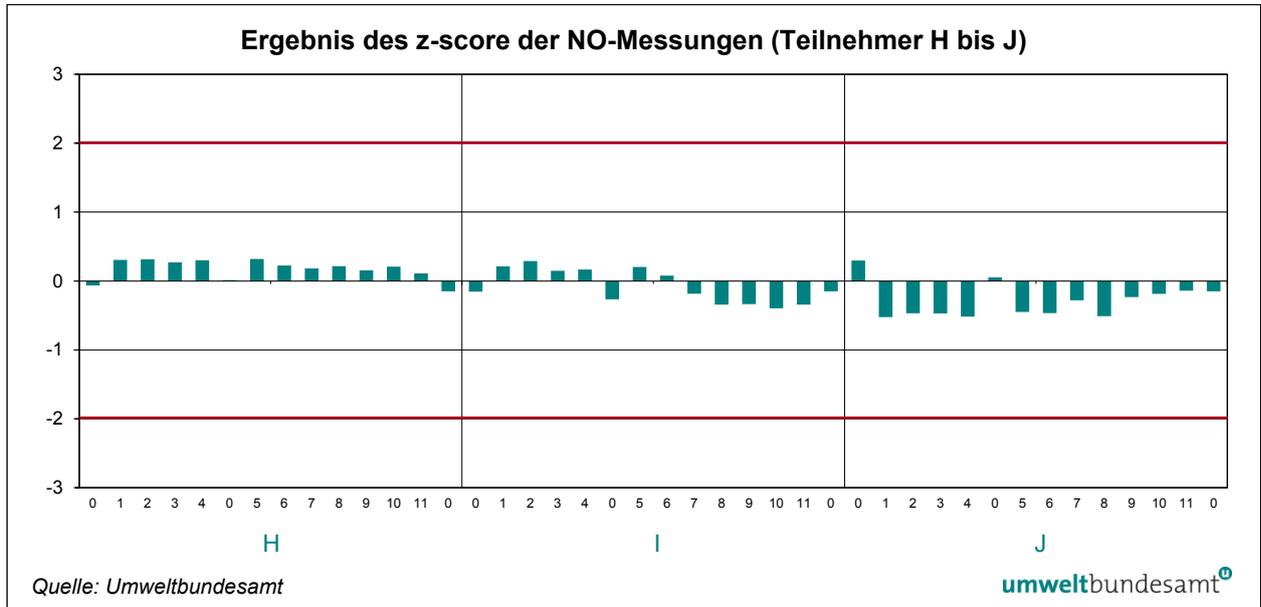


Abbildung 9: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer H bis J).

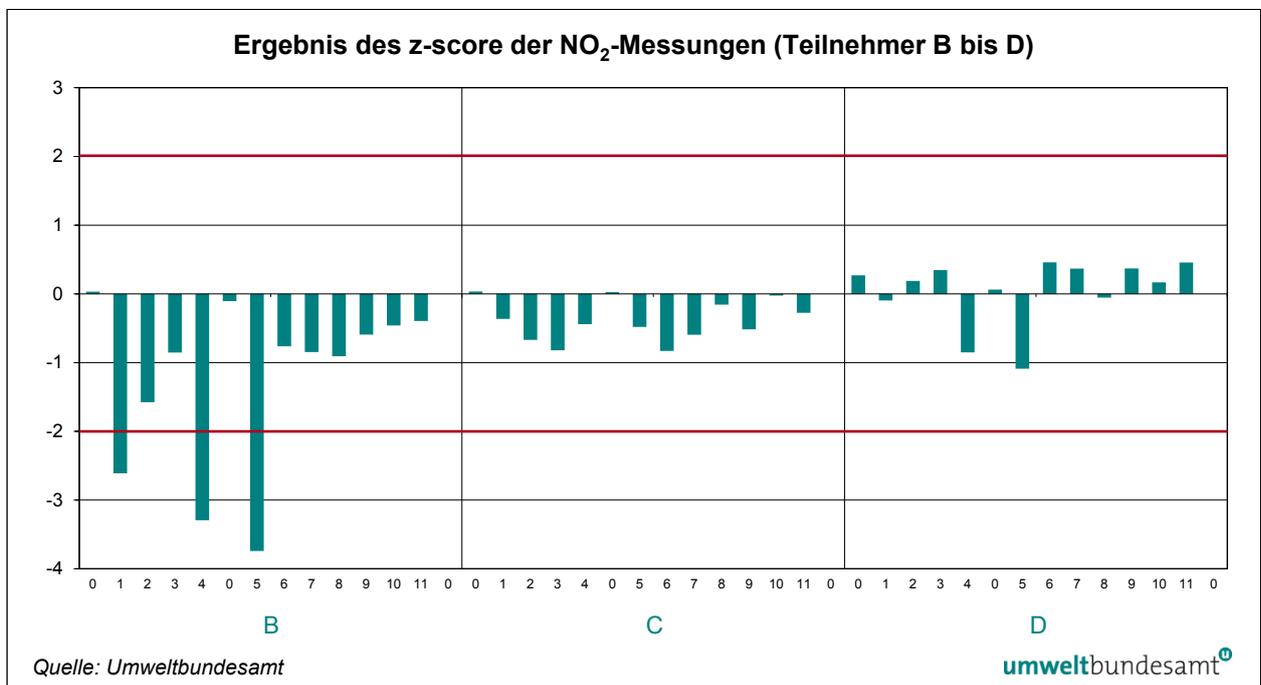


Abbildung 10: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer B bis D).

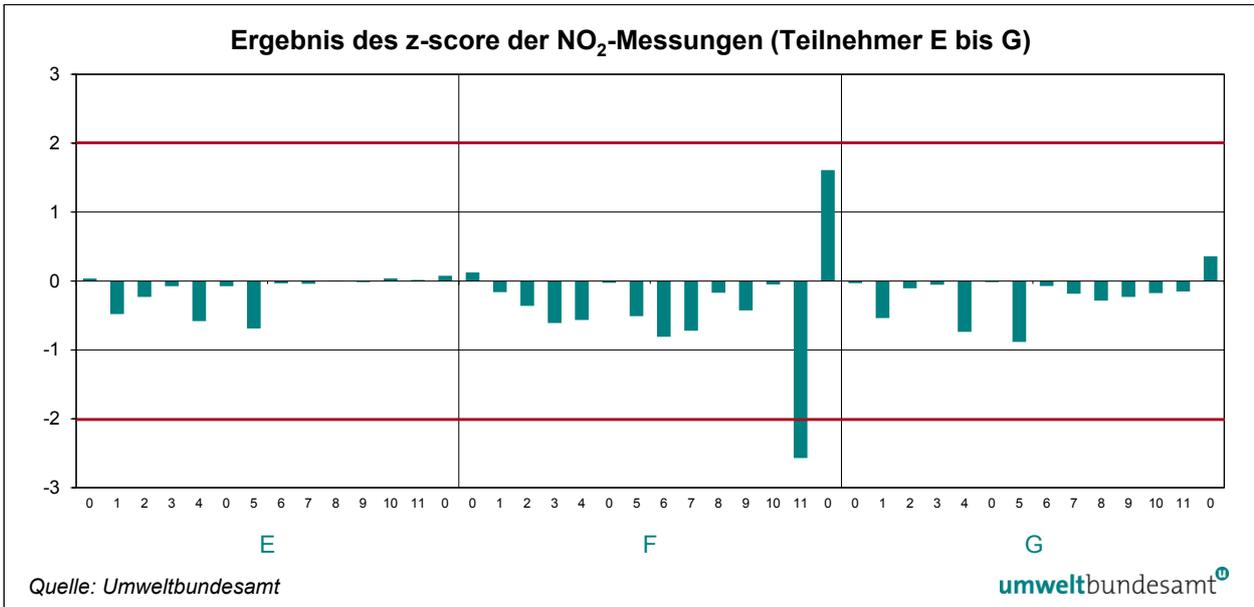


Abbildung 11: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer E bis G).

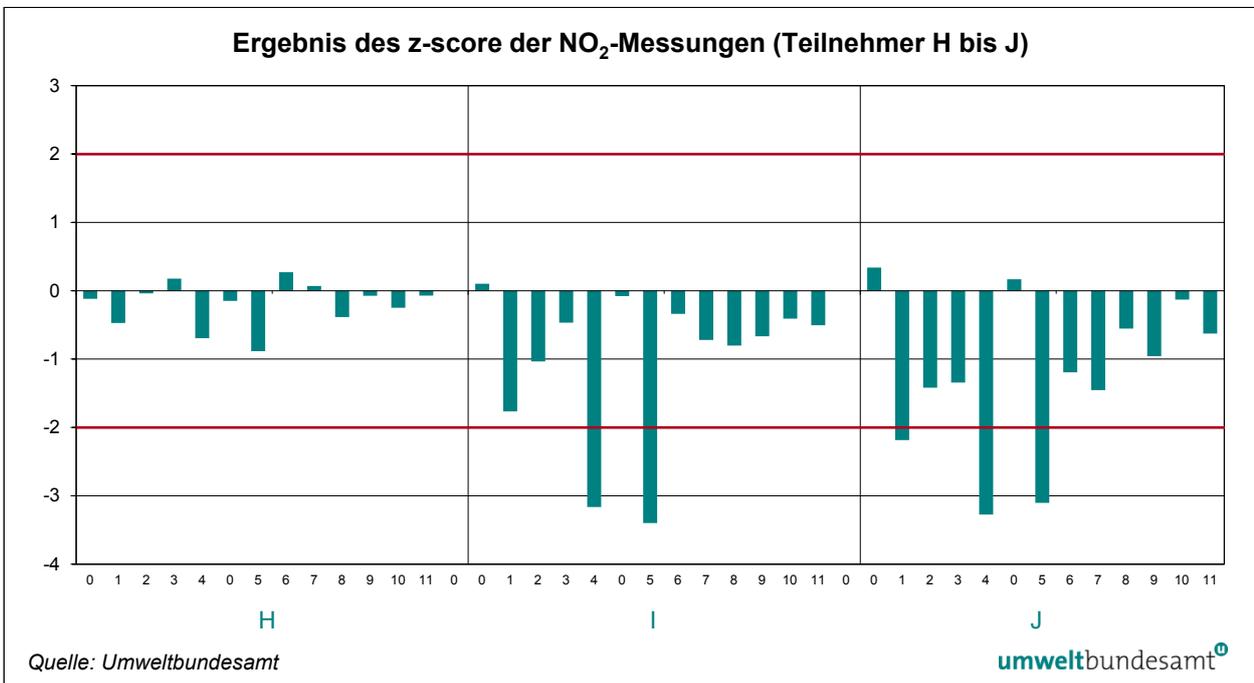


Abbildung 12: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer H bis J).

Zumeist wurde das z-score für niedrige NO₂-Konzentrationen verfehlt, das Trace Level-Gerät verfehlt das Kriterium für NO₂ bei Anwesenheit hoher NO-Konzentrationen, bei den Teilnehmern I und J weichen die Messergebnisse vom NO₂-Sollwert stärker ab.

4.2 E_n-Nummer Auswertung

Die zweite statistische Kenngröße ist die E_n-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_i unterschätzt, so kommt es zur Überschreitung des E_n-Kriteriums.

Ermittlung des Schwellenwertes

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

Berechnung der E_n-Nummer

- x_i* Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden i bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente
- X* Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente
- x_i - X* Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)
- U_x* Erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes
- U_{x_i}* Erweiterte Messunsicherheit des Mittelwertes *x_i*

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

erweiterte Messunsicherheiten

$$|E_n| \leq 1$$

In den folgenden Abbildungen wird die ermittelte E_n-Nummer für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt.

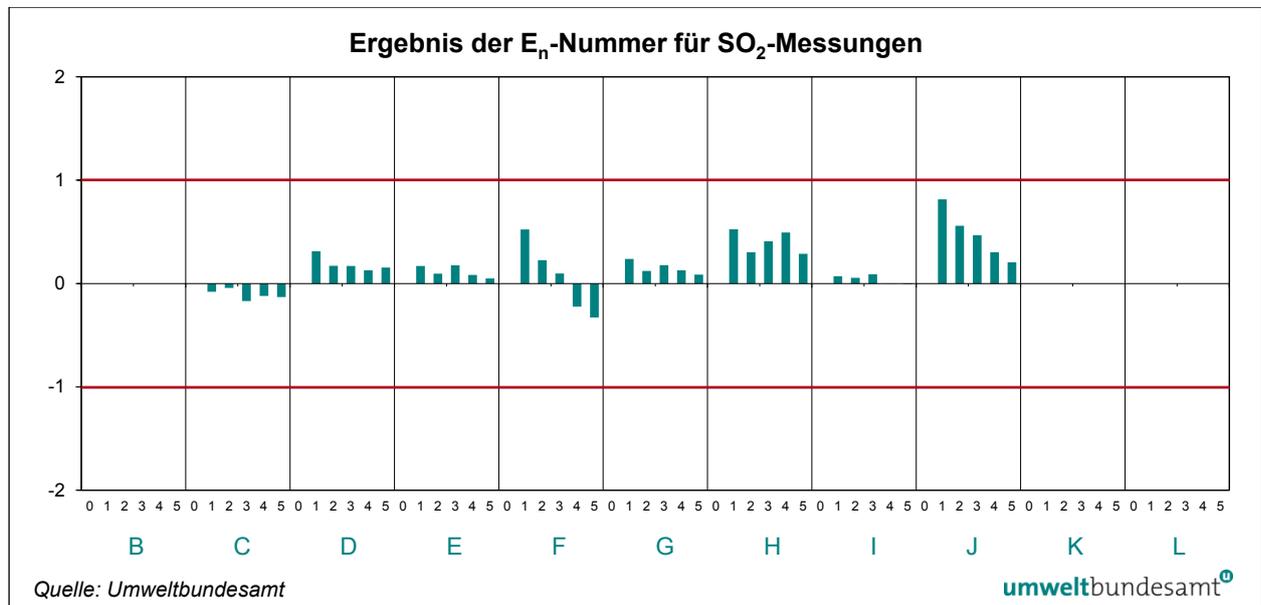


Abbildung 13: Ergebnis der E_n-Nummer für SO₂-Messungen.

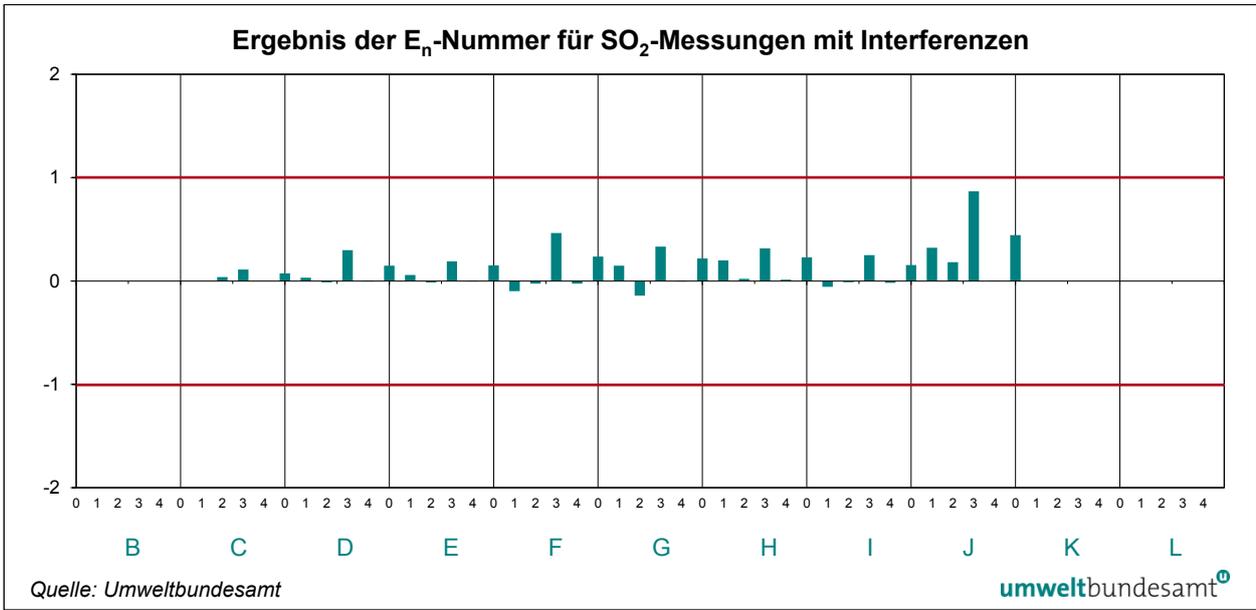


Abbildung 14: Ergebnis der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen mit Interferenzen.

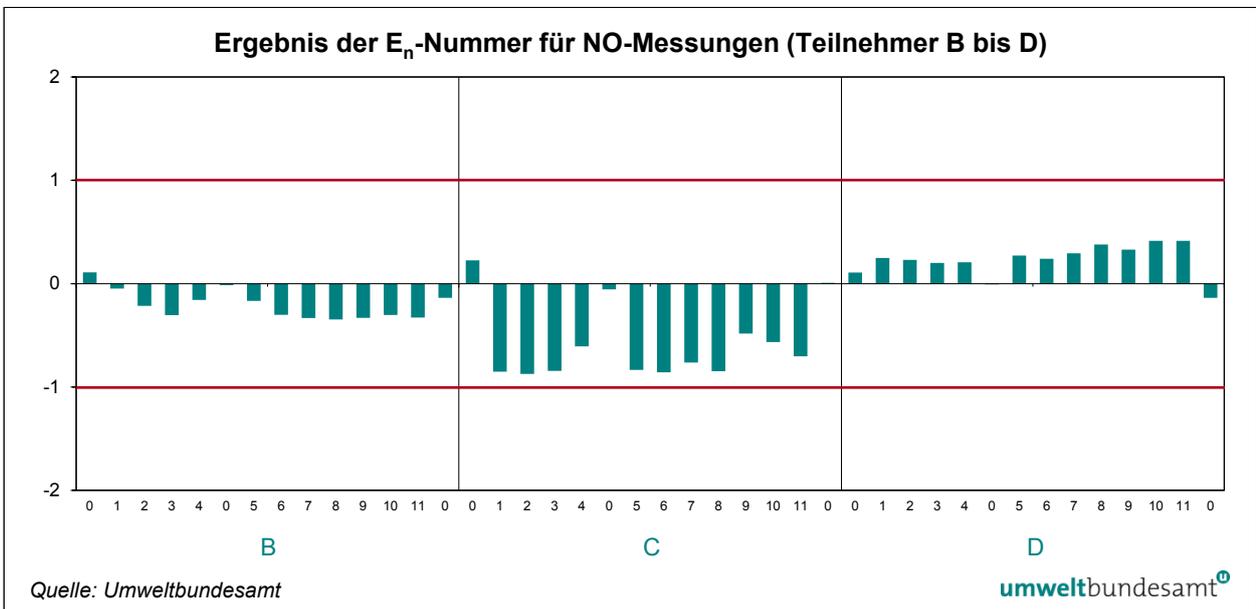


Abbildung 15: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer B bis D).

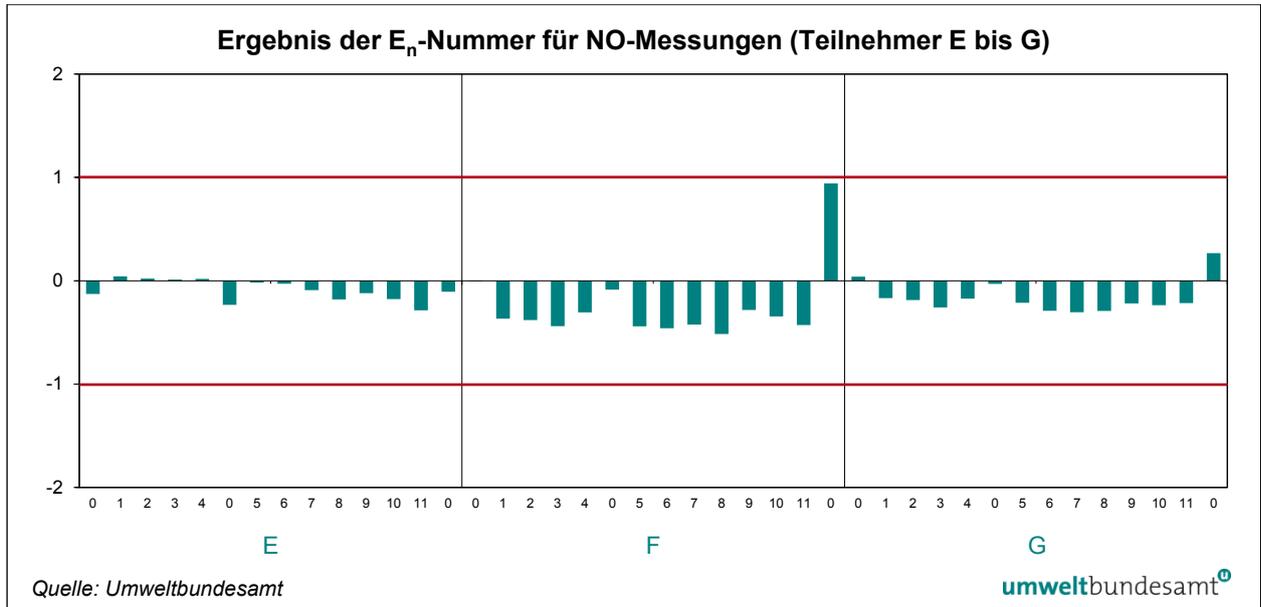


Abbildung 16: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer E bis G).

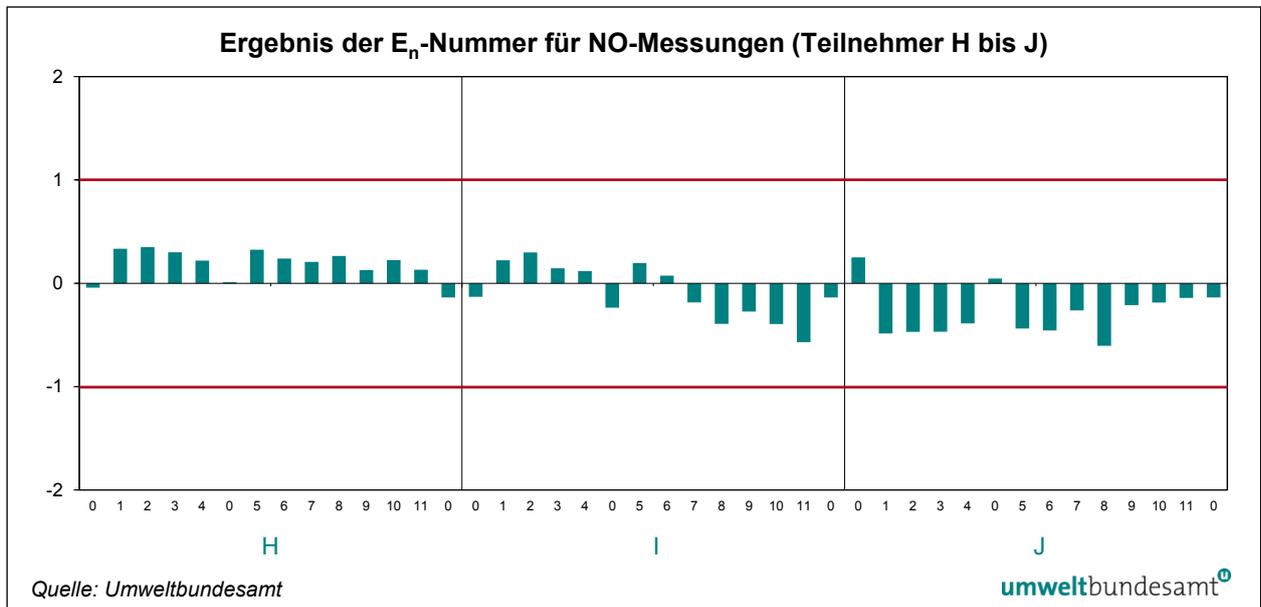


Abbildung 17: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer H bis J).

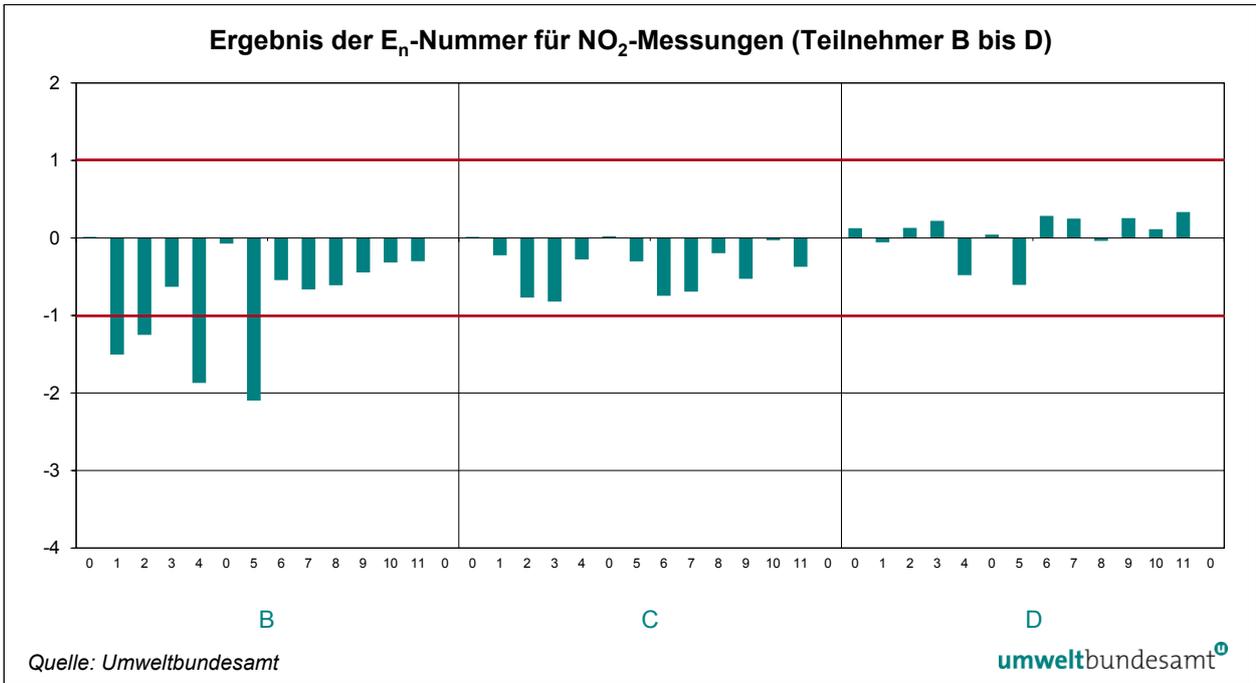


Abbildung 18: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer B bis D).

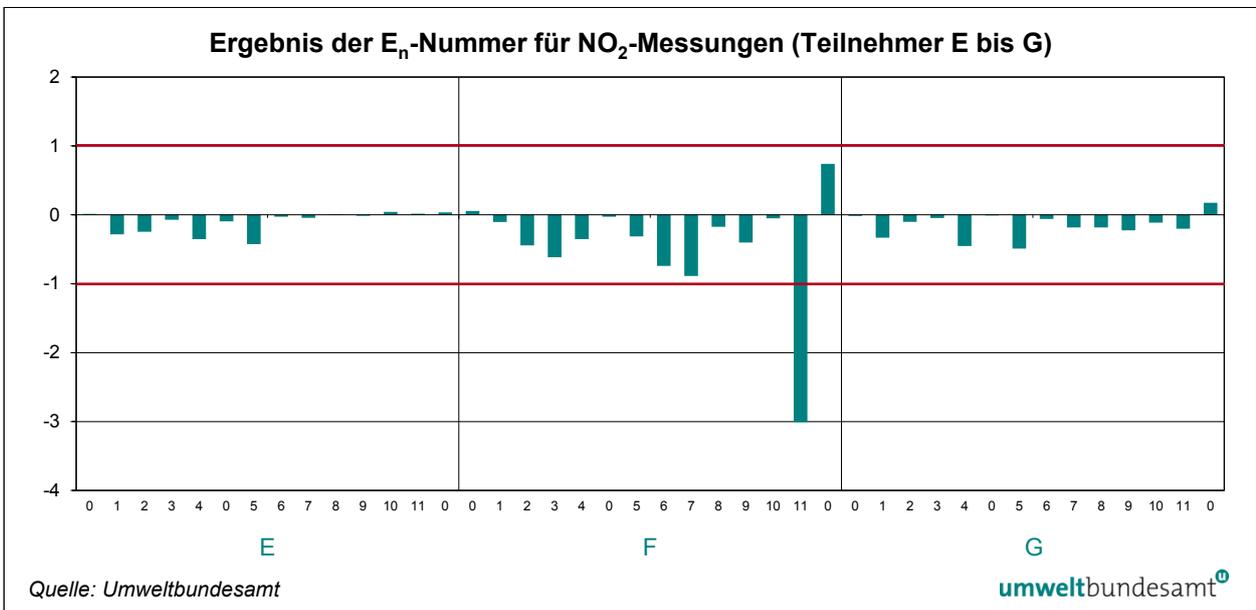


Abbildung 19: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer E bis G).

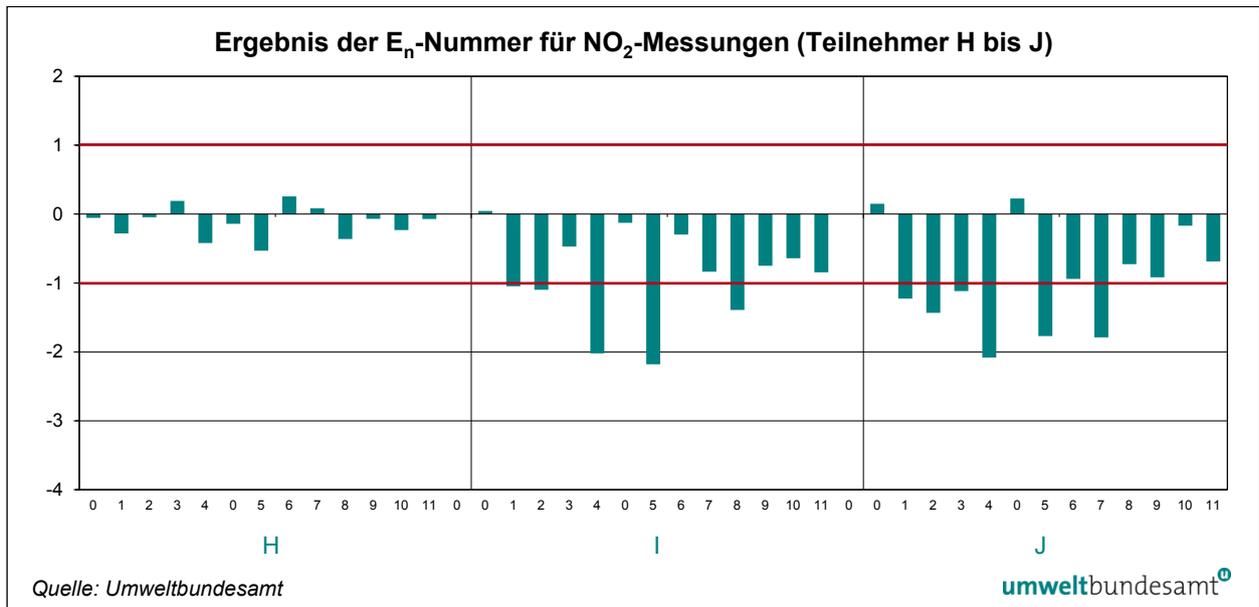


Abbildung 20: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer H bis J).

Bei NO, SO_2 sowie SO_2 mit Interferenzen wird das E_n -Kriterium bei allen Ergebnissen eingehalten. Bei NO_2 kam es zu vermehrten Überschreitung des E_n -Kriteriums, wie sich bereits in der z-score Auswertung gezeigt hat.

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.

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.

Für SO_2 und SO_2 mit Interferenzen (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22) liegen sehr gute Ergebnisse vor, auch die für die Ergebnisse angegebenen Messunsicherheiten unterscheiden sich nur geringfügig. Die Ergebnisse von NO sind ebenfalls sehr gut, jedoch sind die angegebenen Messunsicherheiten größer und variieren mehr.

Die Bestimmung von NO_2 (siehe Abbildung 26 bis Abbildung 28) gehört zu den schwierigeren Aufgaben der Immissionsmessung. Hier kommt es bei Teilnehmern auch zu praktisch durchgehenden Unterschätzungen der NO_2 -Konzentration (siehe Abbildung 28).

**Fehlerindikatoren
zur Darstellung der
Messunsicherheit**

**Ergebnisse der
Auswertungen**

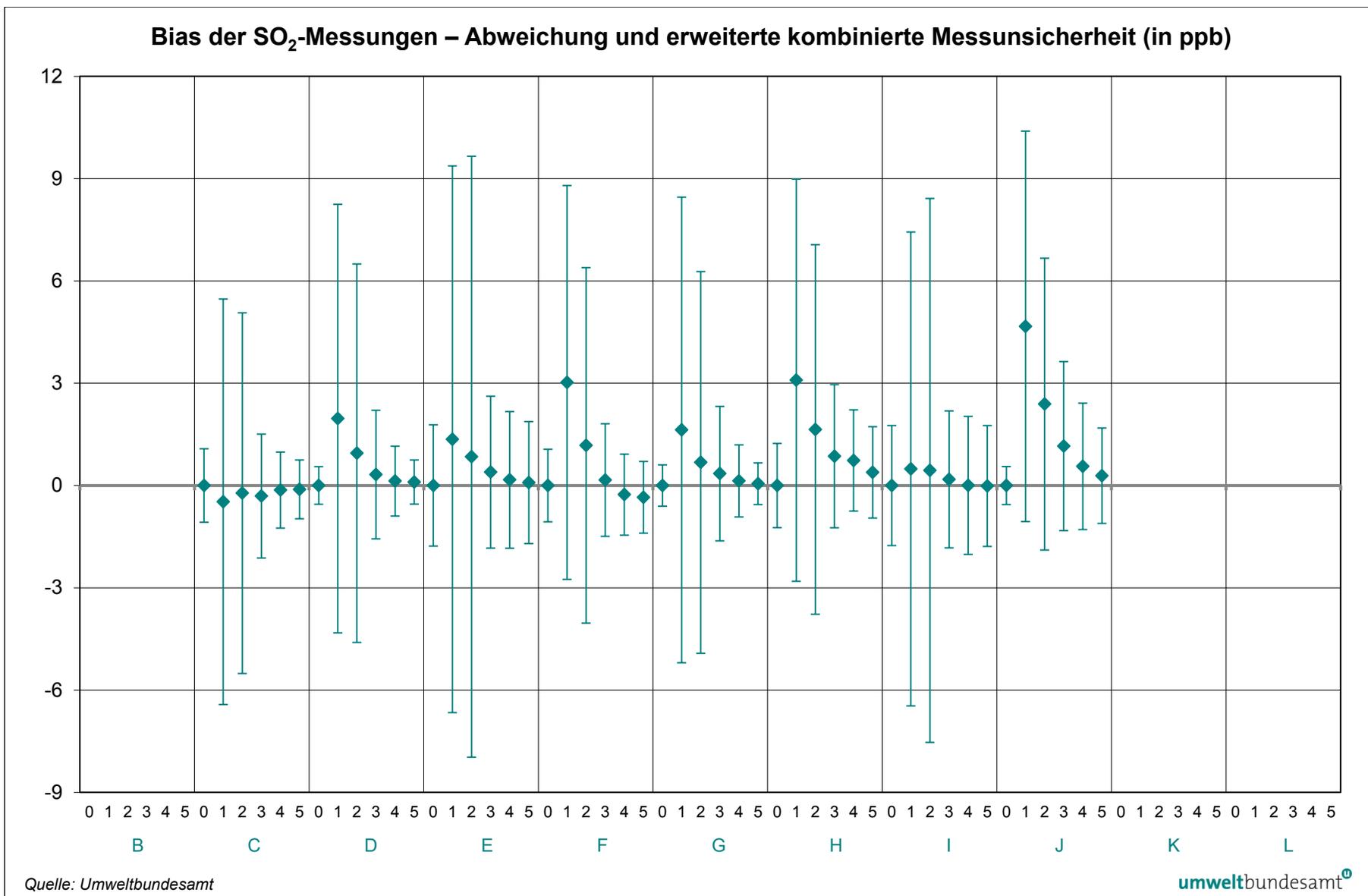


Abbildung 21: Bias der SO₂-Messungen – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

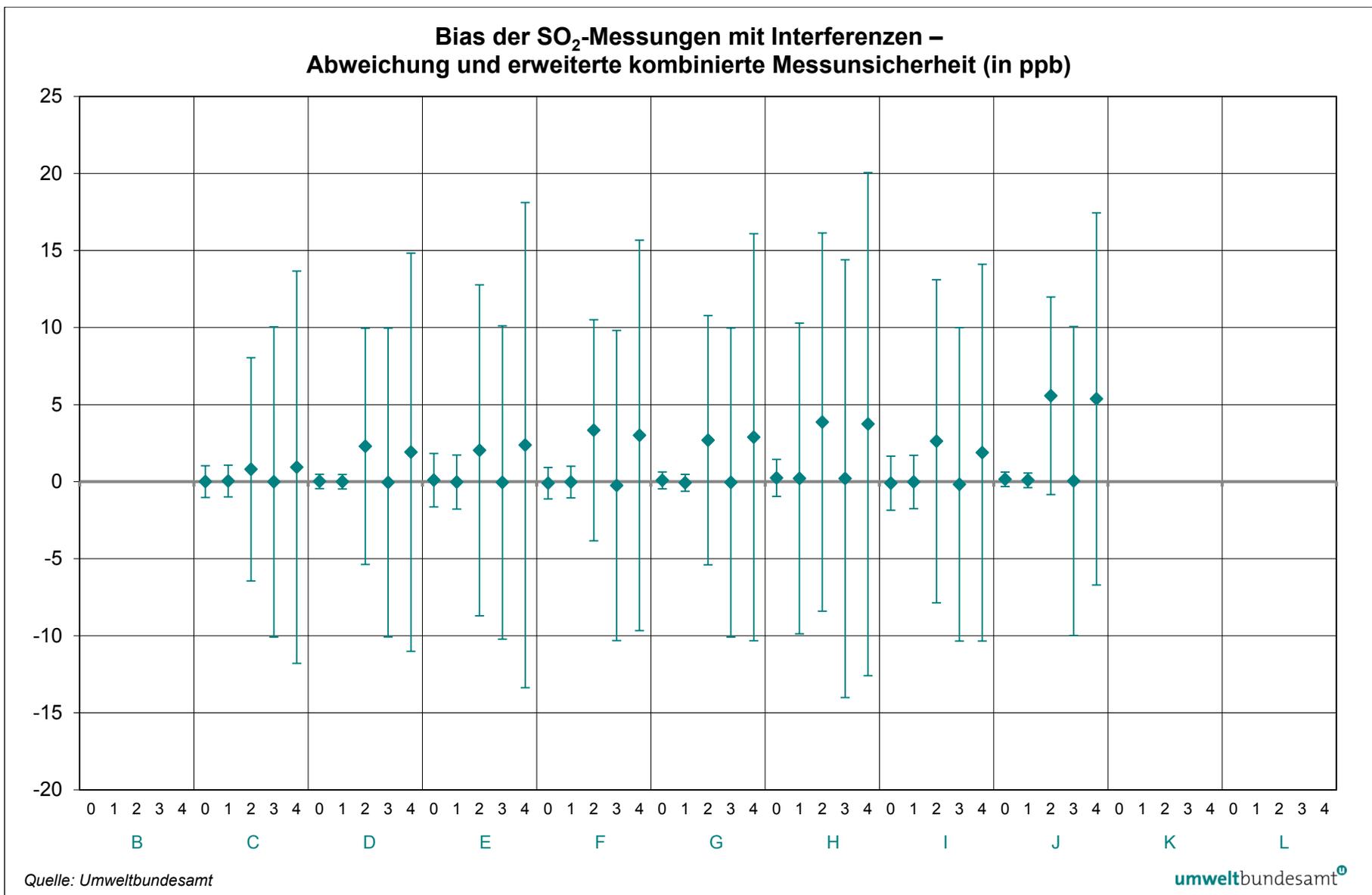


Abbildung 22: Bias der SO₂-Messungen mit Interferenzen – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

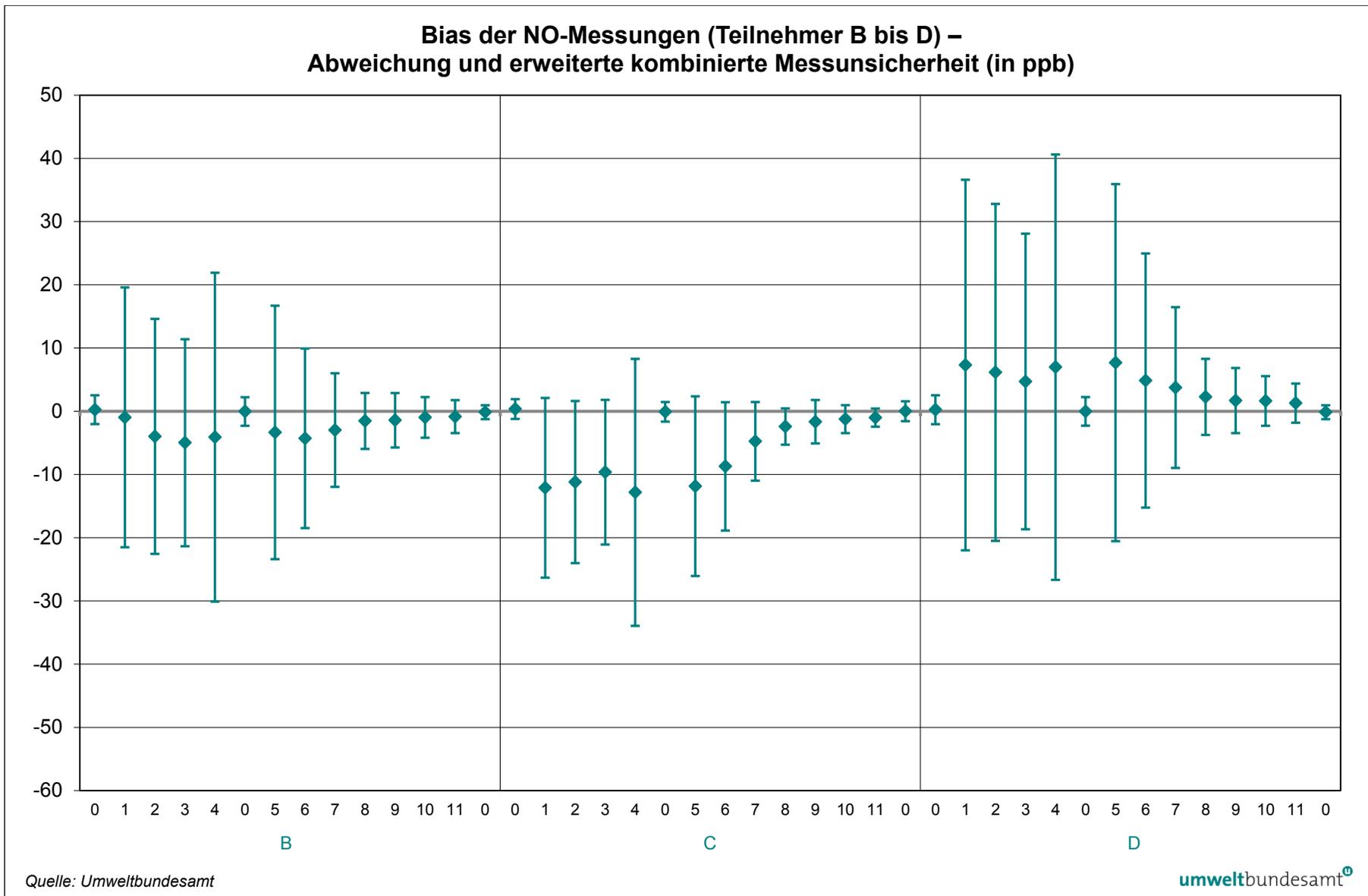


Abbildung 23: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer B bis D) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

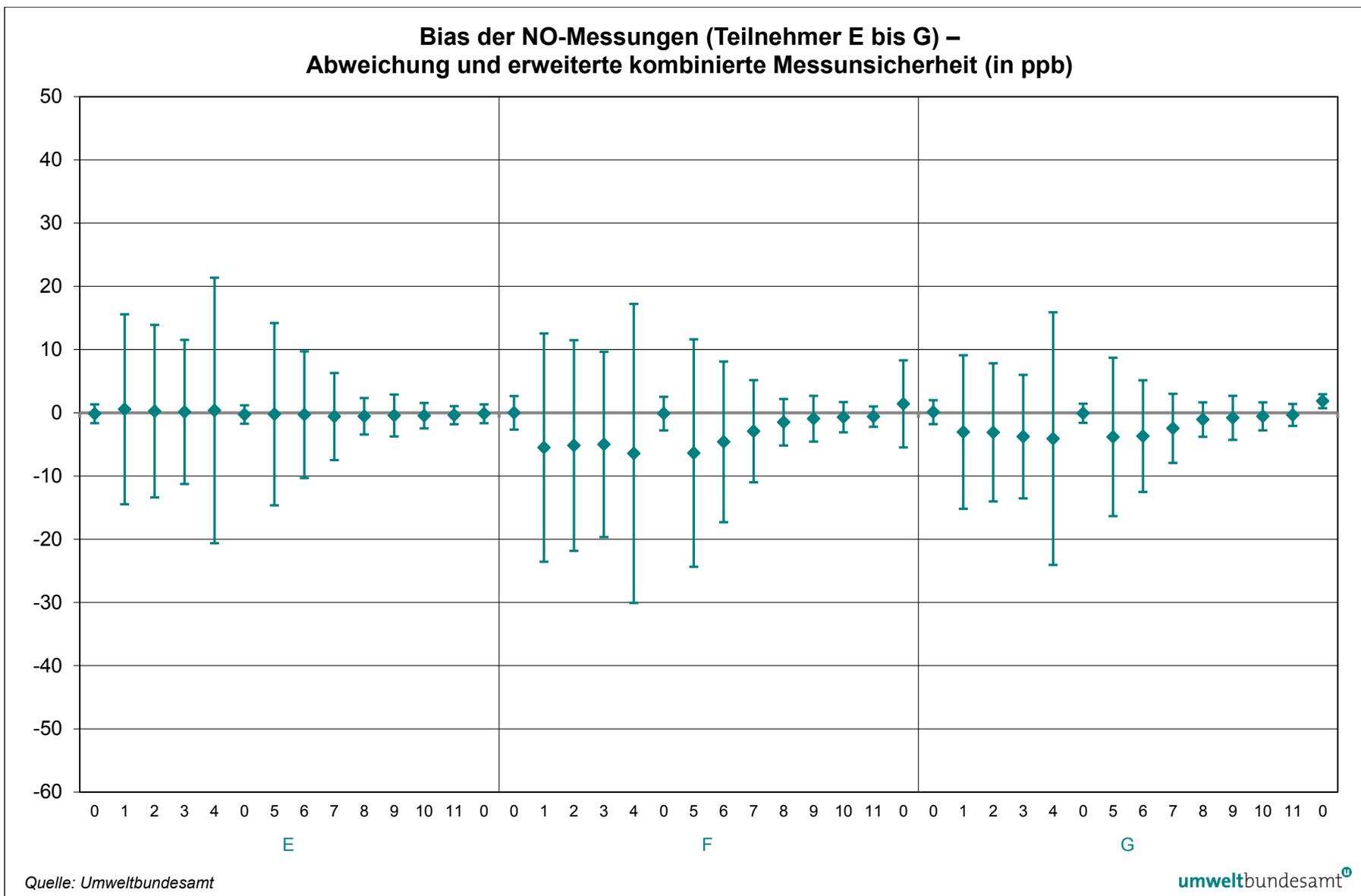
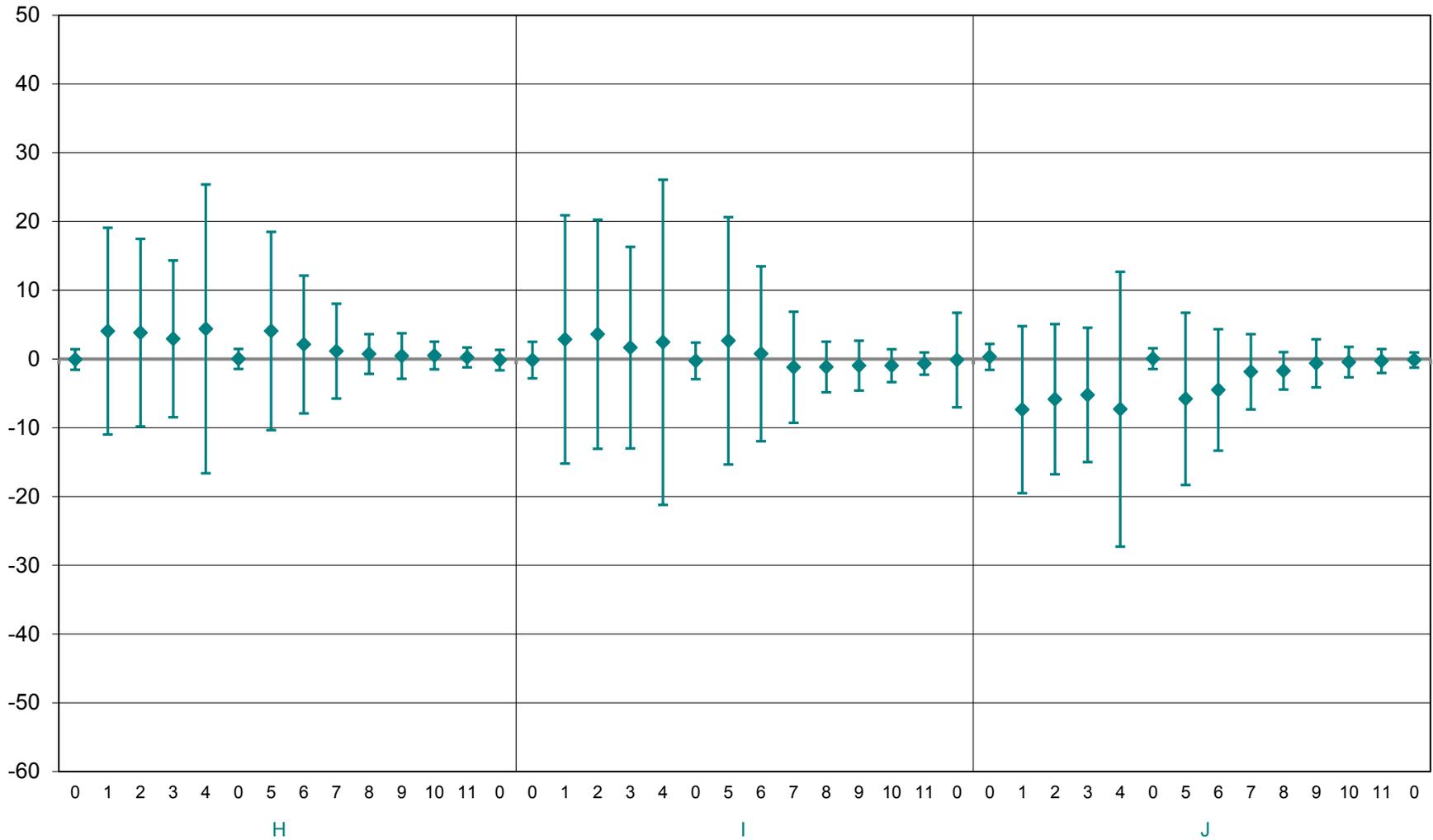


Abbildung 24: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer E bis G) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

Bias der NO-Messungen (Teilnehmer H bis J) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)

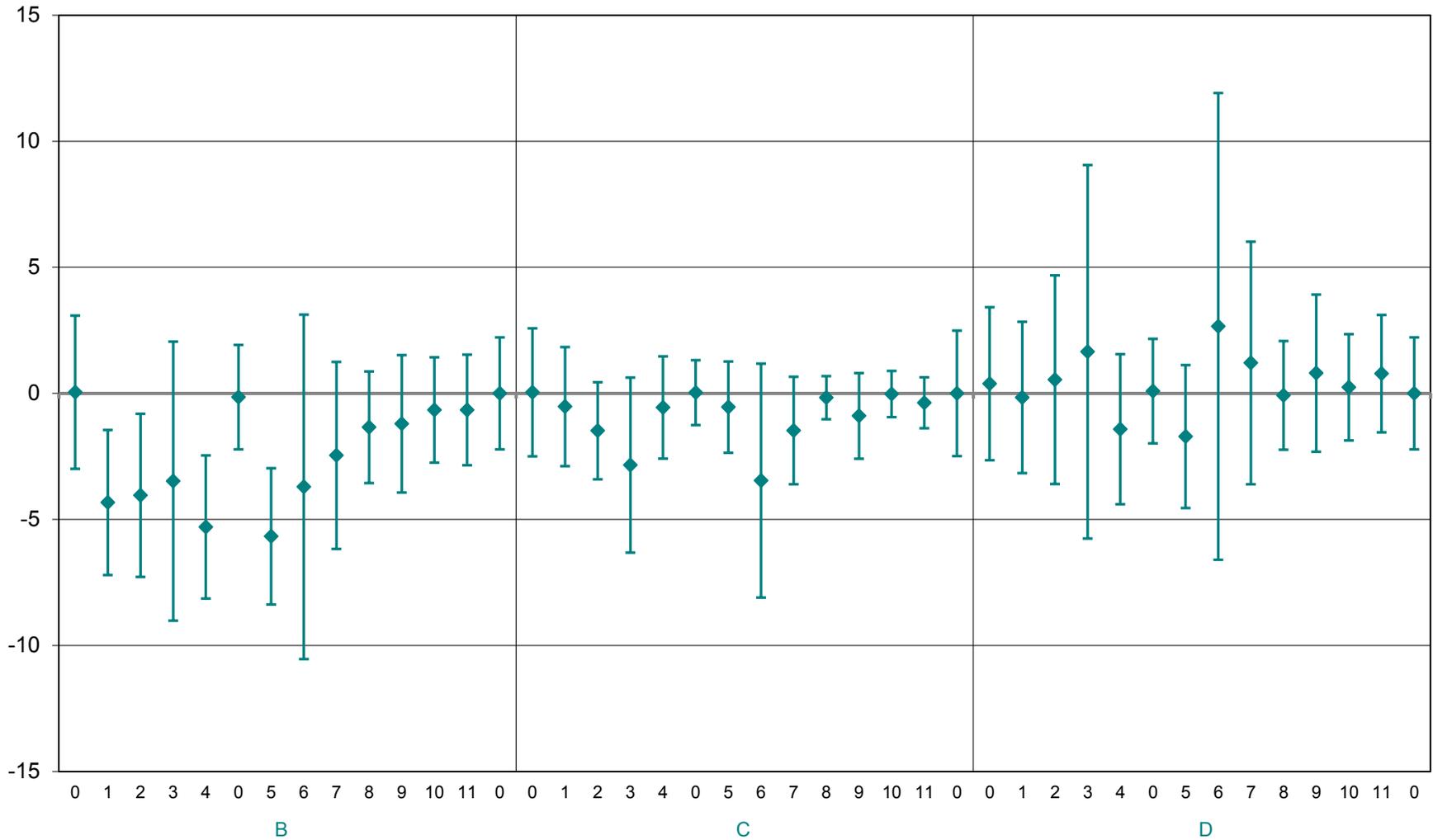


Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt[®]

Abbildung 25: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer H bis J) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)

**Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer B bis D) –
Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)**

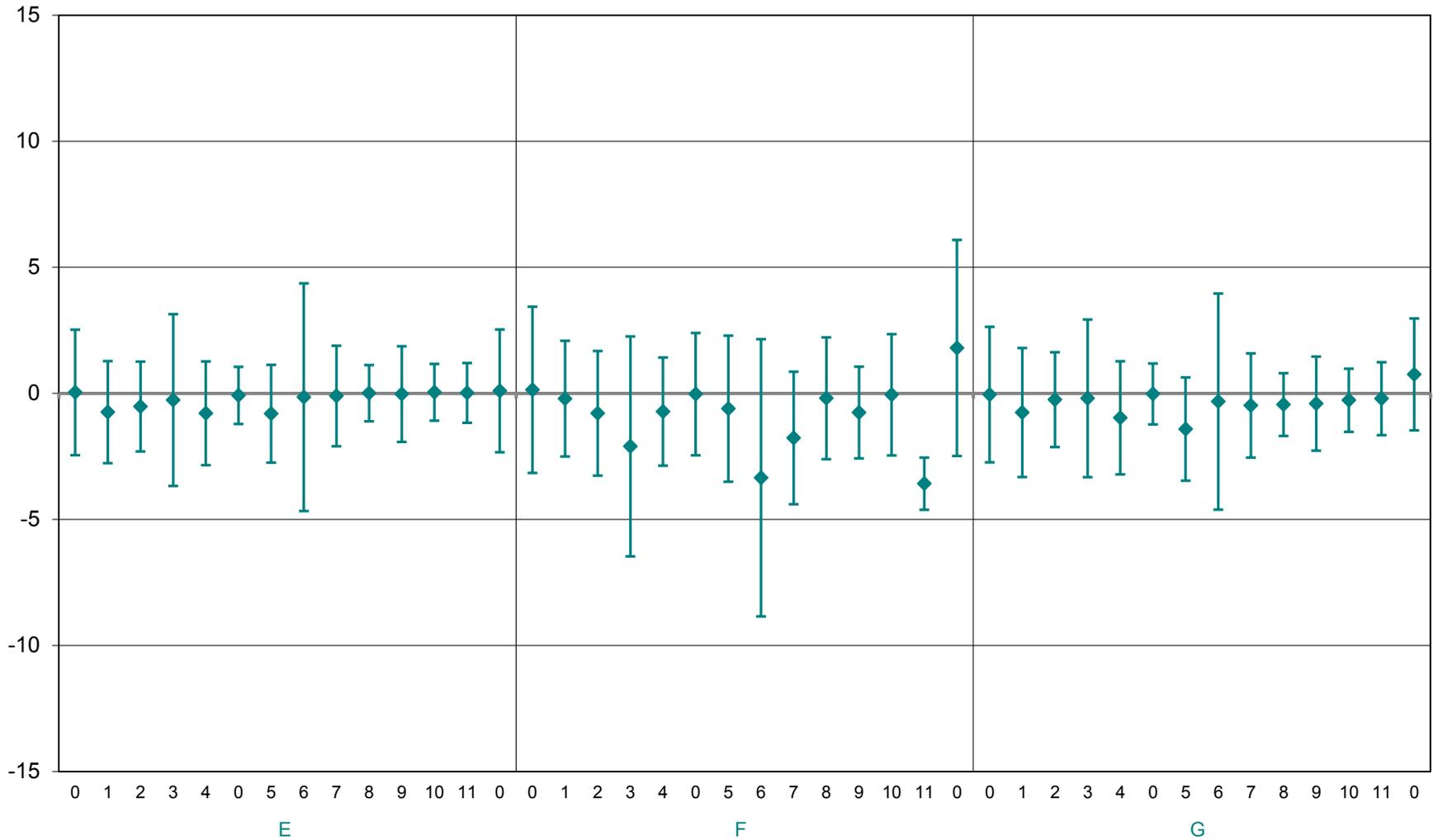


Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt[®]

Abbildung 26: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer B bis D) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer E bis G) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)

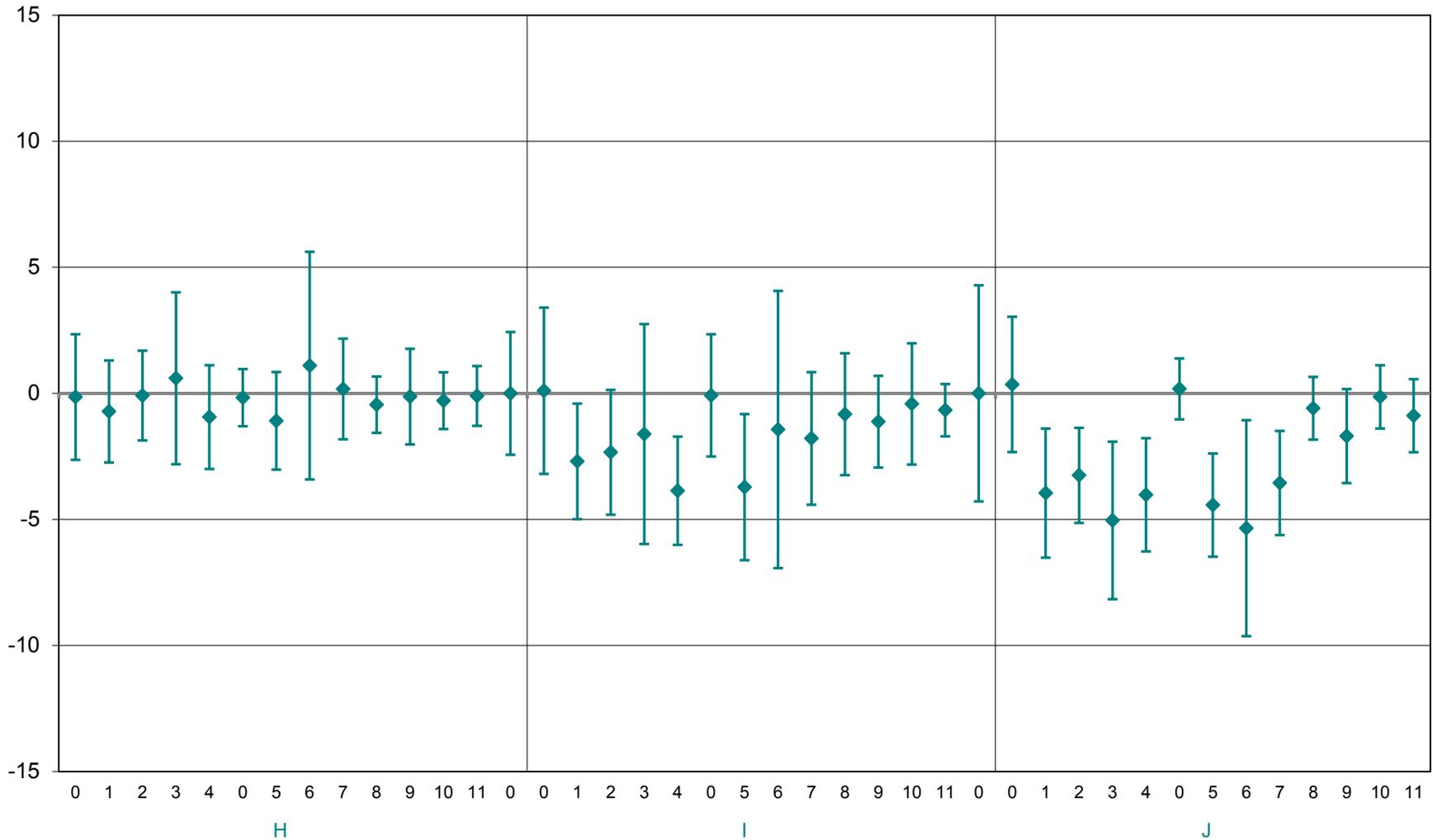


Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt[®]

Abbildung 27: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer E bis G) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer H bis J) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt[®]

Abbildung 28: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer H bis J) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

5 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema vorgegeben (siehe Abbildung 29.)

3 Schritte der Auswertung

Die Ergebnisse von z-score und der E_n -Auswertung werden für die Bewertung herangezogen, wie im folgenden 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).

Tabelle 5:
Faktoren zur
Berechnung der
zulässigen Abweichung

Gas	$\sigma_p = a \cdot c + b$	
	a	b (nmol/mol)
SO ₂	0,022	1
NO	0,024	1
NO ₂	0,020	1

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

zulässige Standardabweichung

Die zulässige Standardabweichung für Null bzw. niedrige Konzentrationen von NO₂ ist – da die NO₂-Konzentration ja aus der Differenz NO_x- und NO-Messung gebildet wird – jedoch weitaus strenger als für NO und SO₂ angesetzt.

Daher wurden für NO₂ Messunsicherheiten bis zu 1,5 ppb in diesem Bereich nicht als zu groß beurteilt.

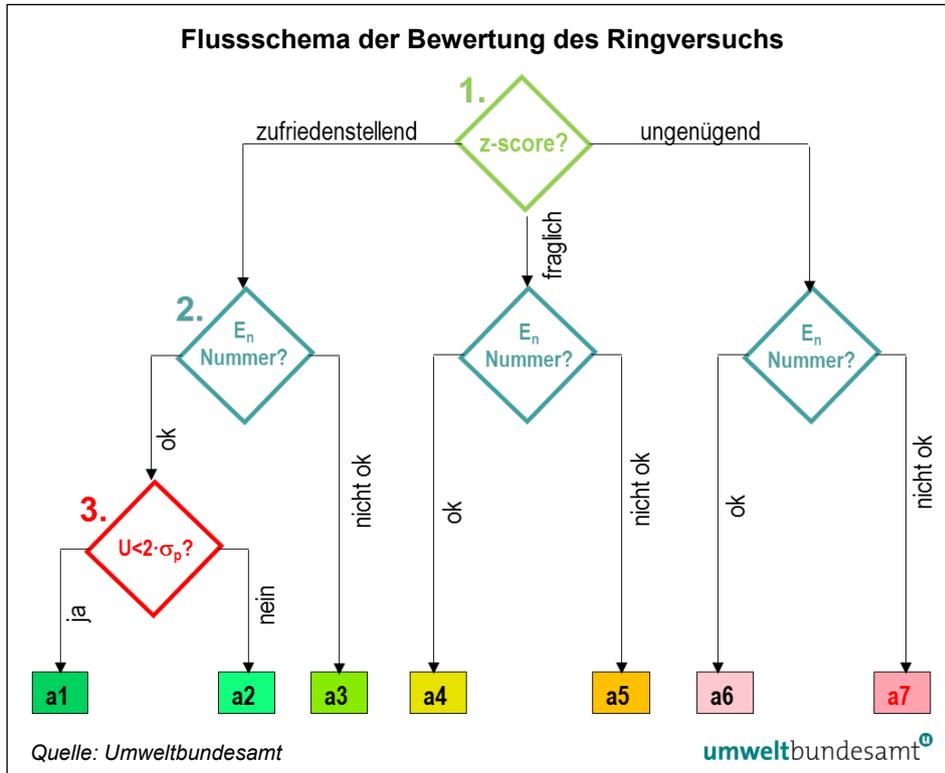


Abbildung 29:
Flussschema der
Bewertung des
Ringversuchs.

- 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)

Beurteilungsschema

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen des Ringversuchs 2014 sind für alle Komponenten und Konzentrationen in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen des
Ringversuchs 2014.

	Lauf		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Nummer	x											
SO ₂ (nmol/mol)	0	0		a1		a1							
	1	150		a1		a1							
	2	75		a1	a1	a2	a1	a1	a1	a2	a1		a1
	3	40		a1		a1							
	4	20		a1		a1							
	5	10		a1		a1							

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen mit
Interferenzen des
Ringversuchs 2014.

	Lauf		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Nummer	x											
IF SO ₂ (nmol/mol)	0	0		a1		a1							
	1	150		a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1		a1
	2	0		a1	a1	a2	a1	a1	a2	a2	a1		a1
	3	150		a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1		a2
	4	0		a1	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1		a2

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen des
Ringversuchs 2014.

	Lauf		B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Nummer	x									
NO (nmol/mol)	NG1	0	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1
	1	470	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	420	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	360	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4	470	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NG2	0	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1
	5	450	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	250	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	125	a1								
	8	80	a1								
	9	35	a1								
	10	40	a1								
	11	20	a1								
	NG3	0		a1		a1	a1	a2			

		Lauf Nummer	x	B	C	D	E	F	G	H	I	J
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0	a2	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1
	1	10	a5	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a5
	2	60	a3	a1	a3	a3						
	3	120	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3
	4	10	a7	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a7	a7
	NG2	0	a1	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1
	5	0	a7	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1	a7	a7
	6	200	a1	a1	a2	a1						
	7	125	a1	a3								
	8	0	a2	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1	a3	a1
	9	45	a1									
	10	0	a2	a1	a2	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1
	11	20	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1
	NG3	0		a1		a1	a1	a2				

Tabelle 9:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen des
Ringversuchs 2014.

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen des Ringversuchs 2014 sind für die Komponenten und Konzentrationen von SO₂, SO₂ mit Interferenzen sowie NO sehr zufriedenstellend (siehe Tabelle 6 bis Tabelle 8). Die TeilnehmerInnen C, F und J haben für die Komponenten SO₂, SO₂ mit Interferenzen und NO für alle Konzentrationen ausschließlich die Bewertung a1 erhalten, wurden somit als vollkommen zufriedenstellend beurteilt.

Ergebnisse

Für die Komponenten NO₂ zeigen die MessnetzbetreiberInnen C, E, H sowie D und G sehr zufriedenstellende Ergebnisse und wurden mit a1 und a2 bewertet. Jedoch wurde bei niedrigen NO₂-Konzentrationen (0 bis 10 nmol/mol) bei drei Messnetzbetreibern ein ungenügendes Messergebnis (z-score ungenügend und E_n-Nummer liegt außerhalb des festgelegten E_n-Bereichs), verzeichnet. Dies führte zu einer a7-Bewertung bei Konzentrationsdurchgang 4 und 5.

6 AUSBLICK

zufriedenstellende Ergebnisse

Die Ergebnisse des Ringversuchs 2014 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen.

Für die Komponente SO₂, SO₂ mit Interferenzen und NO wurde die Einhaltung der geforderten Messunsicherheit zweifelsfrei belegt. Für diese wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Konzentrationen eingehalten und lieferten sehr zufriedenstellende Ergebnisse.

Verbesserungs- bedarf bei NO₂

Nicht ganz zufriedenstellend ist die Situation bei NO₂. Für die Komponenten NO₂ hat zwar der Großteil der Messgeräte sehr gute Ergebnisse erzielt, es mussten aber auch mehrfach Ergebnisse als „ungenügend“ bewertet werden.

Da bei NO₂ nach PM₁₀ die häufigsten Grenzwertüberschreitungen gemessen werden, muss der Qualitätssicherung und dem Nachweis der Qualität der Immissionsmessung hohe Priorität zugewiesen werden.

weiterer Ringversuch im Herbst 2015

Im Herbst 2015 wird wieder ein Ringversuch stattfinden, bei dem Messungen zu den Luftschadstoffen NO/NO₂ sowie O₃ durchgeführt werden.

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.

Prüfkriterium 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.

Tabelle 10:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für SO₂.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
SO ₂ 0	ppb	0,0	0,18	0,0	0,00	ok
SO ₂ 1	ppb	146,0	2,30	184,0	1,83	ok
SO ₂ 2	ppb	76,2	1,91	77,1	0,85	ok
SO ₂ 3	ppb	38,7	0,66	39,1	0,50	ok
SO ₂ 4	ppb	19,7	0,32	19,9	0,38	ok
SO ₂ 5	ppb	9,9	0,17	9,9	0,25	ok
SO ₂ IF1	ppb	0,0	0,11	0,1	0,07	ok
SO ₂ IF2	ppb	149,6	2,72	152,4	1,42	ok
SO ₂ IF3	ppb	0,3	5,01	0,2	0,14	ok
SO ₂ IF4	ppb	144,7	5,79	147,2	2,07	ok
SO ₂ IF0	ppb	0,1	0,11	0,2	0,13	ok

Tabelle 11:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
und NO₂.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NO 0	ppb	0,2	0,55	0,3	0,23	ok
NO 1	ppb	490,0	4,84	489,2	6,84	ok
NO 2	ppb	446,2	4,39	444,7	6,35	ok
NO 3	ppb	390,0	3,93	388,0	5,33	ok
NO 4	ppb	495,5	7,36	493,2	7,17	ok
NO 0 (II)	ppb	0,3	0,53	0,18	0,13	ok
NO 5	ppb	463,4	4,93	461,6	6,84	ok
NO 6	ppb	334,1	3,43	330,8	4,75	ok
NO 7	ppb	208,2	2,14	207,19	2,44	ok
NO 8	ppb	92,4	1,01	91,6	1,28	ok
NO 9	ppb	64,6	1,16	63,6	0,88	ok
NO 10	ppb	50,9	0,71	50,8	0,73	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NO 11	ppb	37,3	0,47	36,9	0,53	ok
NO 0 (III)	ppb	0,2	0,55	0,9	1,13	ok
NO ₂ 0	ppb	-0,04	1,14	0,0	0,01	ok
NO ₂ 1	ppb	10,2	0,88	8,6	1,86	ok
NO ₂ 2	ppb	54,7	0,64	53,3	1,74	ok
NO ₂ 3	ppb	111,6	1,21	110,1	2,41	ok
NO ₂ 4	ppb	8,9	0,90	6,9	1,97	ok
NO ₂ 0 (II)	ppb	0,1	0,27	0,1	0,10	ok
NO ₂ 5	ppb	3,8	0,83	1,6	2,03	ok
NO ₂ 6	ppb	139,0	1,51	137,5	2,95	ok
NO ₂ 7	ppb	67,3	0,71	66,2	1,67	ok
NO ₂ 8	ppb	0,8	0,25	0,4	0,39	ok
NO ₂ 9	ppb	30,3	0,54	29,7	0,79	ok
NO ₂ 10	ppb	0,5	0,26	0,3	0,29	ok
NO ₂ 11	ppb	15,0	0,32	14,6	0,63	ok
NO ₂ 0 (III)	ppb	0,0	1,11	0,6	0,72	ok

ANHANG B: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse des Ringversuchs für SO₂ und NO/NO₂ werden in der Einheit ppb 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 1 der Ringversuchsanlage. Die Fehlerindikatoren zeigen die erweiterte Messunsicherheit des Messwertes der Teilnehmenden.

Ergebnisse für SO₂

Tabelle 12: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration Null (Nullgas) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
\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
$u(\bar{x}_i)$			0,5	0,2	0,9	0,5	0,2	0,6	0,9	0,2			0,2
$U(\bar{x}_i)$			1,0	0,4	1,7	1,0	0,5	1,2	1,7	0,4			0,4

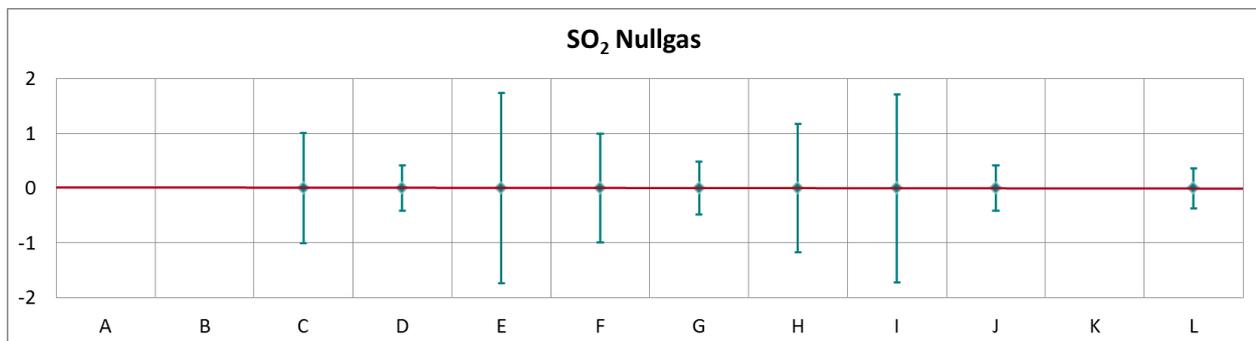


Abbildung 30: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für SO₂-Nullgas (in ppb).

Tabelle 13: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 1 $x^* = 148,0$ $s^* = 1,83$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$			144,9	147,7	147,0	148,5	147,0	148,4	145,9	150,1			145,6
$x_{i,2}$			145,5	147,6	147,3	149,0	147,6	149,3	146,6	150,5			145,9
$x_{i,3}$			146,3	148,7	147,9	149,7	148,4	149,7	147,1	151,5			146,7
X_i			145,6	148,0	147,4	149,1	147,7	149,1	146,5	150,7			146,0
S_i			0,70	0,59	0,46	0,60		0,67	0,60	0,70			0,59
$u(x_i)$			1,88	2,14	3,28	1,74	2,52	1,84	2,60	1,70			2,30
$U(x_i)$			3,76	4,27	6,56	3,48	5,04	3,68	5,20	3,40			4,61

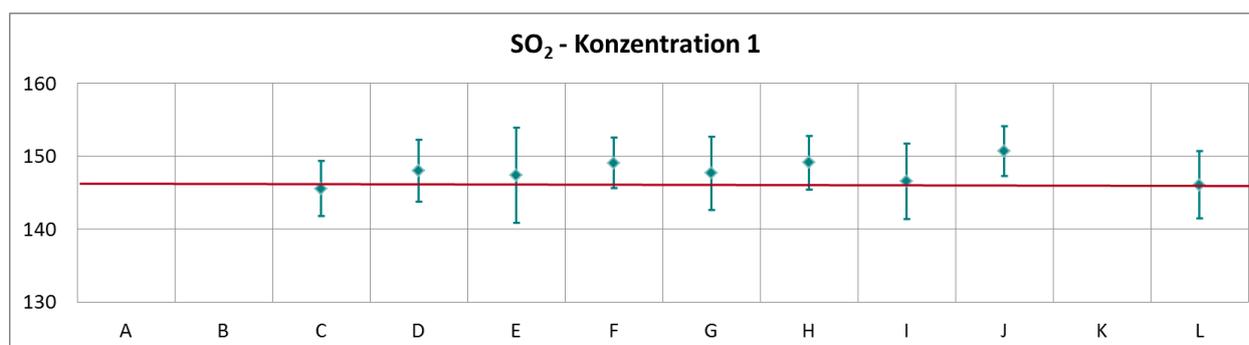


Abbildung 31: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 14: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 2 $x^* = 77,1$ $s^* = 0,85$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$			76,1	77,3	77,2	77,4	77,1	77,9	76,6	78,7			76,2
$x_{i,2}$			76,0	77,1	77,1	77,4	76,8	77,8	76,6	78,6			76,3
$x_{i,3}$			75,7	76,9	76,7	77,2	76,5	77,7	76,6	78,3			75,9
X_i			76,1	77,3	77,2	77,4	77,1	77,9	76,6	78,7			76,2
S_i			0,21	0,20	0,26	0,12	0,31	0,10	0,00	0,21			0,19
$u(x_i)$			1,83	2,01	3,97	1,77	2,04	1,92	3,50	0,96			1,91
$U(x_i)$			3,65	4,02	7,94	3,54	4,09	3,84	7,00	1,92			3,82

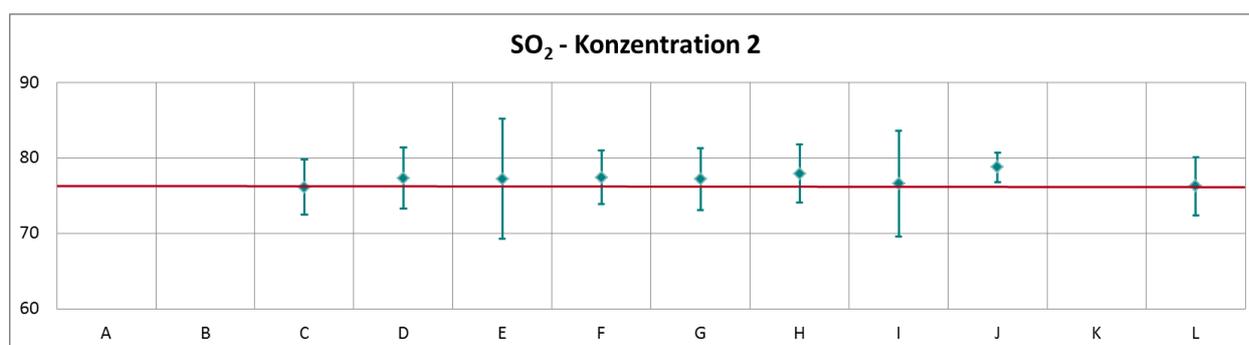


Abbildung 32: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 15: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 3 $x^* = 39,1$ $s^* = 0,50$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			38,4	38,9	39,0	38,8	38,9	39,6	38,7	39,7		38,6
$x_{i,2}$			38,4	39,0	39,1	38,9	39,1	39,5	38,9	39,9		38,8
$x_{i,3}$			38,3	39,1	39,1	38,8	39,1	39,5	39,0	39,8		38,7
X_i			38,4	39,0	39,1	38,8	39,0	39,5	38,9	39,8		38,7
S_i			0,06	0,12	0,06	0,06	0,12	0,06	0,17	0,09		0,08
$u(x_i)$			0,63	0,67	0,90	0,50	0,73	0,82	0,76	1,05		0,66
$U(x_i)$			1,25	1,35	1,80	1,00	1,47	1,64	1,52	2,10		1,31

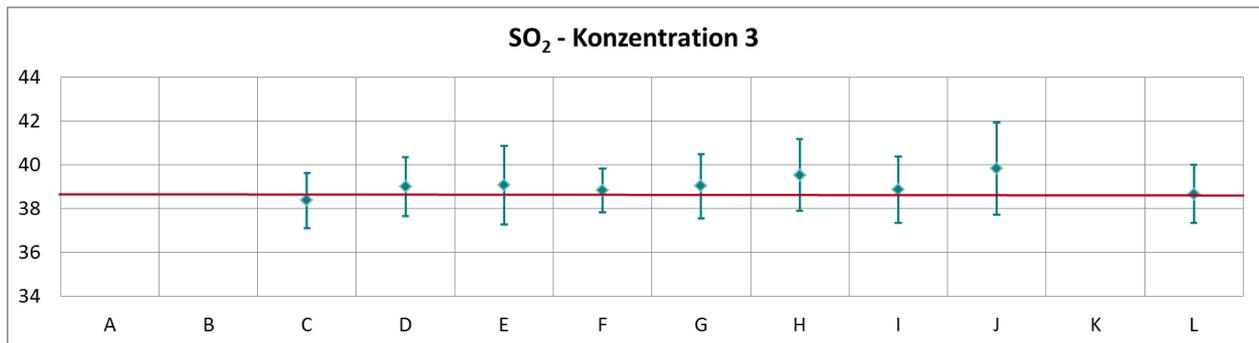


Abbildung 33: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 16: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 4 $x^* = 19,9$ $s^* = 0,38$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			19,6	19,8	19,9	19,5	19,8	20,4	19,7	20,3		19,7
$x_{i,2}$			19,5	19,8	19,9	19,3	19,9	20,5	19,7	20,3		19,7
$x_{i,3}$			19,6	19,8	19,8	19,5	19,8	20,4	19,7	20,2		19,6
X_i			19,6	19,8	19,9	19,5	19,8	20,4	19,7	20,3		19,7
S_i			0,06	0,00	0,06	0,12	0,04	0,06	0,02	0,04		0,05
$u(x_i)$			0,46	0,40	0,95	0,50	0,42	0,67	0,96	0,87		0,32
$U(x_i)$			0,91	0,80	1,90	1,00	0,84	1,34	1,92	1,74		0,64

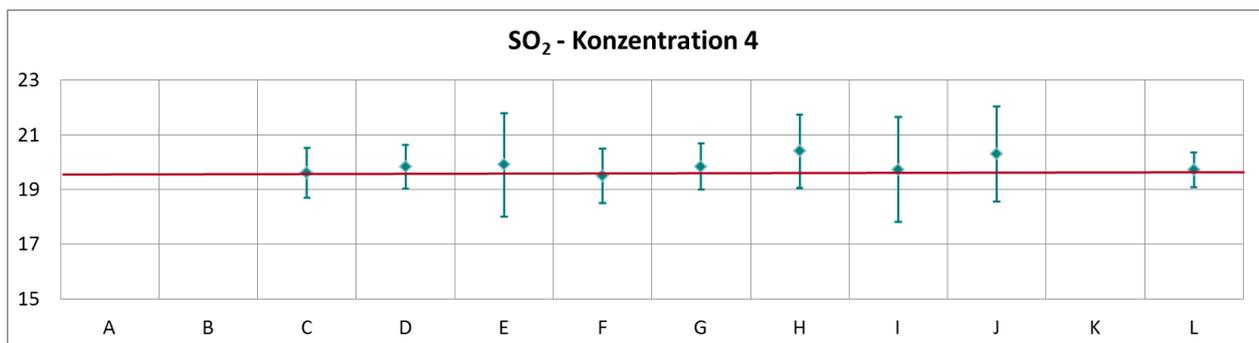


Abbildung 34: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 17: Ergebnisse für SO₂ bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 5 $x^* = 9,9$ $s^* = 0,25$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$			9,8	10,0	10,0	9,6	10,0	10,4	10,0	10,2			9,9
$x_{i,2}$			9,7	10,0	10,0	9,5	10,0	10,2	9,9	10,1			9,9
$x_{i,3}$			9,8	10,0	9,9	9,5	9,8	10,2	9,7	10,1			9,8
X_i			9,8	10,0	10,0	9,6	10,0	10,4	10,0	10,2			9,9
S_i			0,06	0,03	0,06	0,06	0,08	0,12	0,16	0,04			0,05
$u(x_i)$			0,40	0,28	0,88	0,50	0,26	0,65	0,87	0,68			0,17
$U(x_i)$			0,80	0,56	1,76	1,00	0,51	1,30	1,74	1,36			0,33

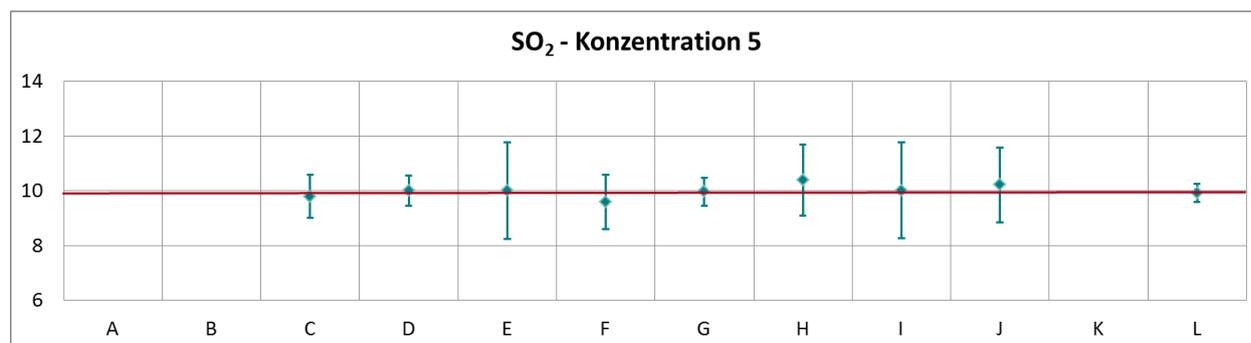


Abbildung 35: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 18: Ergebnisse für SO₂ mit Interferenzen bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: SO₂, Nullgas $x^* = 0,2$ $s^* = 0,13$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$			0,10	0,11	0,20	0,00	0,18	0,34	0,00	0,25			0,10
$u(x_i)$			0,50	0,21	0,86	0,50	0,25	0,59	0,87	0,21			0,11
$U(x_i)$			1,01	0,41	1,72	1,00	0,50	1,18	1,74	0,42			0,22

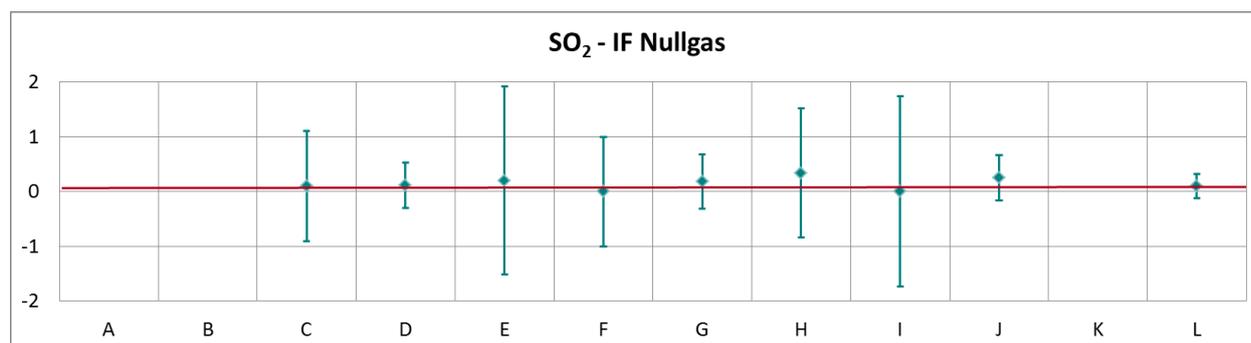


Abbildung 36: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration mit Interferenzen (Nullgas, in ppb).

Tabelle 19: Ergebnisse für SO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 1 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,07$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,02	0,1		0,0
$x_{i,2}$			0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,2	0,00	0,1		0,0
$x_{i,3}$			0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,00	0,1		0,0
X_i			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1		0,0
S_i			0,06	0,03	0,00	0,00	0,02	0,06	0,01	0,01		0,01
$u(x_i)$			0,50	0,21	0,87	0,50	0,25	5,04	0,86	0,21		0,11
$U(x_i)$			1,01	0,41	1,74	1,00	0,50	10,08	1,72	0,42		0,22

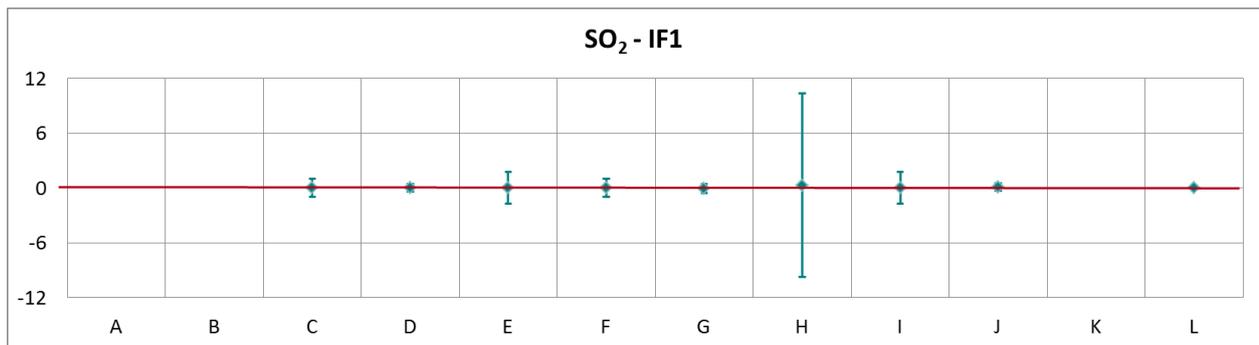


Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 1 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 20: Ergebnisse für SO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 2 $x^* = 152,4$ $s^* = 1,42$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			150,0	151,5	151,2	152,7	152,0	153,1	151,7	155,0		149,4
$x_{i,2}$			150,1	151,8	151,4	152,5	151,7	153,1	152,2	154,8		149,3
$x_{i,3}$			151,0	152,3	152,2	153,5	153,1	154,1	152,7	155,6		150,0
X_i			150,4	151,9	151,6	152,9	152,3	153,4	152,2	155,1		149,6
S_i			0,55	0,39	0,53	0,53	0,73	0,58	0,47	0,44		0,40
$u(x_i)$			2,39	2,70	4,63	2,34	2,99	5,50	4,48	1,70		2,72
$U(x_i)$			4,78	5,40	9,26	4,68	5,98	11,00	8,96	3,40		5,44

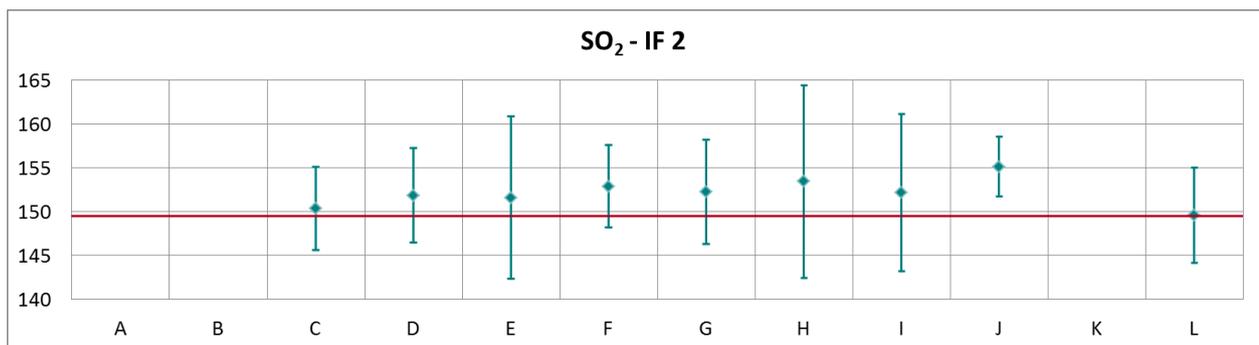


Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 2 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 21: Ergebnisse für SO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 3 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,14$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			0,3	0,3	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0	0,4		0,3
$x_{i,2}$			0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,5	0,0	0,3		0,2
$x_{i,3}$			0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,3	0,2	0,2		0,2
X_i			0,2	0,2	0,2	0,0	0,2	0,4	0,1	0,3		0,3
S_i			0,06	0,07	0,10	0,00	0,09	0,13	0,11	0,09		0,05
$u(x_i)$			0,51	0,21	0,88	0,50	0,27	5,04	0,89	0,21		5,01
$U(x_i)$			1,02	0,42	1,76	1,00	0,54	10,08	1,78	0,42		10,01

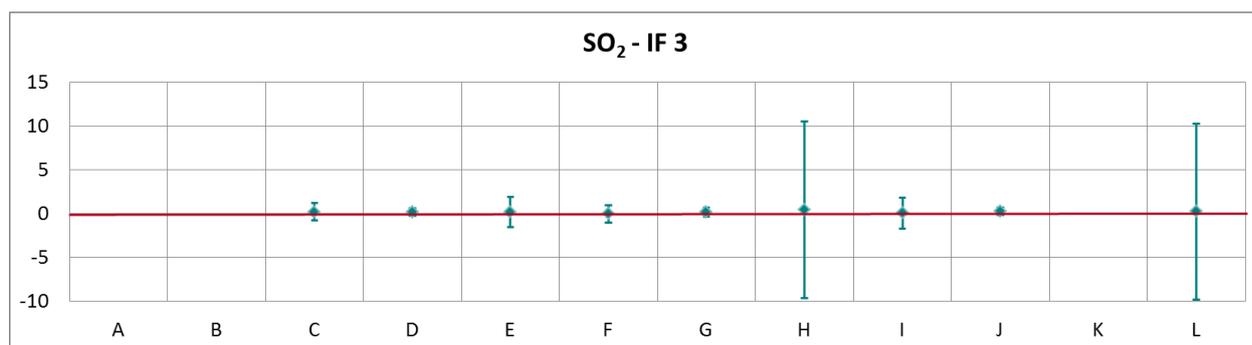


Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 3 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 22: Ergebnisse für SO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: SO₂, Konzentration 4 $x^* = 147,2$ $s^* = 2,07$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$			145,2	146,2	146,7	147,9	147,4	148,2	146,5	149,7		144,6
$x_{i,2}$			145,6	146,7	147,1	147,7	147,4	148,2	146,6	150,0		144,7
$x_{i,3}$			146,2	147,0	147,5	147,6	148,1	149,0	146,8	150,5		145,0
X_i			145,7	146,6	147,1	147,7	147,6	148,5	146,6	150,1		144,7
S_i			0,50	0,42	0,40	0,15	0,44	0,46	0,15	0,40		0,21
$u(x_i)$			2,64	2,86	5,33	2,57	3,17	5,75	1,96	1,70		5,79
$U(x_i)$			5,28	5,72	10,66	5,14	6,35	11,50	3,93	3,40		11,58

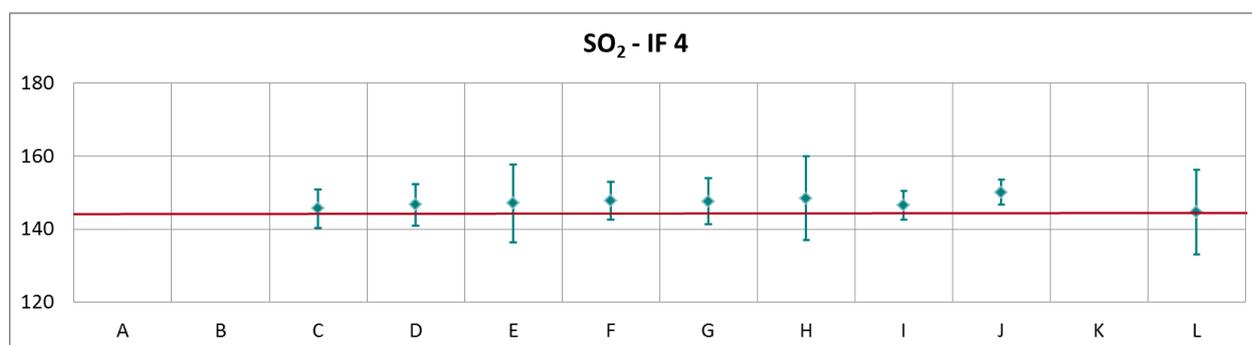


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die SO₂-Konzentration 4 mit Interferenzen (in ppb).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 23: Ergebnisse für NO bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 0 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,55$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	0,3	0,5	0,6	0,5	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,5
$x_{i,2}$	0,2	0,5	0,6	0,5	0,1	0,2	0,4	0,3	0,1	0,5
X_i	0,2	0,5	0,6	0,5	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,5
S_i	0,06	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	0,05	0,20	0,07	0,02
$u(x_i)$	0,55	1,00	0,56	1,00	0,30	0,50	1,21	0,77	0,26	0,28
$U(x_i)$	1,10	2,00	1,12	2,00	0,60	1,00	2,42	1,54	0,52	0,56

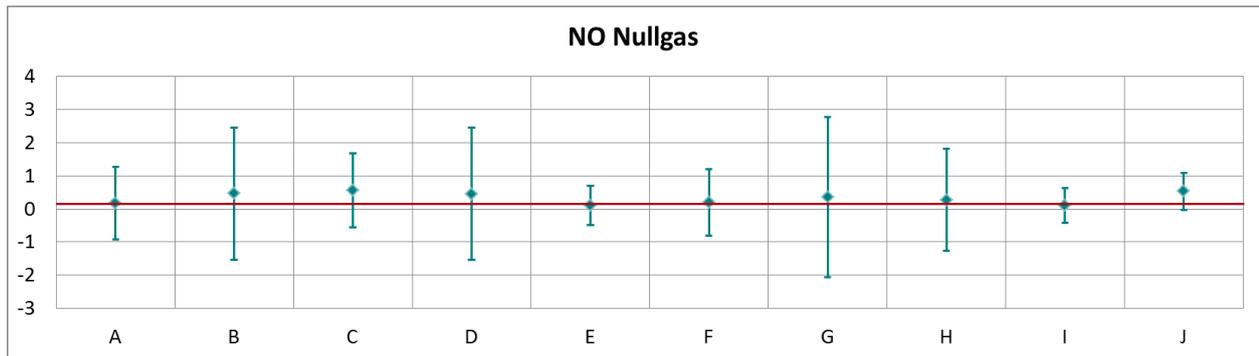


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration bei Nullgas (in ppb).

Tabelle 24: Ergebnisse für NO bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 1 $x^* = 490,0$ $s^* = 4,84$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	490,0	490,0	477,6	497,3	490,3	484,6	487,0	493,8	492,4	482,4
$x_{i,2}$	491,3	490,2	479,1	498,6	491,8	485,6	488,1	495,4	494,0	483,8
$x_{i,3}$	491,1	489,2	479,3	498,4	491,9	485,6	488,1	495,4	494,5	484,0
X_i	490,0	490,0	477,6	497,3	490,3	484,6	487,0	493,8	492,4	482,4
S_i	0,69	0,50	0,91	0,71	0,90	0,58	0,62	0,94	1,12	0,91
$u(x_i)$	4,84	9,07	5,21	13,83	4,53	5,75	7,62	3,66	4,23	5,84
$U(x_i)$	9,68	18,14	10,41	27,66	9,06	11,50	15,24	7,32	8,46	11,68

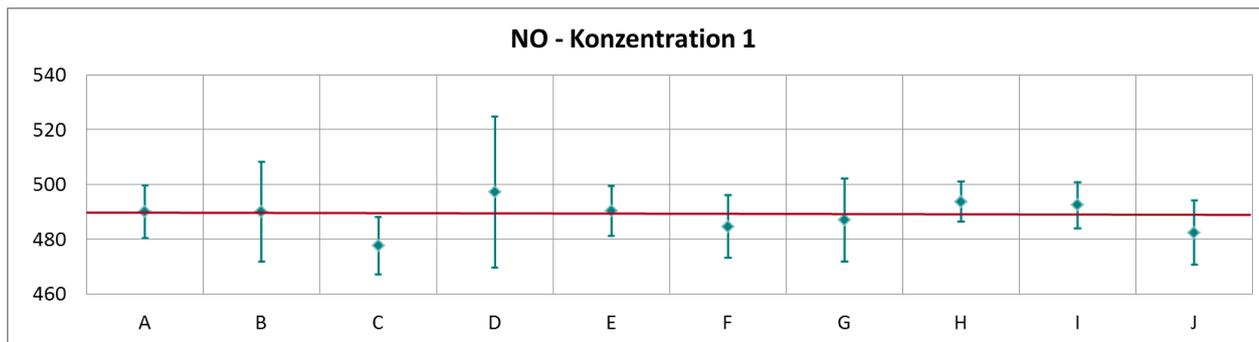


Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 25: Ergebnisse für NO bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 2 $x^* = 446,2$ $s^* = 4,39$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	446,2	442,6	435,4	452,5	446,4	441,1	443,1	449,9	449,4	440,7
$x_{i,2}$	446,3	442,4	435,1	452,6	446,6	441,4	443,3	450,1	450,0	440,8
$x_{i,3}$	446,7	442,3	435,1	452,6	447,0	441,2	443,5	450,7	450,7	440,2
X_i	446,2	442,6	435,4	452,5	446,4	441,1	443,1	449,9	449,4	440,7
S_i	0,26	0,18	0,18	0,03	0,31	0,15	0,23	0,41	0,66	0,33
$u(x_i)$	4,39	8,19	4,68	12,58	4,10	5,22	7,09	3,25	4,15	4,42
$U(x_i)$	8,78	16,38	9,35	25,16	8,20	10,44	14,17	6,50	8,30	8,83

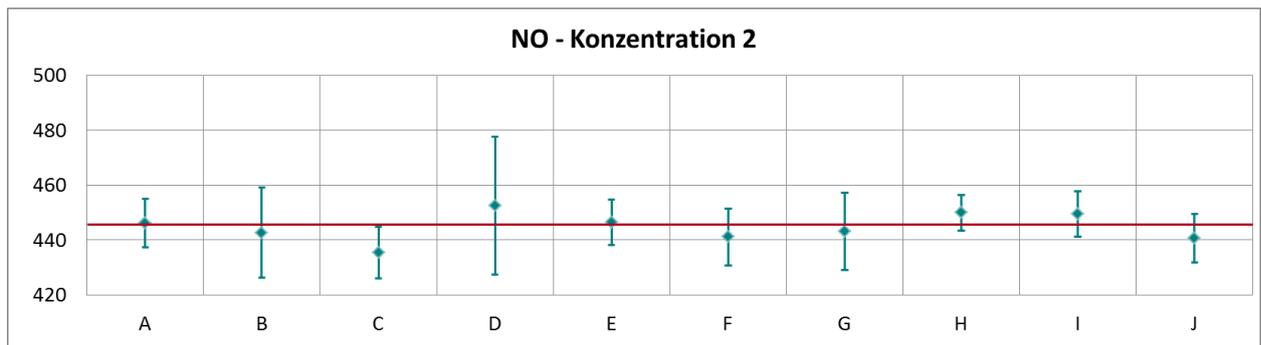


Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 26: Ergebnisse für NO bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 3 $x^* = 390,0$ $s^* = 3,93$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	390,0	385,0	380,6	394,6	390,1	385,1	386,4	393,0	391,8	385,0
$x_{i,2}$	390,2	385,1	380,6	394,7	390,4	385,1	386,4	393,1	391,9	384,9
$x_{i,3}$	390,2	385,3	380,3	395,2	390,3	385,2	386,3	393,1	391,7	384,8
X_i	390,0	385,0	380,6	394,6	390,1	385,1	386,4	393,0	391,8	385,0
S_i	0,08	0,17	0,20	0,28	0,15	0,06	0,05	0,05	0,14	0,08
$u(x_i)$	3,93	7,18	4,15	11,01	4,14	4,13	6,19	2,90	4,14	3,97
$U(x_i)$	7,86	14,36	8,30	22,01	8,28	8,26	12,38	5,80	8,28	7,95

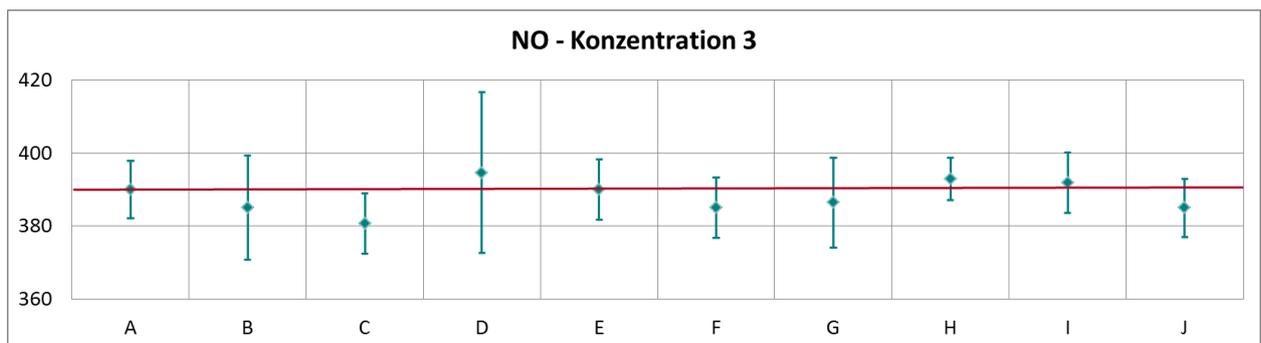


Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 27: Ergebnisse für NO bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 4 $x^* = 495,5$ $s^* = 7,36$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	494,2	490,2	481,6	501,2	494,7	488,0	490,3	498,9	497,4	487,2
$x_{i,2}$	496,7	492,2	483,6	503,5	496,9	490,0	492,4	501,0	498,7	489,2
$x_{i,3}$	495,6	491,8	482,9	502,7	496,0	489,2	491,5	499,7	497,7	488,2
X_i	495,5	491,4	481,6	501,2	494,7	488,0	490,3	498,9	497,4	487,2
S_i	1,24	1,08	1,02	1,14	1,11	1,01	1,04	1,09	0,71	1,00
$u(x_i)$	7,36	10,72	7,57	15,13	7,22	7,49	9,26	6,76	7,13	5,84
$U(x_i)$	14,72	21,44	15,14	30,26	14,44	14,98	18,52	13,52	14,26	11,68

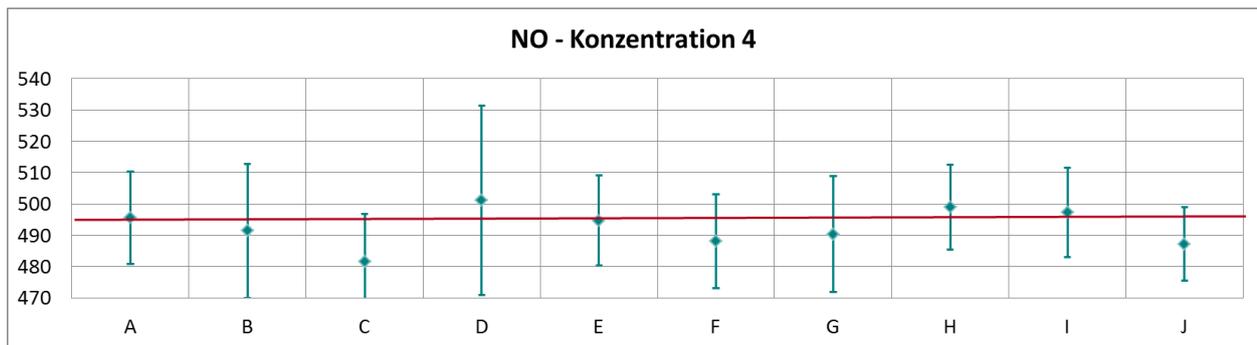


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 28: Ergebnisse für NO bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 5 $x^* = 463,4$ $s^* = 4,93$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	463,4	459,9	451,5	470,7	463,3	457,1	459,6	467,6	466,3	457,7
$x_{i,2}$	463,7	460,4	451,9	471,6	463,3	457,4	459,8	467,6	466,2	457,9
$x_{i,3}$	463,5	460,3	451,7	471,3	463,3	457,0	459,7	467,6	466,1	457,5
X_i	463,4	459,9	451,5	470,7	463,3	457,1	459,6	467,6	466,3	457,7
S_i	0,19	0,26	0,24	0,43	0,00	0,21	0,08	0,02	0,09	0,20
$u(x_i)$	4,93	8,73	5,11	13,23	4,59	5,26	7,52	3,86	4,65	4,42
$U(x_i)$	9,86	17,46	10,23	26,46	9,18	10,52	15,05	7,72	9,30	8,83

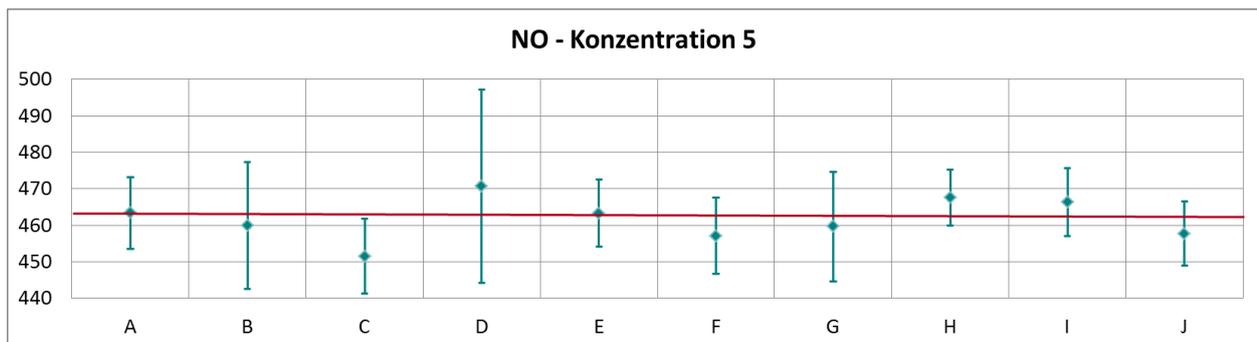


Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 29: Ergebnisse für NO bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 6 $x^* = 334,1$ $s^* = 3,43$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	334,1	329,7	325,3	338,8	333,7	329,4	330,3	336,0	334,7	329,5
$x_{i,2}$	332,5	328,5	323,9	337,6	332,2	328,1	328,9	334,7	333,2	328,0
$x_{i,3}$	331,9	327,6	323,1	336,8	331,7	327,2	328,3	334,1	332,9	327,5
X_i	334,1	329,7	325,3	338,8	333,7	329,4	330,3	336,0	334,7	329,5
S_i	1,13	1,06	1,14	1,02	1,04	1,11	1,02	0,98	1,00	1,03
$u(x_i)$	3,43	6,22	3,75	9,45	3,97	3,65	5,35	2,78	3,76	3,54
$U(x_i)$	6,86	12,43	7,49	18,90	7,94	7,30	10,70	5,56	7,52	7,08

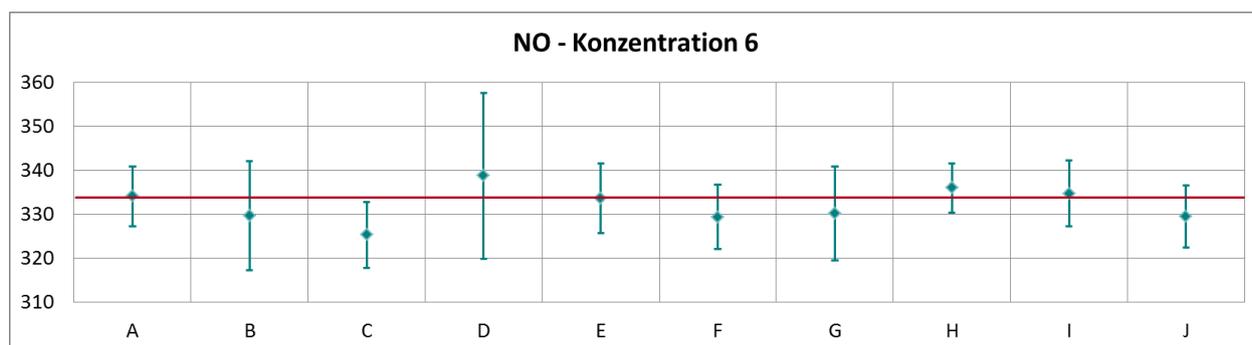


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 30: Ergebnisse für NO bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 7 $x^* = 208,2$ $s^* = 2,14$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	208,2	205,1	203,8	211,9	207,7	205,4	205,9	209,4	207,7	206,6
$x_{i,2}$	208,8	205,9	204,0	212,6	208,3	205,8	206,4	210,0	207,6	207,0
$x_{i,3}$	209,1	206,1	204,1	212,8	208,3	206,1	206,4	210,1	207,2	206,9
X_i	208,2	205,1	203,8	211,9	207,7	205,4	205,9	209,4	207,7	206,6
S_i	0,41	0,55	0,16	0,50	0,35	0,35	0,29	0,38	0,29	0,17
$u(x_i)$	2,14	3,95	2,26	5,99	2,44	2,70	3,42	1,70	2,43	2,82
$U(x_i)$	4,28	7,90	4,52	11,97	4,88	5,40	6,84	3,40	4,86	5,64

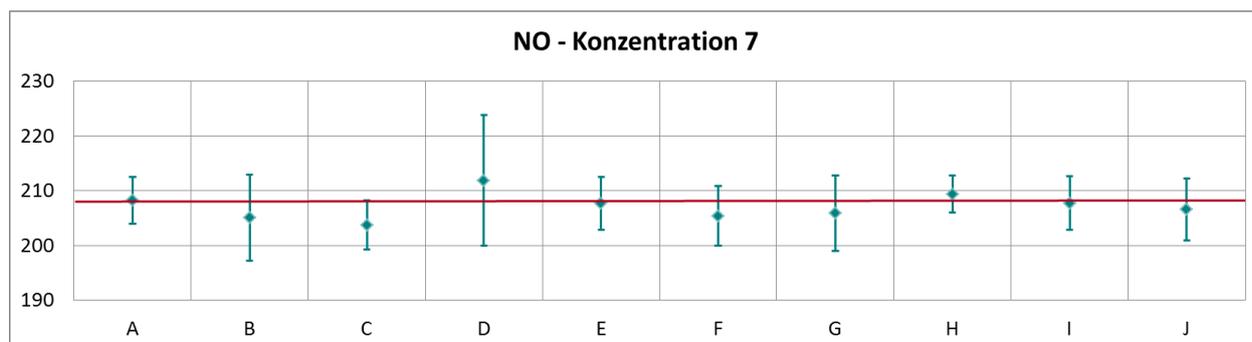


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 31: Ergebnisse für NO bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 8 $x^* = 92,4$ $s^* = 1,01$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	92,4	90,9	90,0	94,7	91,9	90,9	91,4	93,3	91,4	90,9
$x_{i,2}$	92,6	91,1	90,1	94,8	92,1	91,1	91,4	93,2	91,6	90,9
$x_{i,3}$	92,6	91,0	90,2	94,9	91,9	91,1	91,5	93,3	91,1	90,6
X_i	92,4	90,9	90,0	94,7	91,9	90,9	91,4	93,3	91,4	90,9
S_i	0,10	0,09	0,08	0,11	0,12	0,12	0,07	0,08	0,24	0,20
$u(x_i)$	1,01	1,97	1,02	2,83	1,16	1,03	1,53	0,91	1,08	1,00
$U(x_i)$	2,02	3,94	2,03	5,66	2,32	2,06	3,07	1,82	2,16	2,00

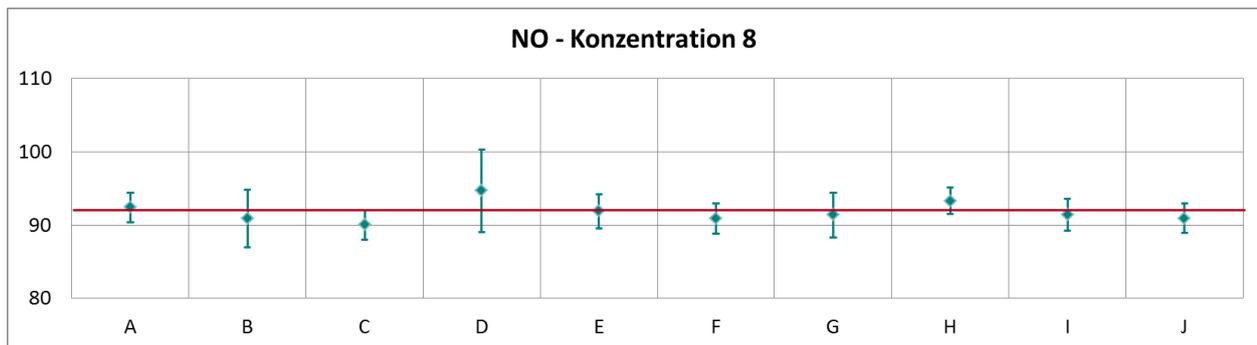


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 32: Ergebnisse für NO bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 9 $x^* = 64,6$ $s^* = 1,16$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	64,6	63,2	63,0	66,3	64,1	63,7	63,9	65,1	63,7	64,0
$x_{i,2}$	64,3	62,9	62,7	66,0	63,9	63,5	63,5	64,8	63,4	63,7
$x_{i,3}$	63,7	62,3	62,1	65,4	63,4	62,7	62,9	64,2	62,7	63,1
X_i	64,6	63,2	63,0	66,3	64,1	63,7	63,9	65,1	63,7	64,0
S_i	0,45	0,47	0,46	0,47	0,36	0,53	0,49	0,47	0,53	0,45
$u(x_i)$	1,16	1,81	1,27	2,30	1,41	1,18	1,39	1,30	1,33	0,95
$U(x_i)$	2,32	3,62	2,54	4,60	2,82	2,36	2,78	2,60	2,66	1,90

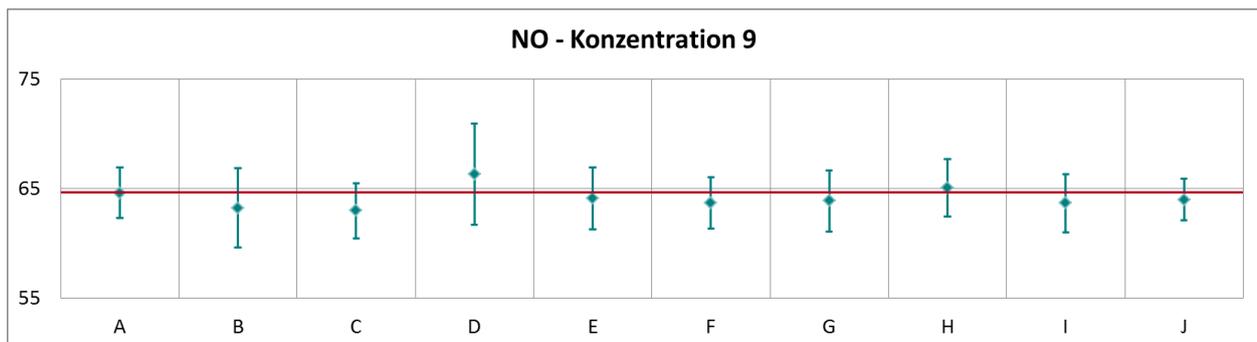


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO bei Konzentration 10 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 10 $x^* = 50,9$ $s^* = 0,71$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	50,9	49,9	49,6	52,5	50,5	50,2	50,5	51,5	49,7	50,4
$x_{i,2}$	51,6	50,6	50,4	53,3	51,1	50,9	50,9	52,0	50,7	51,1
$x_{i,3}$	51,5	50,5	50,2	53,1	51,0	50,8	50,9	52,0	50,7	51,0
X_i	50,9	49,9	49,6	52,5	50,5	50,2	50,5	51,5	49,7	50,4
S_i	0,36	0,37	0,39	0,44	0,32	0,38	0,27	0,29	0,61	0,38
$u(x_i)$	0,71	1,44	0,85	1,83	1,08	0,71	0,96	0,85	1,01	0,99
$U(x_i)$	1,42	2,87	1,69	3,66	2,16	1,42	1,92	1,70	2,02	1,98

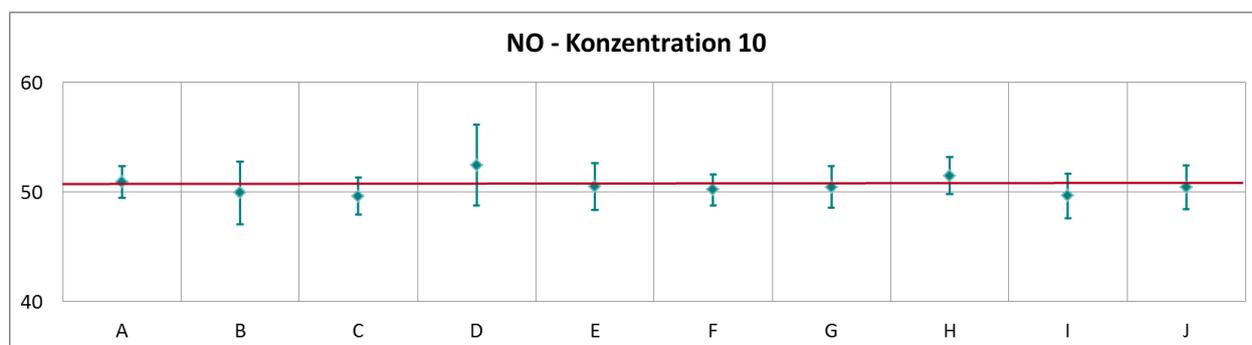


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 34: Ergebnisse für NO bei Konzentration 11 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 11 $x^* = 37,3$ $s^* = 0,47$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	37,3	36,4	36,2	38,6	37,0	36,7	37,1	37,6	36,7	37,0
$x_{i,2}$	37,2	36,5	36,3	38,6	37,0	36,7	36,9	37,6	36,6	37,0
$x_{i,3}$	37,4	36,5	36,4	38,6	36,8	36,7	36,9	37,4	36,6	37,0
X_i	37,3	36,4	36,2	38,6	37,0	36,7	37,1	37,6	36,7	37,0
S_i	0,09	0,03	0,09	0,04	0,12	0,00	0,09	0,11	0,04	0,02
$u(x_i)$	0,47	1,21	0,55	1,47	0,47	0,54	0,65	0,73	0,34	0,92
$U(x_i)$	0,94	2,43	1,09	2,95	0,94	1,08	1,31	1,46	0,68	1,84

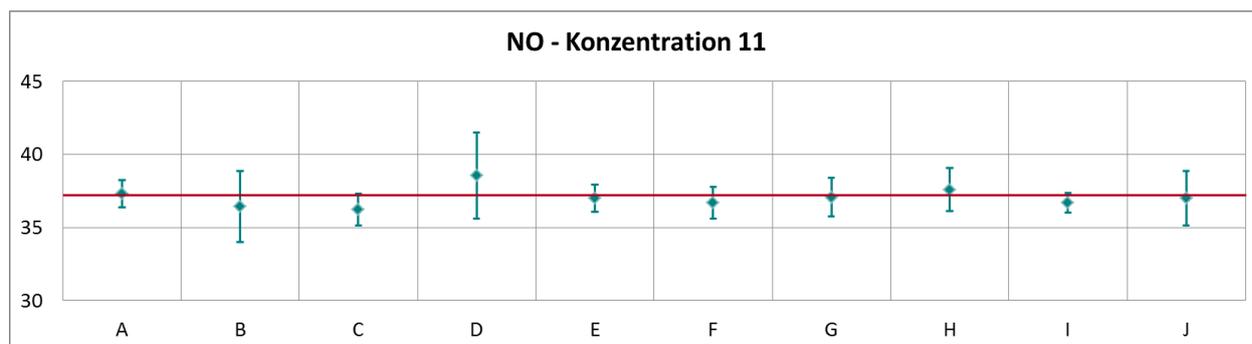


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 35: Ergebnisse bei Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Parameter: NO, Nullgas 2 $x^* = 0,3$ $s^* = 0,53$

	Teilnehmer										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
$x_{i,1}$	0,6	0,5	0,4	0,5	0,0	0,3	0,4	0,6	0,0	0,7	
$x_{i,2}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$X_{i,}$	0,3	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,3	
$S_{i,}$	0,39	0,34	0,27	0,37	0,00	0,21	0,28	0,41	0,00	0,47	
$u(x_i)$	0,53	1,00	0,56	1,00	0,26	0,50	1,22	0,54	0,24	0,28	
$U(x_i)$	1,06	2,00	1,13	2,00	0,52	1,00	2,44	1,08	0,48	0,56	

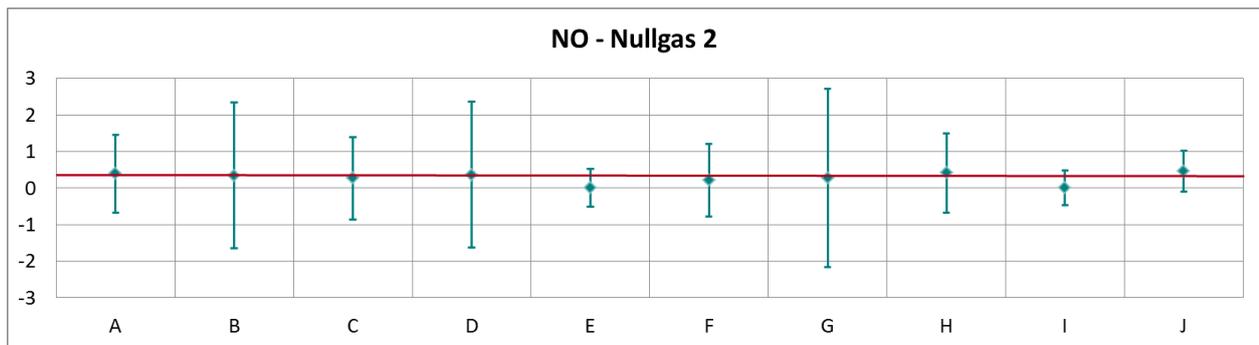


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Tabelle 36: Ergebnisse bei Konzentration Null (Nullgas 3, in ppb).

Parameter: NO, Nullgas 3 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,55$

	Teilnehmer										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
$x_{i,1}$	0,3		0,3		0,0	0,4	0,4				
$x_{i,2}$	0,0		0,0		0,0	2,7	3,6				
$X_{i,}$	0,2		0,2		0,0	1,6	2,0				
$S_{i,}$	0,21		0,23		0,00	1,63	2,22				
$u(x_i)$	0,55	0,00	0,56	0,00	0,44	0,50	3,39	0,00	0,00	0,00	
$U(x_i)$	1,10	0,00	1,13	0,00	0,88	1,00	6,79	0,00	0,00	0,00	

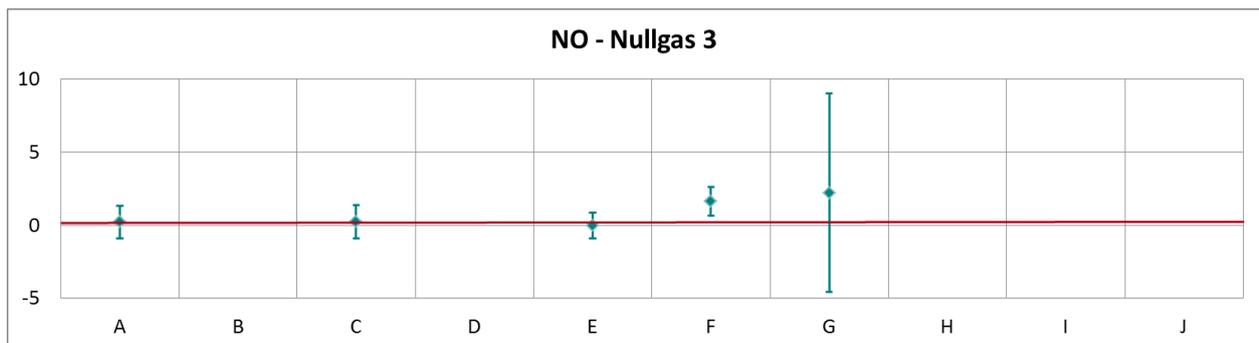


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration Null (Nullgas 3) (in ppb).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 37: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration Null (Nullgas, in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration Null (Nullgas) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,01$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	0,01	0,05	0,00	0,36	0,00	0,10	-0,05	-0,20	0,00	0,20
$x_{i,2}$	-0,09	-0,03	0,00	0,33	0,00	0,10	-0,13	-0,17	0,13	0,43
X_i	-0,04	0,01	0,00	0,34	0,00	0,10	-0,09	-0,19	0,07	0,31
S_i	0,07	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,02	0,09	0,16
$u(x_i)$	1,14	1,01	0,56	1,00	0,51	0,50	1,19	0,71	0,24	0,28
$U(x_i)$	2,28	2,01	1,12	2,00	1,02	1,00	2,38	1,42	0,48	0,56

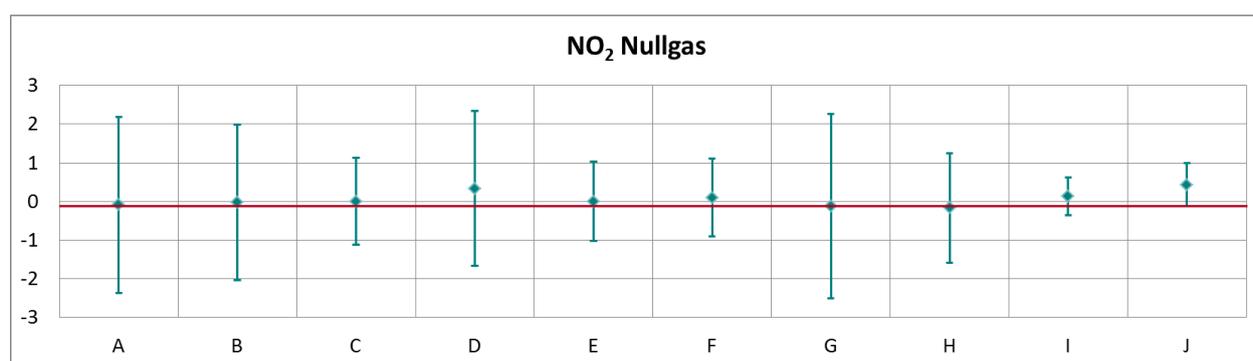


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration bei Null (Nullgas) (in ppb).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 1 $x^* = 8,6$ $s^* = 1,86$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	11,0	7,0	10,5	11,1	10,1	10,8	10,1	10,4	8,6	7,0
$x_{i,2}$	9,9	5,6	9,4	9,8	9,4	9,8	9,2	9,2	7,2	6,0
$x_{i,3}$	9,7	5,1	9,2	9,2	8,9	9,4	9,0	8,9	6,8	5,8
X_i	10,2	5,9	9,7	10,0	9,5	10,0	9,5	9,5	7,5	6,3
S_i	0,71	0,98	0,75	0,96	0,60	0,72	0,59	0,76	0,93	0,69
$u(x_i)$	0,88	1,14	0,79	1,21	0,98	0,50	0,74	0,93	0,94	1,35
$U(x_i)$	1,76	2,28	1,58	2,43	1,96	1,00	1,47	1,86	1,88	2,70

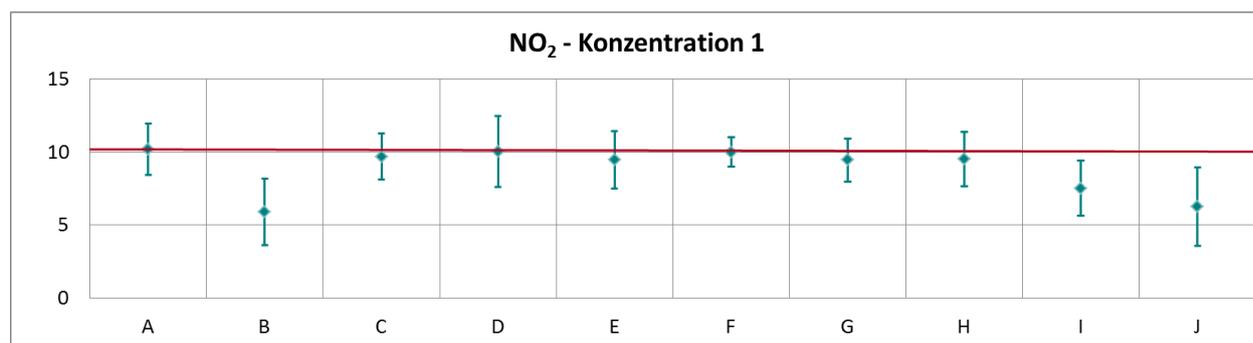


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 2 $x^* = 53,3$ $s^* = 1,74$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	54,7	50,7	53,2	55,4	54,2	54,0	54,6	54,6	52,4	51,4
$x_{i,2}$	54,7	50,7	53,2	55,1	54,2	53,9	54,6	54,6	52,2	51,4
$x_{i,3}$	54,6	50,5	53,2	55,2	54,1	53,8	54,2	54,6	52,4	51,5
X_i	54,7	50,6	53,2	55,2	54,2	53,9	54,4	54,6	52,4	51,4
S_i	0,07	0,12	0,04	0,15	0,06	0,10	0,25	0,02	0,10	0,03
$u(x_i)$	0,64	1,49	0,72	1,97	0,85	0,62	1,06	0,69	0,85	0,94
$U(x_i)$	1,28	2,97	1,44	3,94	1,70	1,24	2,12	1,38	1,70	1,87

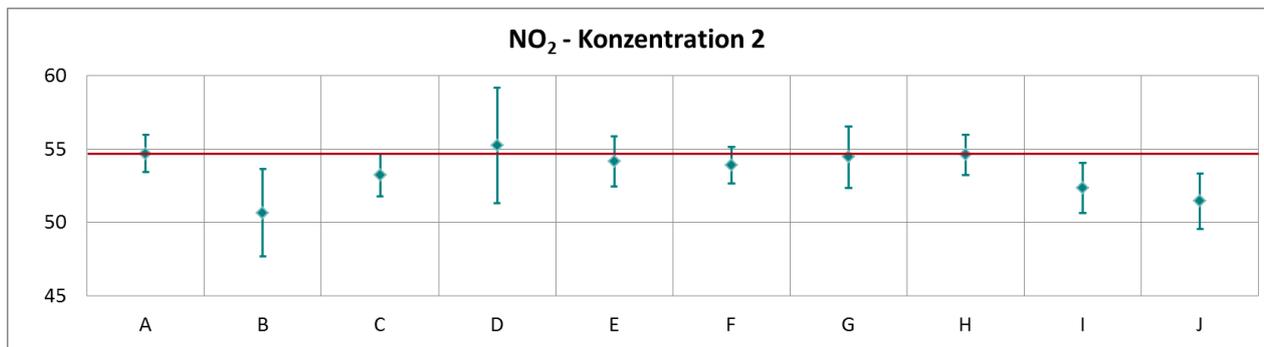


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 3 $x^* = 110,1$ $s^* = 2,41$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	111,6	107,9	108,5	113,1	111,0	109,4	111,4	111,9	110,3	106,4
$x_{i,2}$	111,5	108,2	108,8	113,1	111,4	109,4	111,4	112,3	110,0	106,6
$x_{i,3}$	111,7	108,2	108,9	113,4	111,5	109,6	111,3	112,4	109,6	106,6
X_i	111,6	108,1	108,7	113,2	111,3	109,5	111,4	112,2	110,0	106,5
S_i	0,09	0,14	0,18	0,17	0,26	0,12	0,06	0,25	0,35	0,09
$u(x_i)$	1,21	2,49	1,24	3,50	1,41	1,20	1,81	0,99	1,21	1,91
$U(x_i)$	2,42	4,98	2,49	7,00	2,82	2,40	3,63	1,98	2,42	3,81

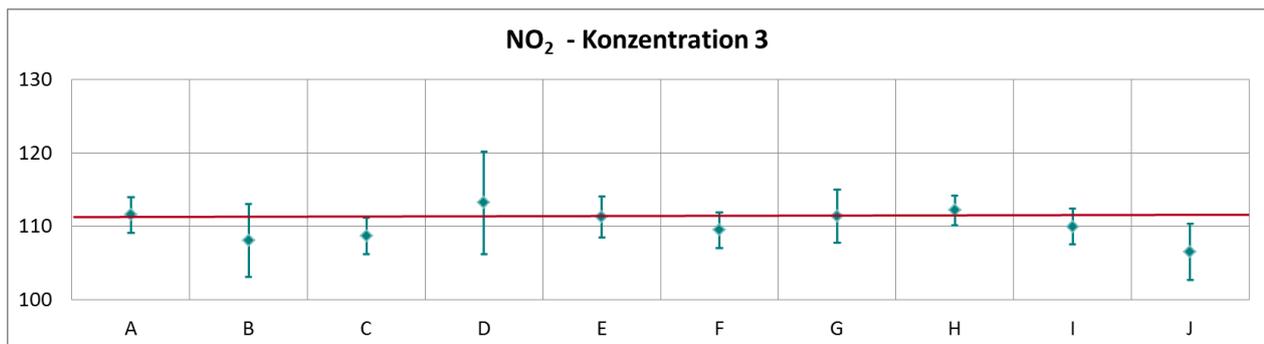


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 4 $x^* = 6,9$ $s^* = 1,97$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	9,0	3,7	8,2	7,5	8,2	8,2	8,1	8,0	5,0	4,9
$x_{i,2}$	8,8	3,6	8,4	7,3	8,0	8,3	8,0	8,0	5,3	4,8
$x_{i,3}$	8,9	3,5	8,4	7,6	8,1	8,0	7,6	7,9	4,9	4,9
X_i	8,9	3,6	8,2	7,5	8,2	8,2	8,1	8,0	5,0	4,9
S_i	0,06	0,10	0,09	0,13	0,10	0,15	0,25	0,05	0,21	0,09
$u(x_i)$	0,90	1,10	0,47	1,19	0,67	0,50	0,58	0,67	0,32	0,35
$U(x_i)$	1,80	2,19	0,94	2,37	1,34	1,00	1,17	1,34	0,64	0,70

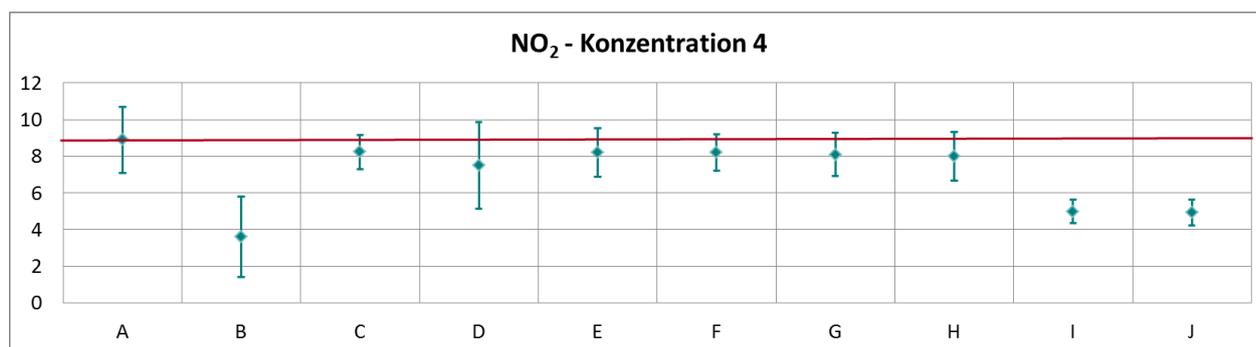


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 42: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 5 $x^* = 1,6$ $s^* = 2,03$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	3,9	-1,6	3,3	2,3	3,1	3,4	2,6	2,9	0,2	-0,5
$x_{i,2}$	3,8	-1,9	3,3	2,0	3,0	3,1	2,3	2,7	0,0	-0,6
$x_{i,3}$	3,7	-2,1	3,2	2,0	2,9	3,1	2,3	2,6	0,0	-0,7
X_i	3,8	-1,9	3,3	2,1	3,0	3,2	2,4	2,7	0,1	-0,6
S_i	0,07	0,25	0,09	0,15	0,10	0,17	0,18	0,18	0,13	0,10
$u(x_i)$	0,83	1,07	0,36	1,15	0,46	0,50	1,19	0,60	0,20	0,94
$U(x_i)$	1,66	2,13	0,73	2,30	0,92	1,00	2,38	1,20	0,40	1,87

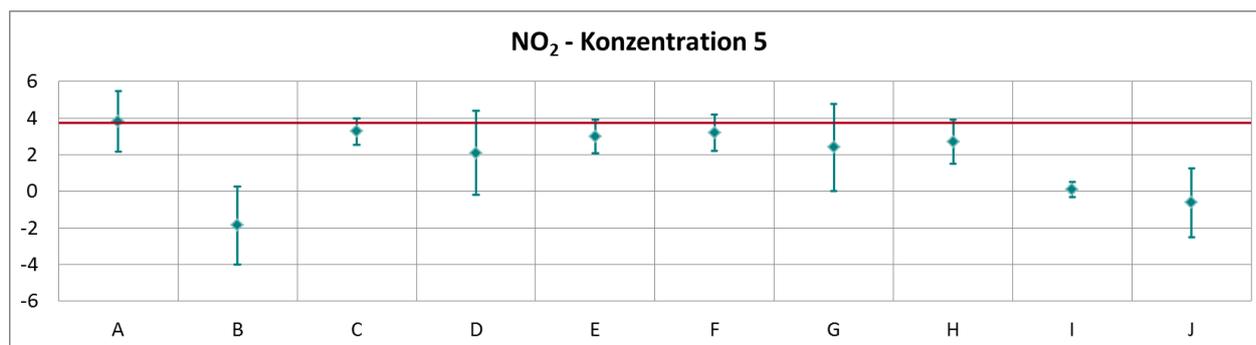


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 6 $x^* = 137,5$ $s^* = 2,95$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	137,8	134,3	134,5	140,3	137,5	134,6	137,5	139,0	136,0	132,5
$x_{i,2}$	139,3	135,5	135,9	142,0	139,2	135,9	138,9	140,4	138,2	133,9
$x_{i,3}$	139,9	136,1	136,3	142,7	139,9	136,5	139,6	141,0	138,5	134,6
X_i	139,0	135,3	135,6	141,7	138,9	135,7	138,7	140,1	137,6	133,7
S_i	1,06	0,94	0,90	1,21	1,23	0,97	1,07	1,05	1,37	1,10
$u(x_i)$	1,51	3,06	1,76	4,38	2,42	1,68	2,30	1,52	1,89	2,41
$U(x_i)$	3,02	6,13	3,52	8,75	4,84	3,36	4,59	3,04	3,78	4,82

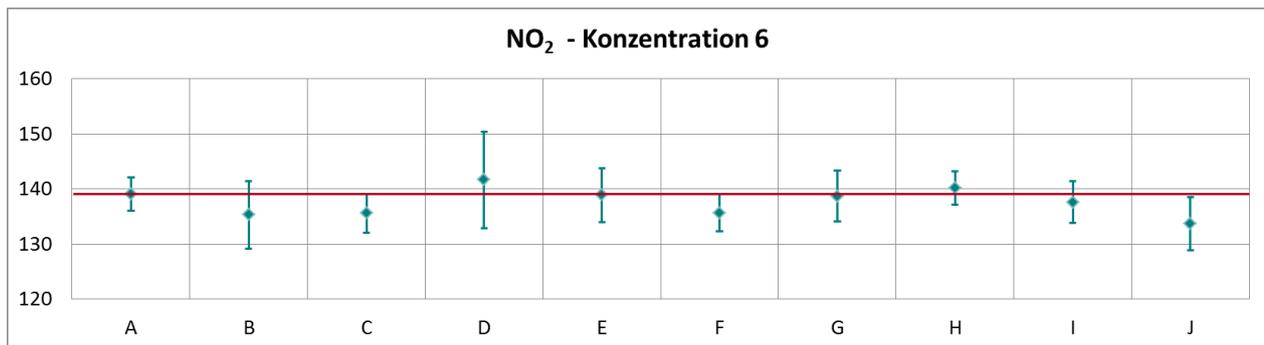


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 7 $x^* = 66,2$ $s^* = 1,67$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	67,2	64,7	66,0	68,5	67,1	65,6	67,1	67,4	66,0	64,1
$x_{i,2}$	67,5	65,0	65,8	68,5	67,2	65,6	66,7	67,6	65,2	63,6
$x_{i,3}$	67,4	64,9	65,7	68,6	67,4	65,5	66,8	67,5	65,4	63,6
X_i	67,3	64,9	65,9	68,5	67,2	65,6	66,9	67,5	65,6	63,8
S_i	0,13	0,15	0,14	0,08	0,15	0,06	0,17	0,09	0,39	0,29
$u(x_i)$	0,71	1,71	0,79	2,30	0,98	0,70	1,11	0,75	0,80	0,70
$U(x_i)$	1,42	3,43	1,59	4,59	1,96	1,40	2,21	1,50	1,60	1,39

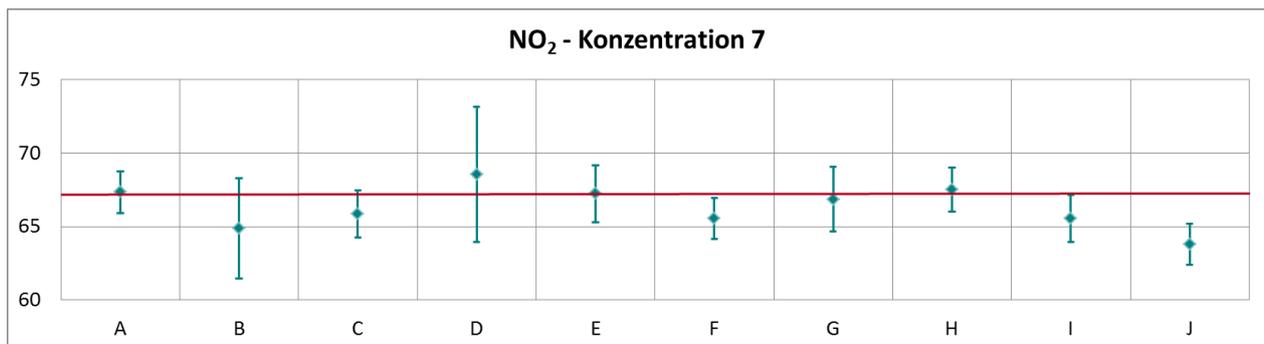


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 8 $x^* = 0,4$ $s^* = 0,39$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	0,9	-0,5	0,7	0,9	0,9	0,7	0,4	0,3	0,0	0,3
$x_{i,2}$	0,8	-0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,5	0,5	0,0	0,3
$x_{i,3}$	0,8	-0,5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,3	0,4	0,0	0,1
X_i	0,8	-0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,4	0,4	0,0	0,2
S_i	0,03	0,03	0,09	0,12	0,06	0,06	0,11	0,09	0,00	0,08
$u(x_i)$	0,25	1,08	0,35	1,05	0,36	0,50	1,18	0,57	0,16	0,32
$U(x_i)$	0,50	2,16	0,69	2,09	0,72	1,00	2,36	1,14	0,32	0,64

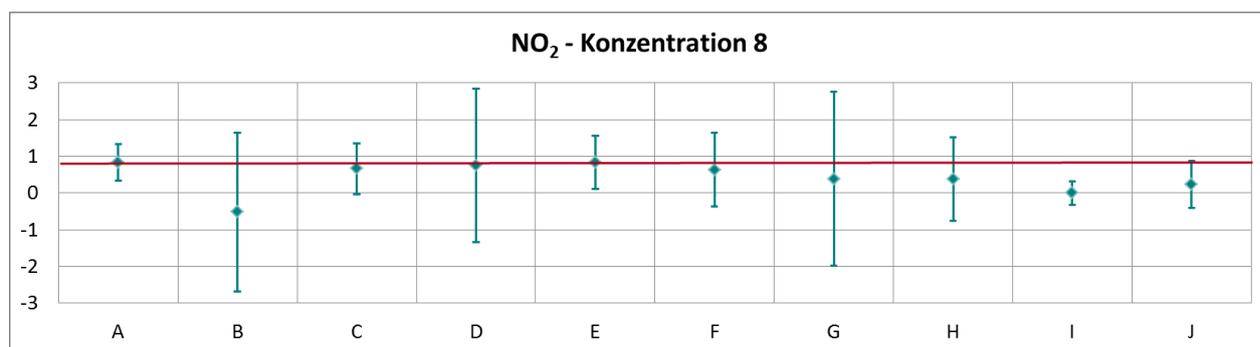


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 9 $x^* = 29,7$ $s^* = 0,79$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	30,2	29,0	29,3	31,0	30,1	29,4	29,8	30,0	28,9	28,5
$x_{i,2}$	30,4	29,0	29,5	31,0	30,4	29,6	30,0	30,3	29,3	28,7
$x_{i,3}$	30,3	29,2	29,5	31,3	30,3	29,6	29,9	30,2	29,3	28,6
X_i	30,3	29,1	29,4	31,1	30,3	29,5	29,9	30,2	29,2	28,6
S_i	0,10	0,12	0,12	0,22	0,15	0,12	0,14	0,17	0,25	0,07
$u(x_i)$	0,54	1,25	0,66	1,46	0,86	0,78	0,73	0,76	0,52	0,75
$U(x_i)$	1,08	2,50	1,31	2,92	1,72	1,56	1,46	1,52	1,04	1,50

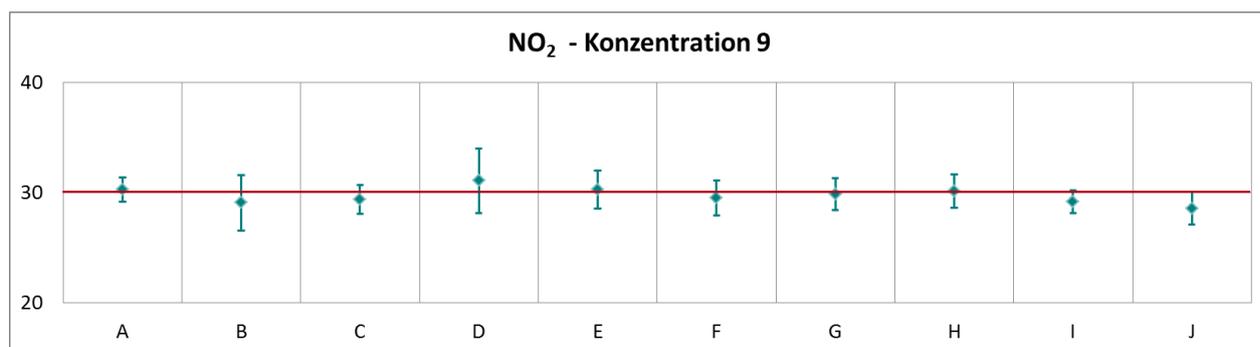


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 10 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 10 $x^* = 0,3$ $s^* = 0,29$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	0,6	0,0	0,5	1,0	0,6	0,6	0,3	0,3	0,2	0,4
$x_{i,2}$	0,4	-0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,2	0,2	0,0	0,3
$x_{i,3}$	0,4	-0,2	0,5	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,0	0,3
X_i	0,5	-0,2	0,5	0,7	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,4
S_i	0,12	0,14	0,03	0,20	0,06	0,15	0,05	0,09	0,12	0,04
$u(x_i)$	0,26	1,01	0,38	1,02	0,43	0,50	1,17	0,57	0,20	0,32
$U(x_i)$	0,52	2,03	0,76	2,04	0,86	1,00	2,35	1,14	0,40	0,64

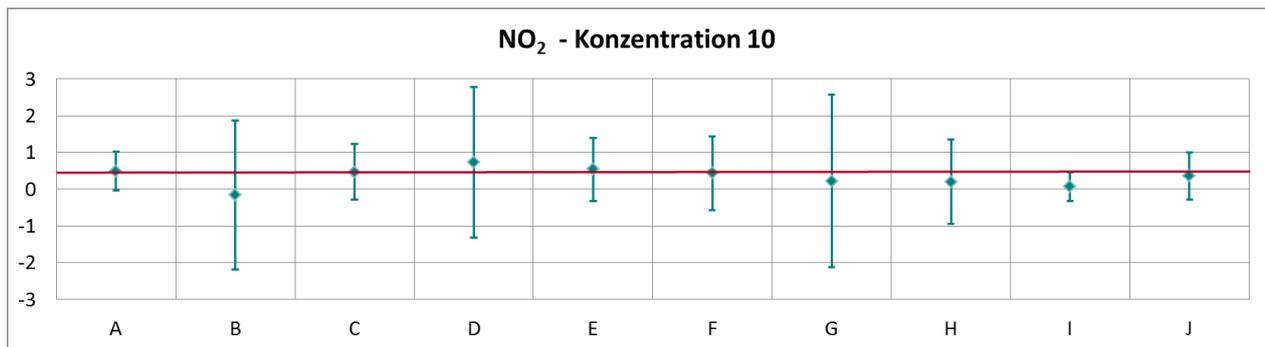


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 11 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 11 $x^* = 14,6$ $s^* = 0,63$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	14,9	14,4	14,8	15,8	15,1	14,8	14,7	15,0	14,3	14,1
$x_{i,2}$	15,1	14,3	14,6	15,8	14,9	14,8	14,9	14,9	14,3	14,2
$x_{i,3}$	15,1	14,3	14,6	15,8	15,1	4,7	14,8	14,9	14,5	14,1
X_i	15,0	14,4	14,6	15,8	15,0	11,4	14,8	14,9	14,3	14,1
S_i	0,06	0,03	0,12	0,01	0,12	5,83	0,08	0,06	0,15	0,09
$u(x_i)$	0,32	1,05	0,39	1,12	0,51	0,50	0,41	0,65	0,23	0,56
$U(x_i)$	0,64	2,10	0,78	2,24	1,02	1,00	0,81	1,30	0,46	1,12

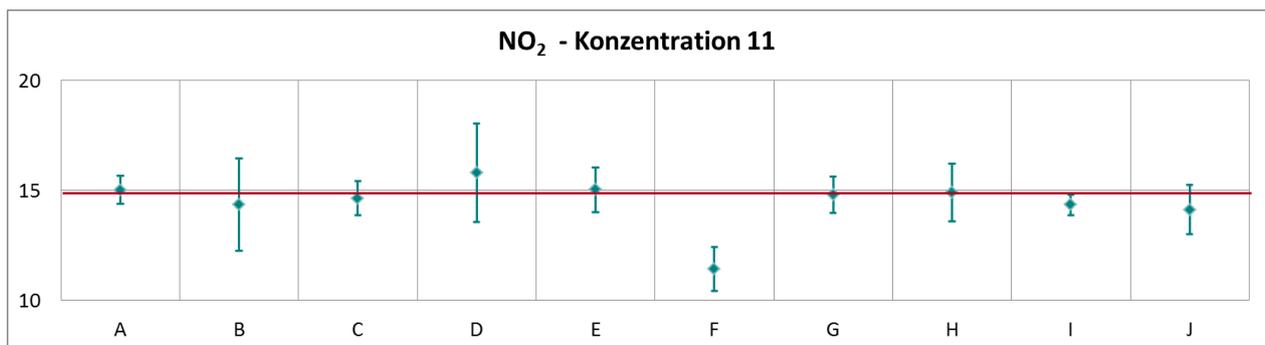


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Parameter: NO₂, Nullgas (II) $x^* = 0,5$ $s^* = 0,10$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
$x_{i,1}$	0,2	-0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1	-0,2	0,0	0,5		
$x_{i,2}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
X_i	0,1	-0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,3		
S_i	0,11	0,10	0,15	0,24	0,00	0,07	0,08	0,13	0,00	0,36		
$u(x_i)$	0,27	1,00	0,58	1,00	0,33	0,50	1,18	0,54	0,16	0,28		
$U(x_i)$	0,54	2,00	1,17	2,00	0,66	1,00	2,36	1,08	0,32	0,56		

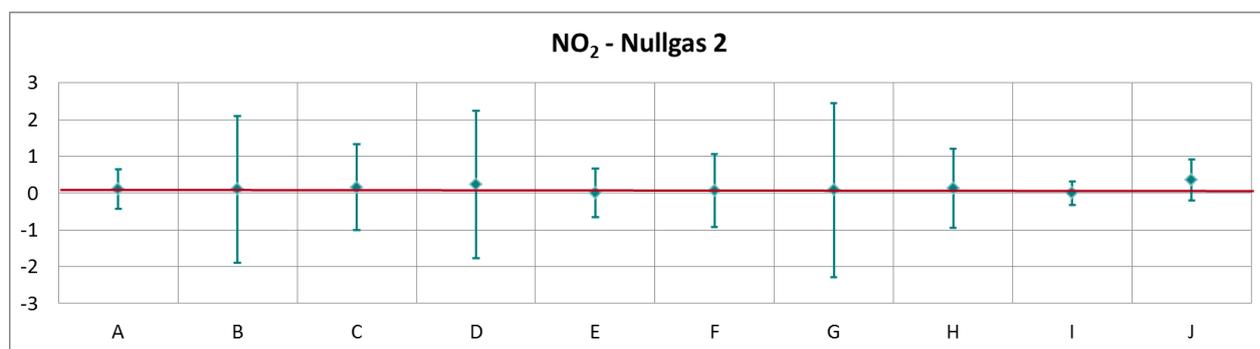


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO₂ Konzentration Null (Nullgas 3) (in ppb).

Parameter: NO₂, Nullgas (III) $x^* = 0,6$ $s^* = 0,72$

	Teilnehmer									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
$x_{i,1}$	0,0		0,0		0,2	0,0	-0,1			
$x_{i,2}$	0,0		0,0		0,0	3,6	1,6			
X_i	0,0		0,0		0,1	1,8	0,8			
S_i	0,00		0,00		0,14	2,55	1,26			
$u(x_i)$	1,11	0,00	0,56	0,00	0,88	0,50	1,83	0,00	0,00	0,00
$U(x_i)$	2,22	0,00	1,13	0,00	1,76	1,00	3,67	0,00	0,00	0,00

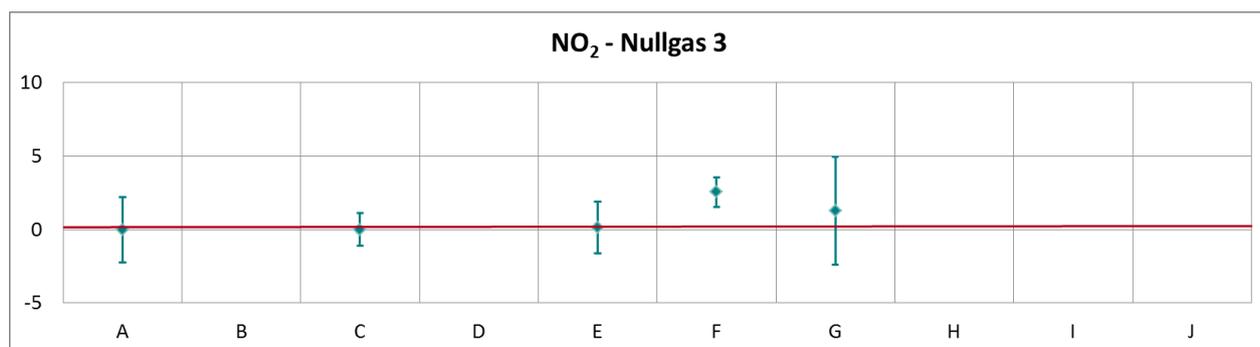


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration Null (Nullgas 3) (in ppb).

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/NO₂ und SO₂

20. Oktober bis 23. Oktober 2014

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

Rechnungsanschrift: MA22-BA 15 Wiener Umweltschutzabteilung
Postfach 588, 1000 Wien

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Konzentration	915,7 ppb/918,7 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1 %
Hersteller	Horiba Transferstandard
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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂	x	
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APNA-370
 Baujahr: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2
 Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
 Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{in}} + u^2_{\text{r}})$

2. SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Horiba
 Modell: Transferstandard
 Baujahr: 2003

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APSA-370
 Baujahr: 2011

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2
 Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
 Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{in}} + u^2_{\text{r}})$

**Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂,
20. Oktober bis 23. Dezember 2014**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Tiroler Landesregierung (T)

Namen der Teilnehmer: Ing. Oberhauser Thomas, Ing. Pöllmann Andreas

Kontakt: Langer Weg 27, 6020 Innsbruck

Telefonnummer: +43 676 885084622, +43 676 885084621

E-Mail: thomas.oberhauser@tirol.gv.at, andreas.poellmann@tirol.gv.at

Rechnungsanschrift: Amt der Tiroler Landesregierung
Abteilung Waldschutz – Luftgüte, Fachbereich Luftgüte
Bürgerstrasse 36
6020 Innsbruck

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	NO: 640 ppb/NO ₂ : 5 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,5 %
Hersteller	Verdünnung: Fa. Horiba/Prüfgas: Fa. Linde
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien am 08.07.2014
Verdünnungsmethode	TMD

Verwendetes Nullgas: getrocknete Luft, Purafil, Aktivkohle und Silicagel

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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2011

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (NP + EP)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollenrezept (nach Wolf)

2. SO₂**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Hersteller: Horiba

Modell: ASGU-370S

Baujahr: 2014

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: getrocknete Luft, Purafil, Aktivkohle und Silicagel

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APSA 370

Baujahr: 2013

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (NP + EP)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollenrezept (nach Wolf)

Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂,

20. Oktober bis 23. Oktober 2014

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Landesagentur für Umwelt Bozen (LfU Bozen)

Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer; Oswald Vigl

Kontakt: Labor für physikalische Chemie, Amba Alagistraße 5 – 39100 Bozen (I)

Telefonnummer: +39 0471 417144

E-Mail: guenther.kerschbaumer@provinz.bz.it; oswald.vigl@provinz.bz.it

Rechnungsanschrift: Autonome Provinz Bozen
Landesagentur für Umwelt,
Verwaltungsamt 29.10
z.H. Frau Martellato Laura
Amba Alagistraße 35
39100 Bozen Italien

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Prüfgasflasche

Konzentration	806 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT		x
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: TEI24i TL und TEI 42i

Baujahr: 2008

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero und Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$\sqrt{((\text{dev.std})^2 + (u \text{ Gasflasche})^2 + (u \text{ Kurzzeit Drift})^2 + (u \text{ Konvertereffizienz})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2)}$$

2. SO₂**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Prüfgasflasche

Konzentration	196 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	keine

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: Nullluftpatrone

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 43i TLE

Baujahr: 2008

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero und Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$\sqrt{((\text{dev.std})^2 + (u \text{ Gasflasche})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2)}$$

**Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂,
20. Oktober bis 23. Oktober 2014**

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 Abteilung Umwelttechnik
Schwartzstraße 50, 2500 Baden

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Konzentration	Transferkalibrator 853/861 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,8 % (k=2)
Hersteller	Horiba, Flasche Messer
Konzentration zertifiziert durch:	UBA Wien
Verdünnungsmethode	Transferkalibrator mit 200 ppm NO Flasche

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter:
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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2006

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2, Null und 853/861 ppb.

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

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

2. SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Horiba

Modell: Transferstandard Permeationsröhrchen

Baujahr: 2006

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter: Silikagel, Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2, Null und 178,1 ppb

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

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

**Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂,
20. Oktober bis 23. Oktober 2014**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Salzburg

Name der Teilnehmer: Ing. Martin Loibichler/Ing., DI (FH) Paul Göldner

Kontakt: Ing. Martin Loibichler

Telefonnummer: 0662/8042 DW 4721 und Mobil: 0664/440 64 53

E-Mail: martin.loibichler@salzburg.gv.at

Rechnungsanschrift: Land Salzburg,
Abt.5 Umweltschutz und Gewerbe
Ref.: Immissionsschutz
Ulrich-Schreier-Straße 18, PF 527, A-5010 Salzburg

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Konzentration	NO: 666 ppb/NO _x : 669 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	3 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt Wien/Transferstandard
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftkoffer 1, 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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT		x
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2011

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 UBA 2010

2. SO₂**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Konzentration	SO ₂ : 153,5 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	3 %
Hersteller	Siad
Konzentration zertifiziert durch:	Land Oberösterreich
Verdünnungsmethode	keine

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: Nullluftkoffer 1, Silicagel-Purafil-Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 43i

Baujahr: 2011

2.4 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 UBA 2010

**Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂,
20. Oktober bis 23. Oktober 2014**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der OÖ Landesregierung

Namen der Teilnehmer: Stummer Manfred, Gabrysch Mario

Kontakt: Stummer Manfred, Gabrysch Mario

Telefonnummer: 0732/7720-13602 (Labor)

E-Mail: manfred.stummer@ooe.gv.at; mario.gabrysch@ooe.gv.at

Rechnungsanschrift: Amt der OÖ Landesregierung
Goethestr. 86, 4021-Linz

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Konzentration	PGG NO/NO _x 922/925 ppb, Flasche 818 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	PGG im Kalibrierpunkt 10,71 ppb
Hersteller	Horiba, SIAD
Konzentration zertifiziert durch	Land OÖ.
Verdünnungsmethode	dynamische Verdünnung

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel, Natronkalk,
Molekularsieb 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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2009

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 Leitfaden, QS-UW-SOP-2-013/GA

2. SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	PGG SO ₂ 192 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	im Kalibrierpunkt 2,93 ppb
Hersteller	HORIBA
Konzentration zertifiziert durch	Land OÖ.
Verdünnungsmethode	dynamische Verdünnung (Permeation)

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und 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: Thermo Electron

Modell: 43i

Baujahr: 2013

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂

20. Oktober bis 23. Oktober 2014

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15

Namen der Teilnehmer: Gerhard Schrempf, Martin Tantscher

Kontakt: Dipl.-Ing.(FH) Andreas Murg

Telefonnummer: +4367686664167 oder +433168774167

E-Mail: guenther.kerschbaumer@provinz.bz.it; oswald.vigl@provinz.bz.it

Rechnungsanschrift: Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15
Landhausgasse 7
8010 Graz

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	NO 709,7 nmol/mol/NO _x 712 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U)	siehe Kalibrierschein
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien (11.02.2014)
Verdünnungsmethode	--

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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T 200 (SN 0928)

Baujahr: 2014

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß UBA-Vorgabe

2. SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Air Liquide

Modell: 10 l Flasche (Nr.: 0515D), 298 ppb in synth. Luft

Baujahr: 2013

UBA-Überprüfung: Kalibrierschein 059/2013 vom 13.05.2013

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: --

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T 100 (SN 514)

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß UBA-Vorgabe

Ringversuch für NO/NO₂ und SO₂
20. Oktober bis 23. Oktober 2014

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Burgenländischen Landesregierung.

Name des Teilnehmers: Michael Fericsak

Kontakt: Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt

Telefonnummer: 02682 600 2834

E-Mail: michael.fericsak@bgld.gv.at

Rechnungsanschrift: Amt der Burgenländischen Landesregierung.
 Abteilung 5/III – Natur- und Umweltschutz – Luftgüte

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Konzentration	930 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	
Hersteller	HORIBA
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	Gasflasche

Verwendetes Nullgas: Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb, 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 _x -Kanals mit NO	x	
Überprüfung mit NO ₂		x
GPT	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APSA370

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 UBA, Abschätzung

2. SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: HORIBA

Modell: ASGU 361

Baujahr: 1999

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: mit Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb, Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: AHORIBA

Modell: TAPSA370

Baujahr: 2011

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA, Abschätzung

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

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

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Im Report „Ringversuch zur Immissionsmessung 2014“ sind die Resultate dieses Ringversuchs zusammengefasst. Getestet wurde die Kompetenz bei der Messung von Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxide (NO und NO₂). Die Messergebnisse aller 8 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.