

Ringversuch zur

Immissionsmessung 2013



Auswertung des Ringversuchs für NO/NO₂ und O₃

RINGVERSUCH ZUR IMMISSIONSMESSUNG 2013

Auswertung des Ringversuchs für NO/NO₂ und O₃

Marina Fröhlich
Andreas Wolf
Nicole Klösch

REPORT
REP-0496

Wien, 2014

Projektleitung

Marina Fröhlich

Durchführung des Ringversuchs

Marina Fröhlich

Michael Reisenhofer

Andreas Wolf

AutorInnen

Marina Fröhlich

Andreas Wolf

Nicole Klösch

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, 2014

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-306-6

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	16
4.3	Bias und Messunsicherheit	20
5	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	28
6	AUSBLICK	32
7	LITERATURVERZEICHNIS	33
	ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	34
	ANHANG B: BERICHTETE WERTE	36
	ANHANG C: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH	57

ZUSAMMENFASSUNG

Im Oktober 2013 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 Ozon (O₃) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt.

Ringversuch zur Immissionsmessung

Die Ergebnisse aller 11 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 Komponenten O₃ und NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen teilnehmenden Organisationen bei allen Konzentrationen eingehalten.

Ergebnisse des Ringversuchs

Bei NO₂ wurden die Leistungskriterien nicht von allen Teilnehmenden eingehalten, besonders bei niedrigen Konzentrationen zeigten sich Abweichungen.

SUMMARY

***interlaboratory
comparison***

Middle of October 2013 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 ozone (O₃).

***evaluation of
measurement
results***

The results of all 11 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 O₃ 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.

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. zehn 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 14. bis 17. Oktober 2013 wurden die Messsysteme der 11 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in Strebersdorf getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Ozon (O₃) 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.

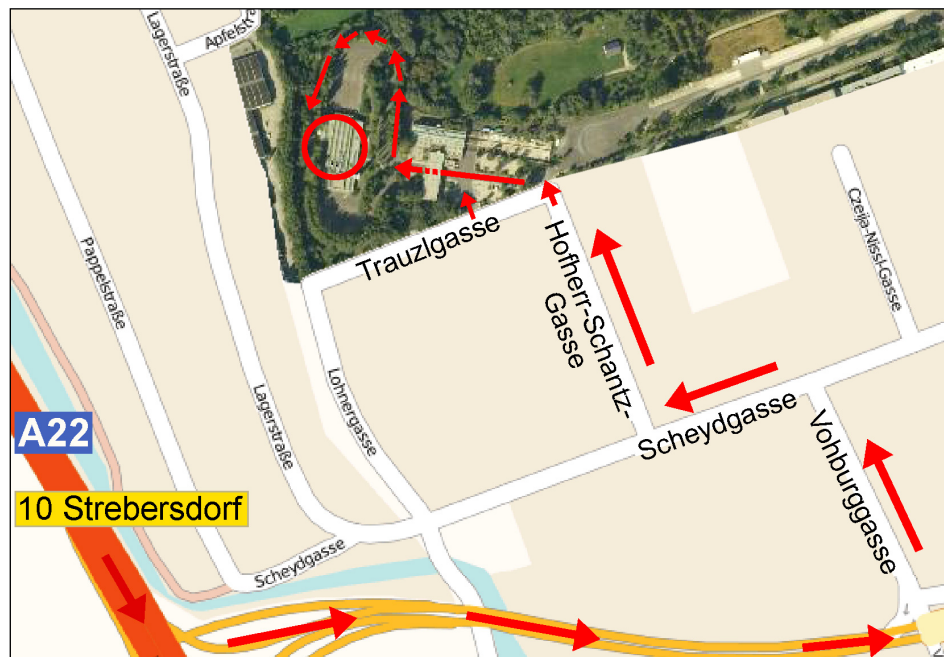
Aufbau des Berichtes

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 2013 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
Ringversuchs anlage.
© Umweltbundesamt



TeilnehmerInnen

Am Ringversuch nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Burgenland, Niederösterreich, Kärnten, Steiermark, Salzburg, Oberösterreich, Tirol, der LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen), der FVT mbH (Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH) sowie der Niederösterreichischen Umweltschutzanstalt 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
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	2	B
Amt der Burgenländischen Landesregierung	3	C
LfU Bozen	4	D
FVT mbH	5	E
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	6	F
Niederösterreichische Umweltschutzanstalt – NUA Umweltanalytik GmbH	7	G
Amt der Kärntner Landesregierung	8	H
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	9	I
Amt der Salzburger Landesregierung	10	J
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	11	K
Amt der Tiroler Landesregierung	12	L
LfU Bozen	13	M

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 hat bei den Komponenten NO und NO₂ mit zwei Messgeräten teilgenommen, diese werden in den Tabellen und Grafiken mit D (Feldgerät) und M (Laborgerät) bezeichnet.

Am Platz 1 wurden zur Ermittlung des Referenzwertes die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut. Die Ergebnisse der Messungen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, abzugeben.

Ablauf und Aufbau des Ringversuchs

Organisationen	Gerätetyp NO _x	Gerätetyp O ₃
Umweltbundesamt (Referenz)	APNA 370	API 400E
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA 370	API 400E
Amt der Burgenländischen Landesregierung	TEI 42i	API T400
LfU Bozen	APNA 370	TEI 49i
LfU Bozen	APNA 370	TEI 49i
FVT mbH	TEI 42i	TEI 49i
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA 370	APOA 370
Niederösterreichische Umweltschutzanstalt – NUA	APNA 370	-
Amt der Kärntner Landesregierung	TEI 42i	TEI 49i
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	APNA 370	APOA 370
Amt der Salzburger Landesregierung	API 200E	API 400E
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA 370	TEI 49i
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA 370	APOA 370

Tabelle 2: Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.



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

Während des Ringversuchs waren die Messgasleitungen der Messgeräte an die Ringleitung angeschlossen, welche jeweils 1,5 bzw. 2 Stunden (je nach Konzentration) mit unterschiedlichen Konzentrationen von O_3 , NO und NO_2 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)	O ₃ (ppb)
14.10.2013 10:00			Aufbau Einlaufen					
14.10.2013 14:00			Begrüßung/Besprechung Kalibrierung					
15.10.2013 10:00	NO/NO _x /O ₃ NG1	01:30	Start	0				
15.10.2013 11:30	NO/NO _x 1	02:00			480		480	
15.10.2013 13:30	NO/NO _x 2	02:00			420	60	480	
15.10.2013 15:30	NO/NO _x 3	02:00			360	120	480	
15.10.2013 17:30	NO/NO _x 4	02:00			480		480	
15.10.2013 19:30	NO/NO _x /O ₃ NG2	01:30		0				
15.10.2013 21:00	NO/NO _x 5	02:00			910		910	
15.10.2013 23:00	NO/NO _x 6	02:00			450		450	
16.10.2013 01:00	NO/NO _x 7	02:00			250	200	450	
16.10.2013 03:00	O ₃ 1	02:00						200
16.10.2013 05:00	NO/NO _x 8	02:00			250		250	
16.10.2013 07:00	NO/NO _x 9	02:00			130	120	250	
16.10.2013 09:00	O ₃ 2	02:00						120
16.10.2013 11:00	NO/NO _x 10	02:00			125		125	
16.10.2013 13:00	NO/NO _x 11	02:00			35	90	125	
16.10.2013 15:00	O ₃ 3	02:00						90
16.10.2013 17:00	NO/NO _x 12	02:00			80		80	
16.10.2013 19:00	NO/NO _x 13	02:00			35	45	80	
16.10.2013 21:00	O ₃ 4	02:00						45
16.10.2013 23:00	NO/NO _x 14	02:00			40		40	
17.10.2013 01:00	NO/NO _x 15	02:00			20	20	40	
17.10.2013 03:00	O ₃ 5	02:00						20
17.10.2013 05:00	NO/NO _x 16	02:00			20		20	
17.10.2013 07:00	NO/NO _x 17	02:00				20	20	40
17.10.2013 09:00	NO/NO _x /O ₃ NG3	01:30		0				
17.10.2013 10:30		01:30	Ende/Kalibrierung					
17.10.2013 12:00		02:00	Schlussbesprechung/Abbau					

Die Gasmischungen für den Ringversuch wurden durch Verdünnung von konzentrierten Gasen von NO mit Nullluft über thermische Massendurchflussregler (MFC) hergestellt. Mit dieser Methode kann die erforderliche Bandbreite der Konzentrationen der Komponenten angeboten und die Stabilität der Gasmischungen über die erforderliche Zeit gewährleistet werden. Ozonhaltige Gasmischungen wurden mittels Ozongenerator hergestellt, NO₂ durch Gasphasentitration von NO mit O₃.

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	δ _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 $2 \leq |z'| < 3$ als „fraglich“ und für $|z'| \geq 3$ als „ungenügend“ bewertet.

In den folgenden Abbildungen wird das ermittelte z-score für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt. 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 Ozon. Die NO₂ Konzentrationen lieferten teilweise auch „ungenügende“ Ergebnisse.

**z-score
Ergebnisse**

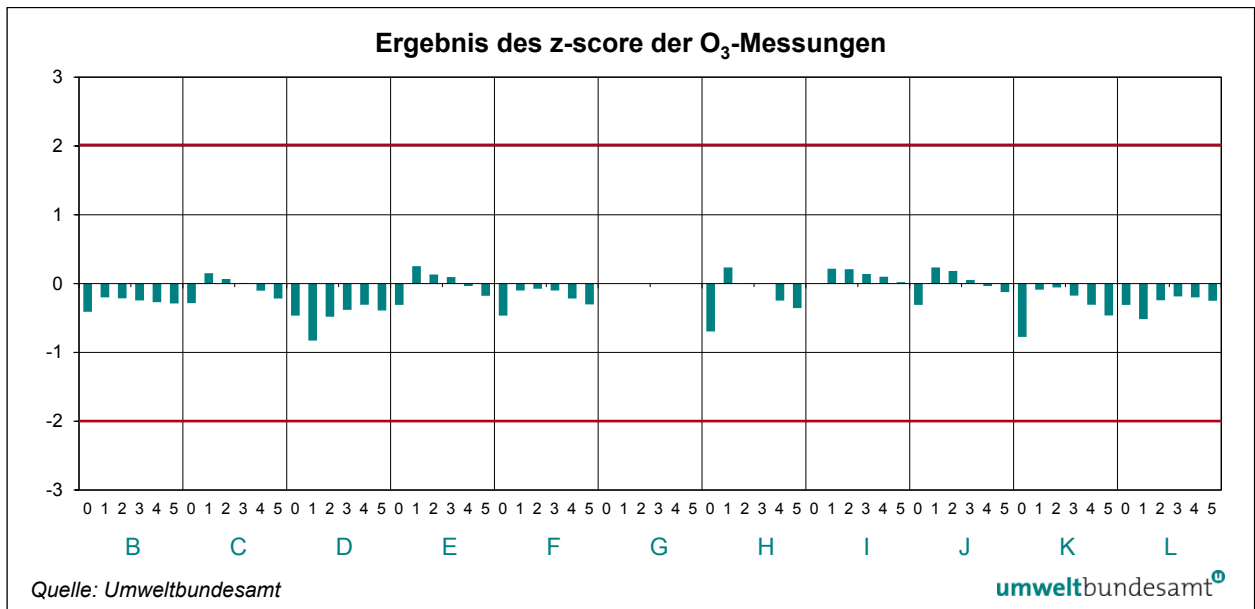


Abbildung 5: Ergebnis des z-score der O₃-Messungen.

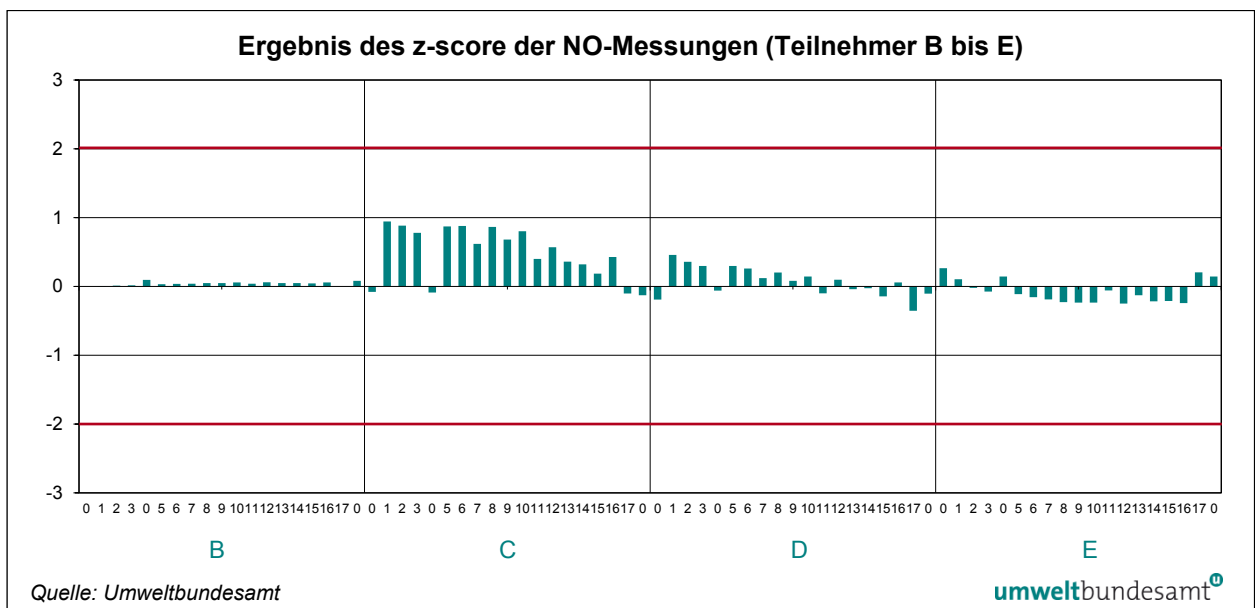


Abbildung 6: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer B bis E).

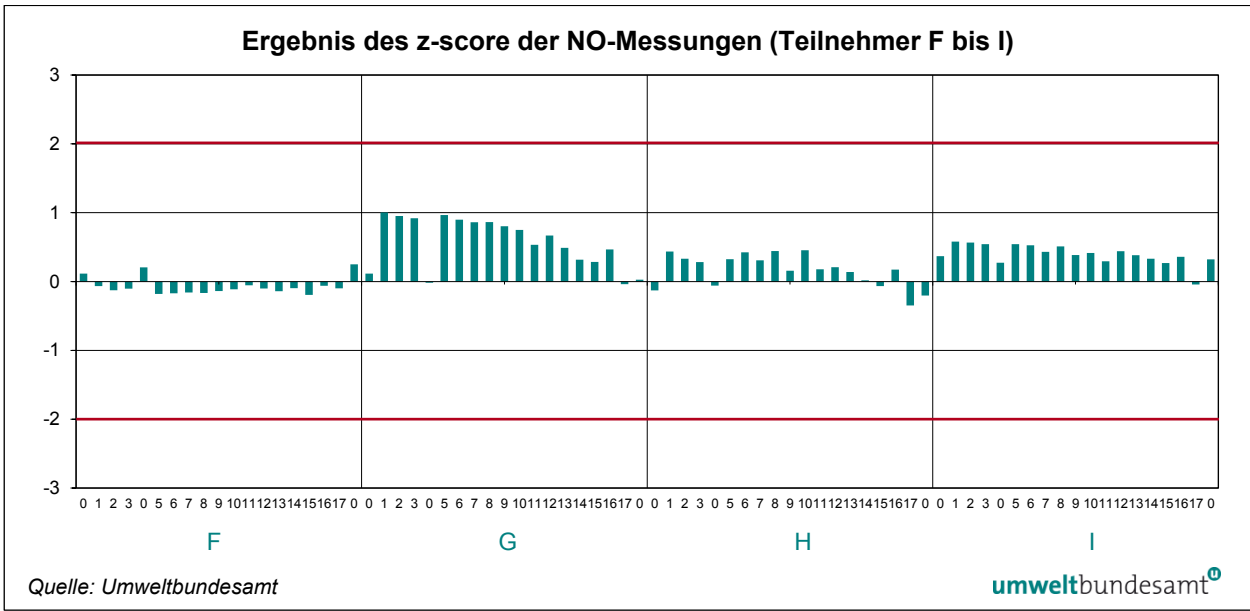


Abbildung 7: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer F bis I).

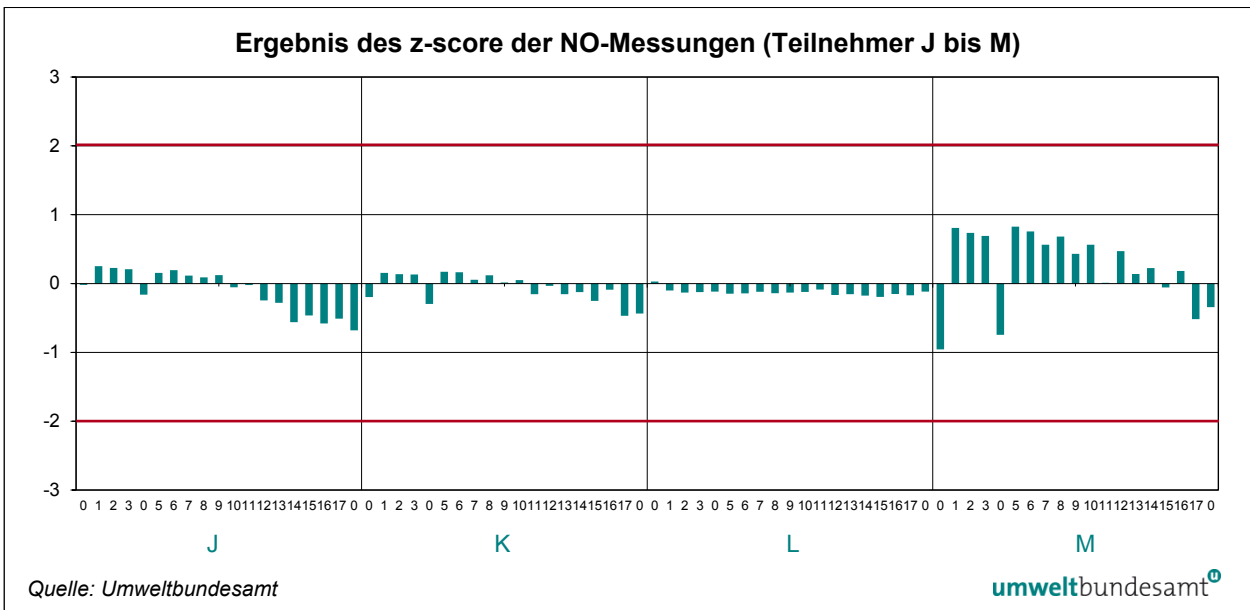


Abbildung 8: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer J bis M).

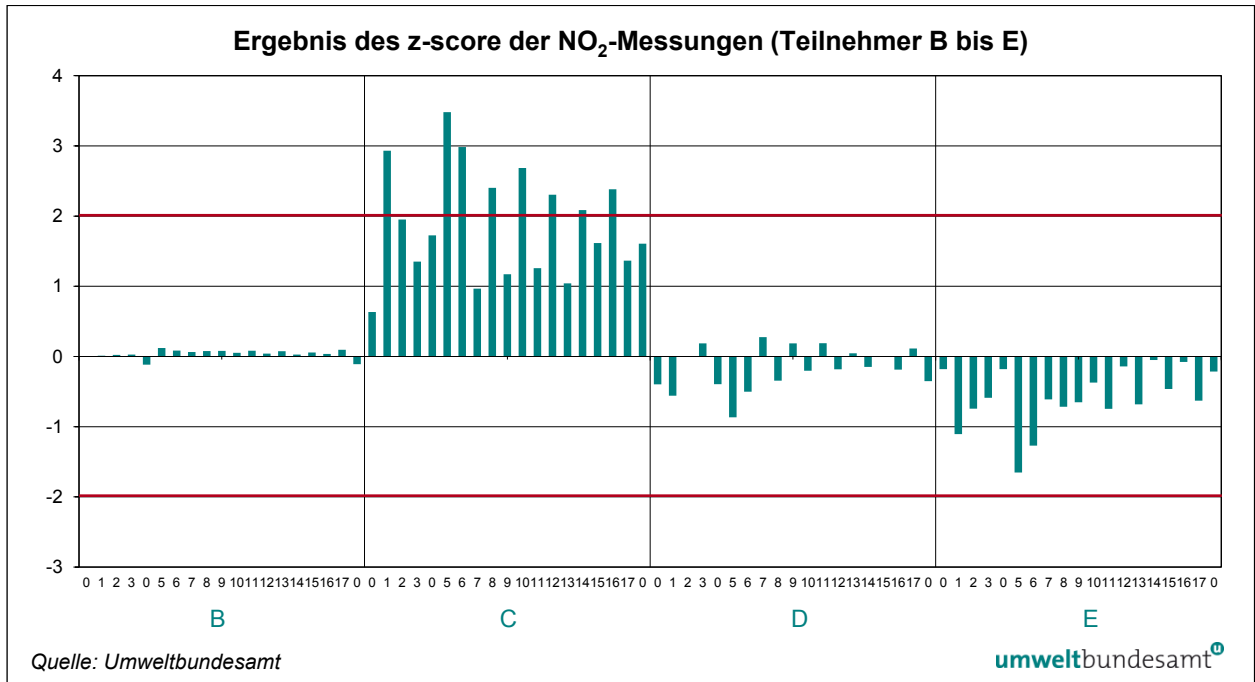


Abbildung 9: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer B bis E).

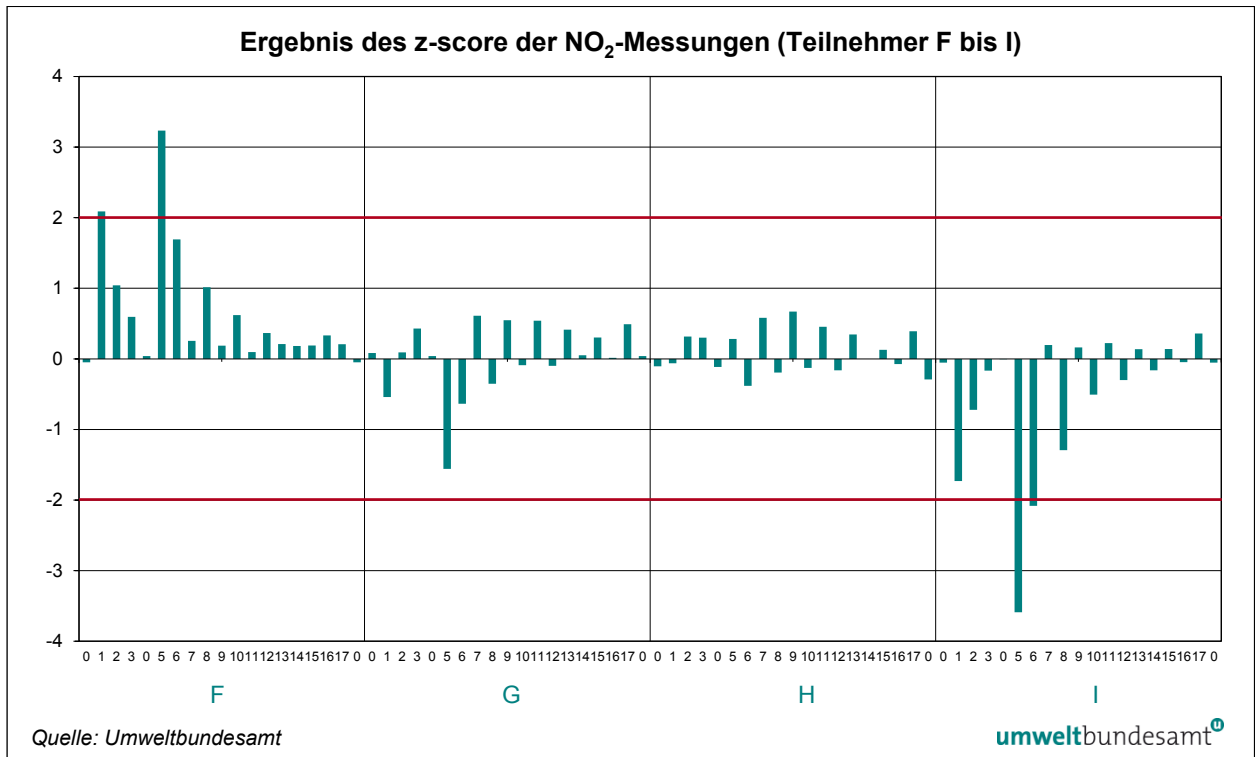


Abbildung 10: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer F bis I).

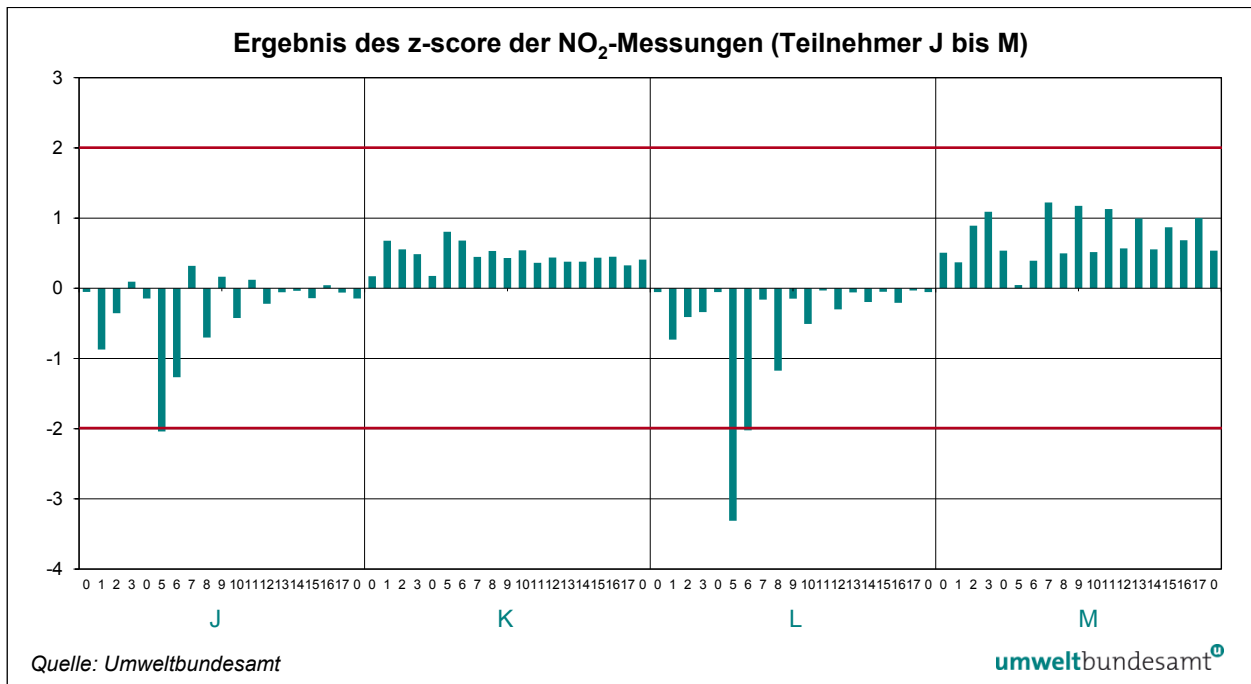


Abbildung 11: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer J bis M).

Fragliche bzw. ungenügende z-scores wurden ausschließlich für niedrige NO₂-Konzentrationen bis zu maximal 10 ppb ermittelt.

4.2 E_n-Nummer Auswertung

Ermittlung des Schwellenwertes

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 nicht 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.

Berechnung der E_n-Nummer

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

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.

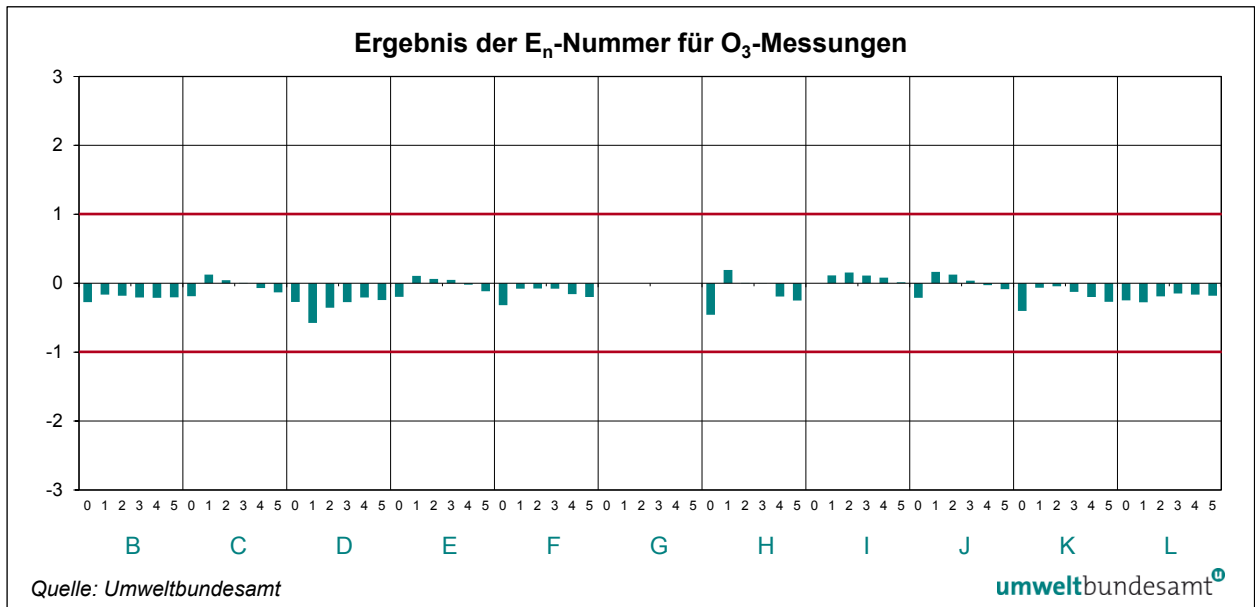


Abbildung 12: Ergebnis der E_n -Nummer für O_3 -Messungen.

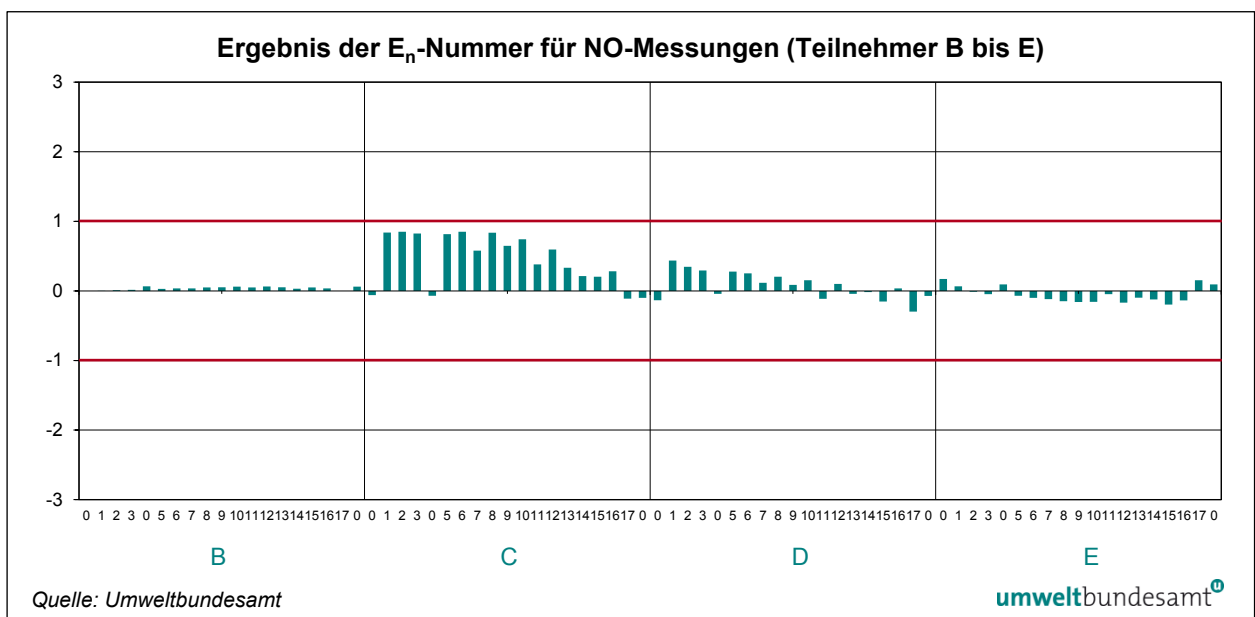


Abbildung 13: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer B bis E).

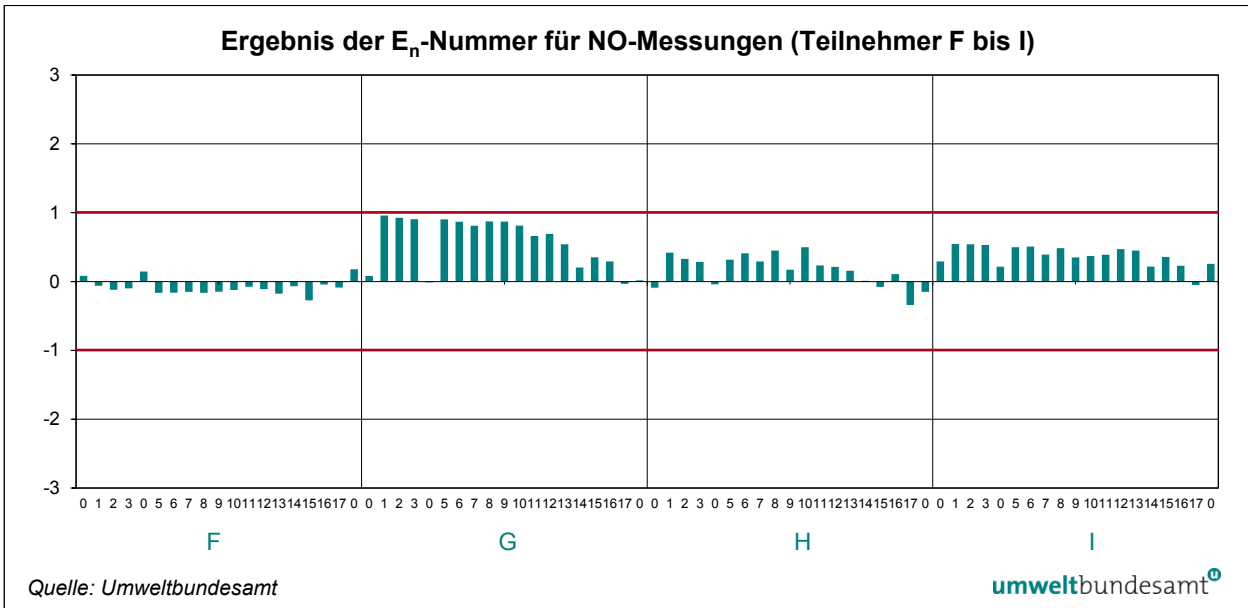


Abbildung 14: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer F bis I).

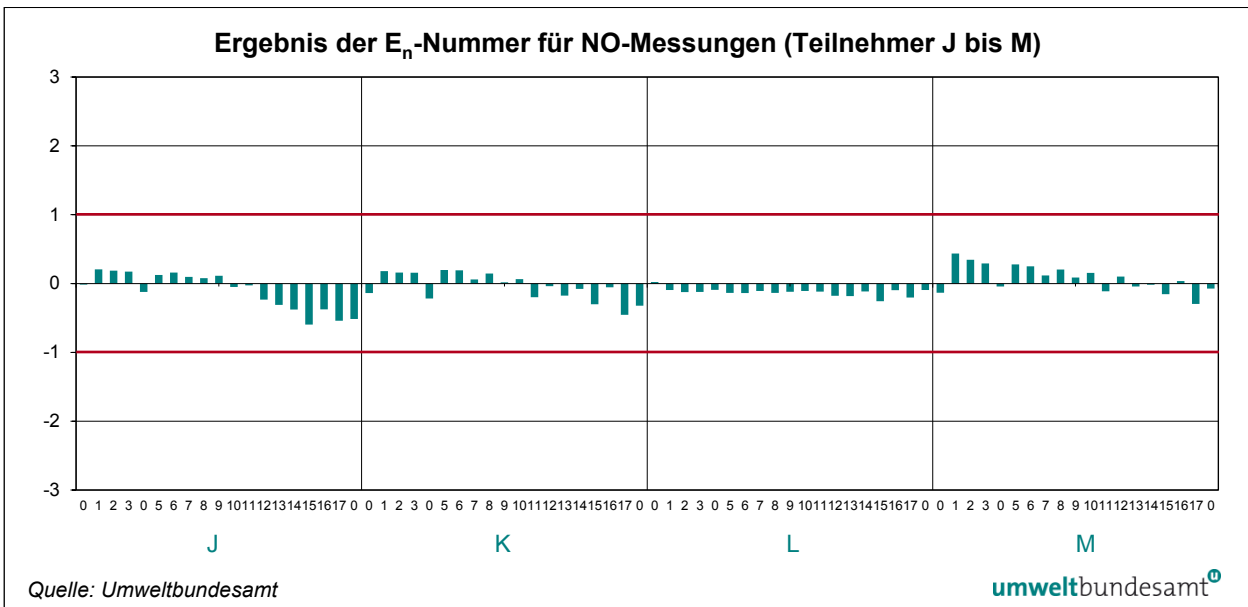


Abbildung 15: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer J bis M).

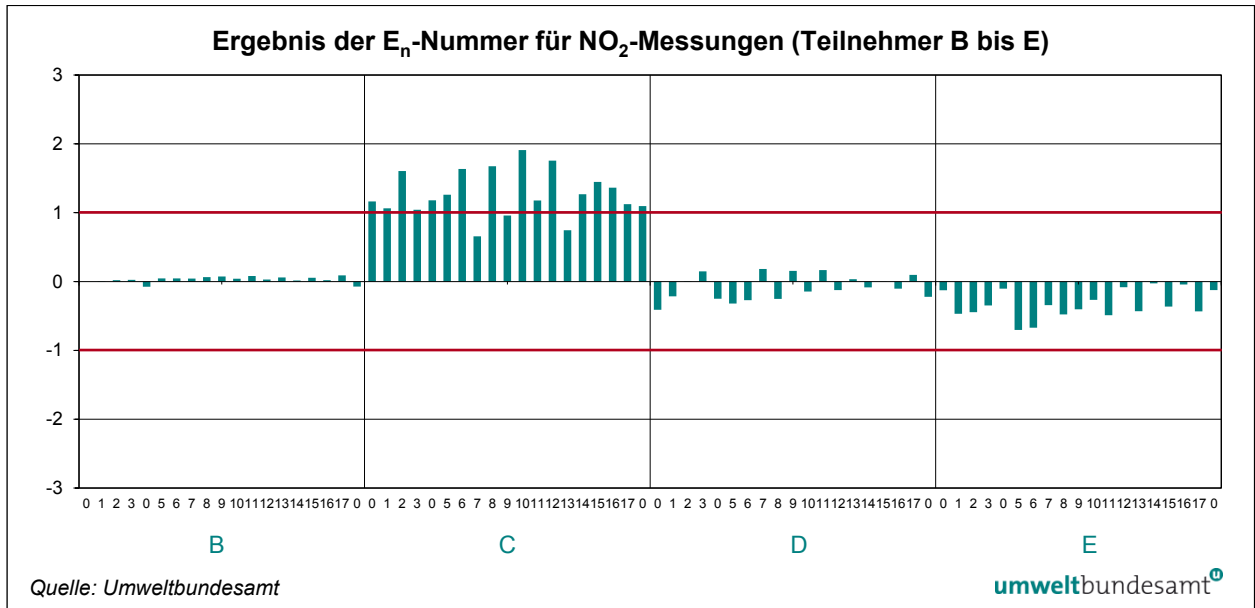


Abbildung 16: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer B bis E).

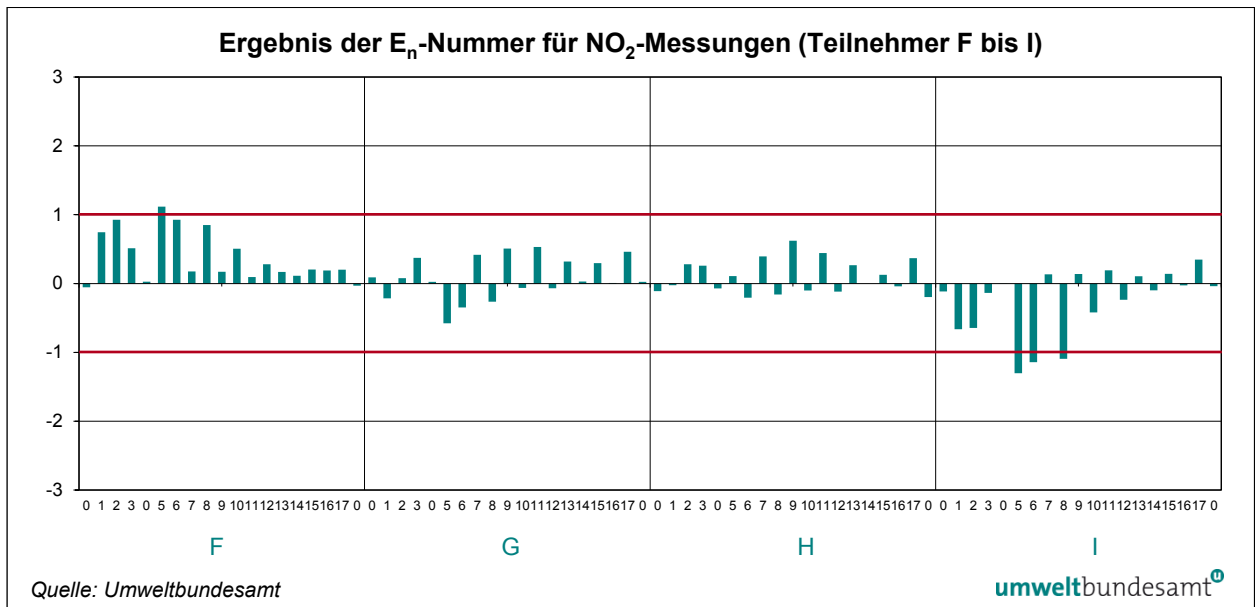


Abbildung 17: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer F bis I).

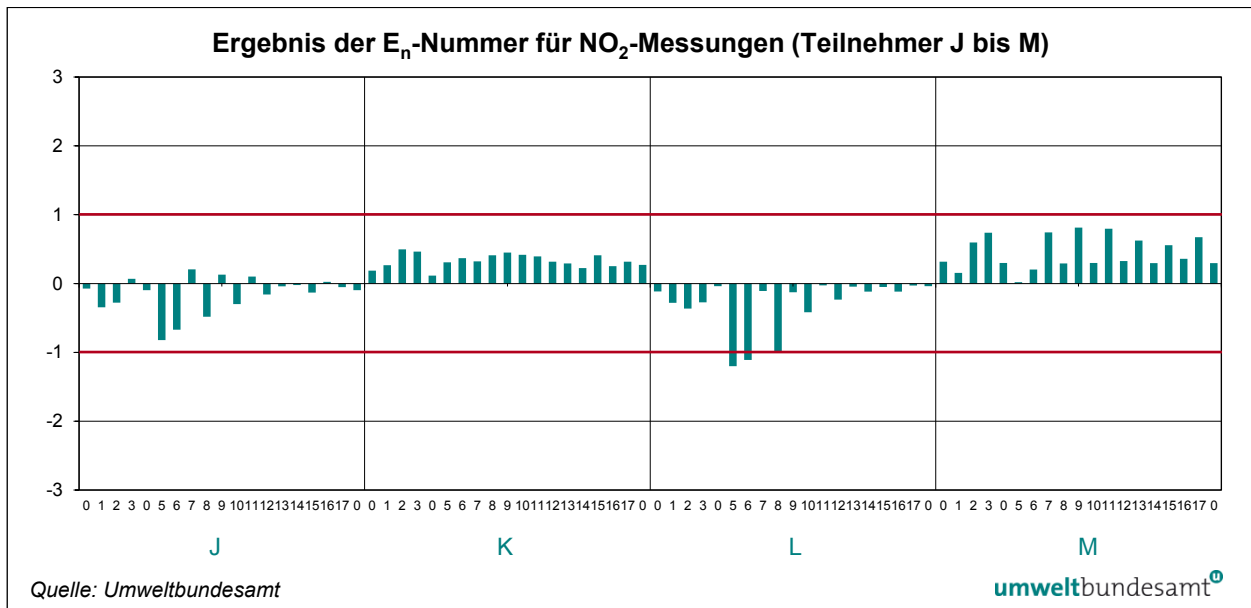


Abbildung 18: Ergebnis der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer J bis M).

Bei Ozon und NO wird das E_n-Kriterium bei allen Ergebnissen eingehalten. Für NO₂ waren wie beim z-score vor allem niedrige Konzentrationen betroffen, ein Teilnehmer jedoch verfehlte das Kriterium praktisch über den gesamten Bereich.

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.

Fehlerindikatoren zur Darstellung der Messunsicherheit

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.

Ergebnisse der Auswertungen

Für Ozon (siehe Abbildung 20) liegen sehr gute Ergebnisse vor, auch die für die Ergebnisse angegebenen Messunsicherheiten unterscheiden sich nur geringfügig, von einem Teilnehmer wird die Messunsicherheit leicht überschätzt.

Die Bestimmung von NO (siehe Abbildung 20 bis Abbildung 22) und NO₂ (siehe Abbildung 23 bis Abbildung 25) gehört zu den schwierigeren Aufgaben der Immissionsmessung. Alle Ergebnisse für Gasmischungen, die nur NO enthalten, sind zufriedenstellend – nur ein Teilnehmer überschätzt die Konzentration, der Referenzwert liegt jedoch noch immer innerhalb der Messunsicherheiten. Sobald NO und NO₂ vorhanden sind, treten deutlichere Abweichungen auf, teilweise wird dies durch eine großzügige Abschätzung der Messunsicherheit kompensiert.

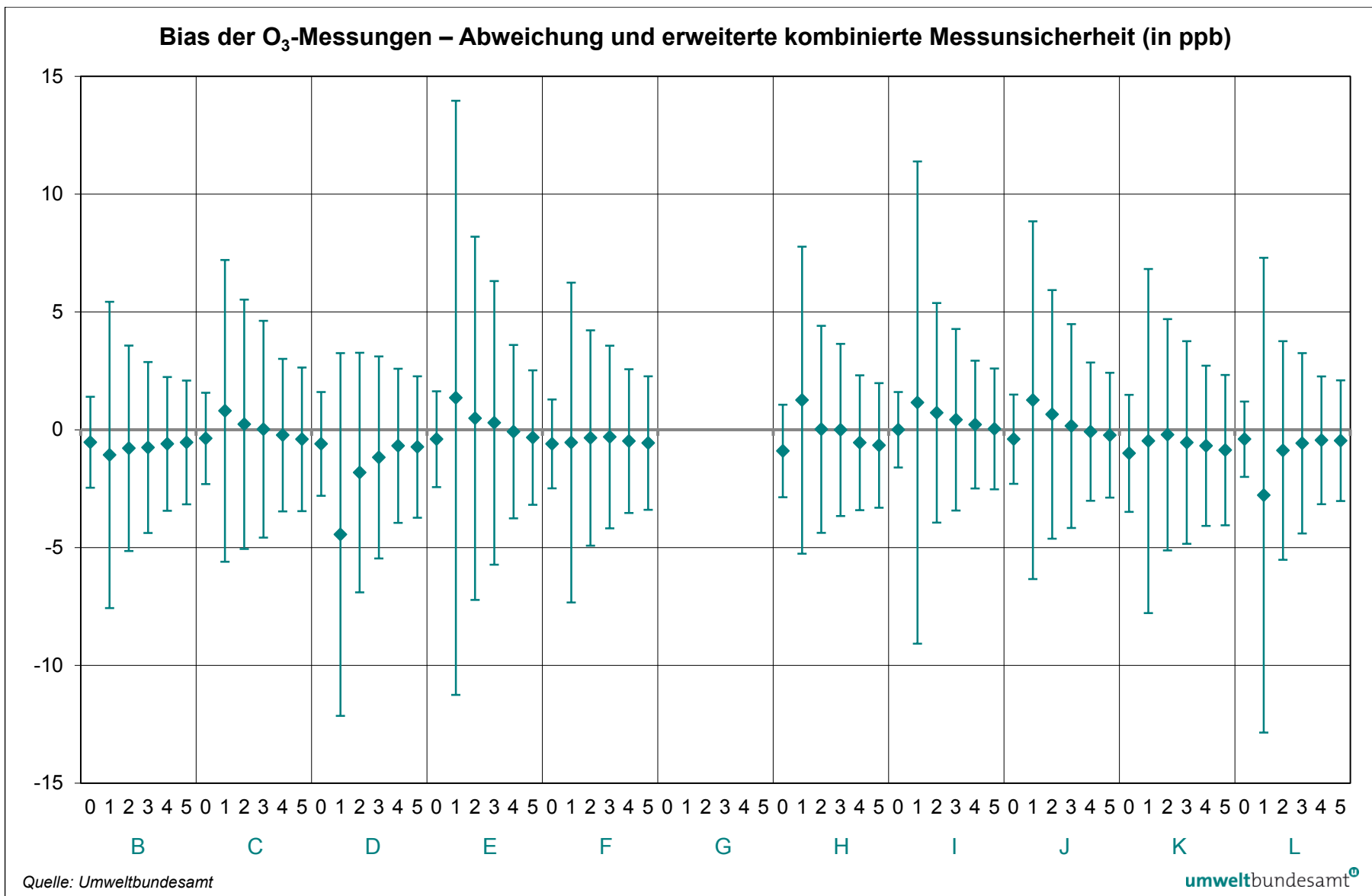


Abbildung 19: Bias der O₃-Messungen – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

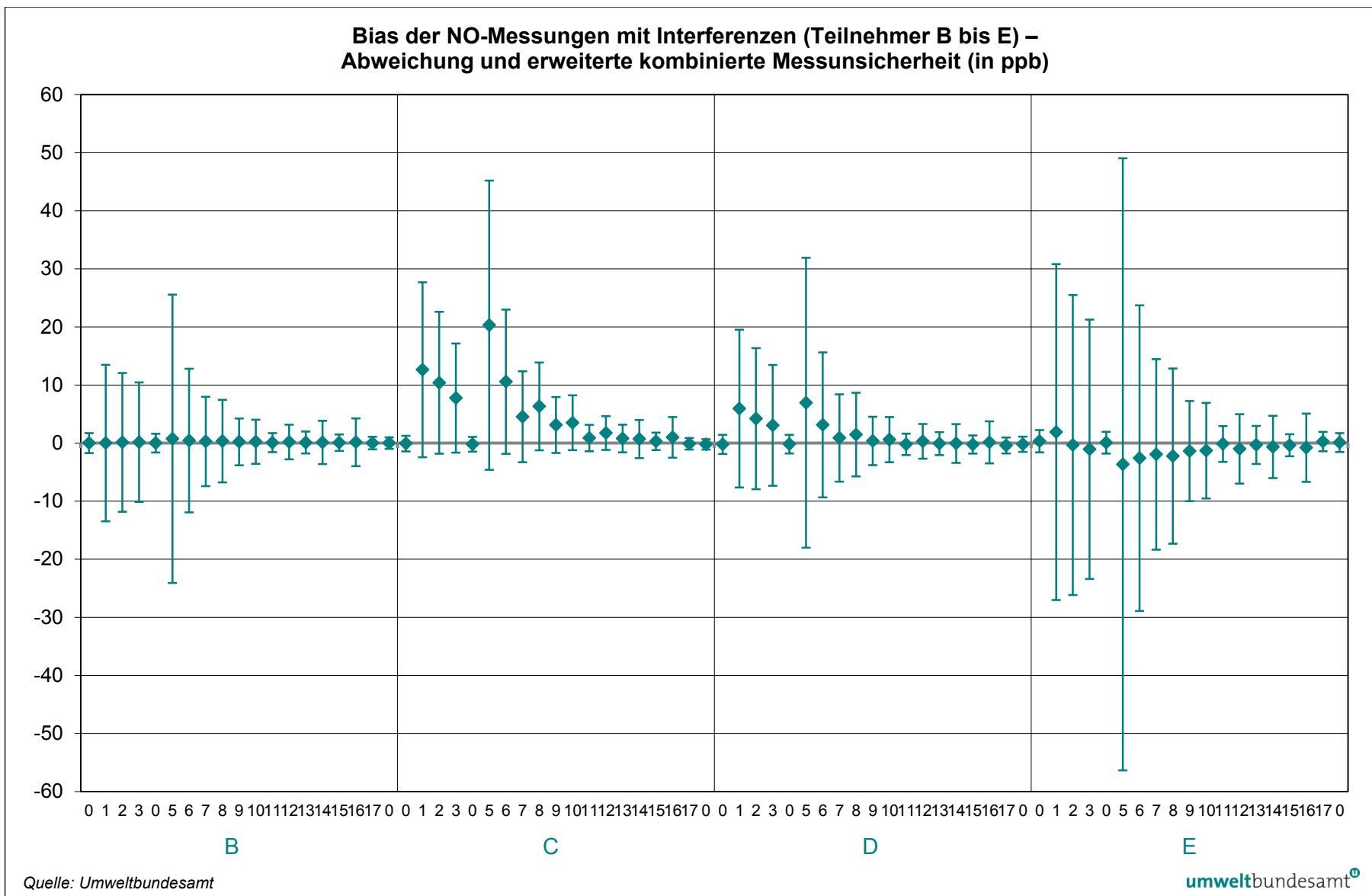


Abbildung 20: Bias der NO-Messungen mit Interferenzen (Teilnehmer B bis E) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

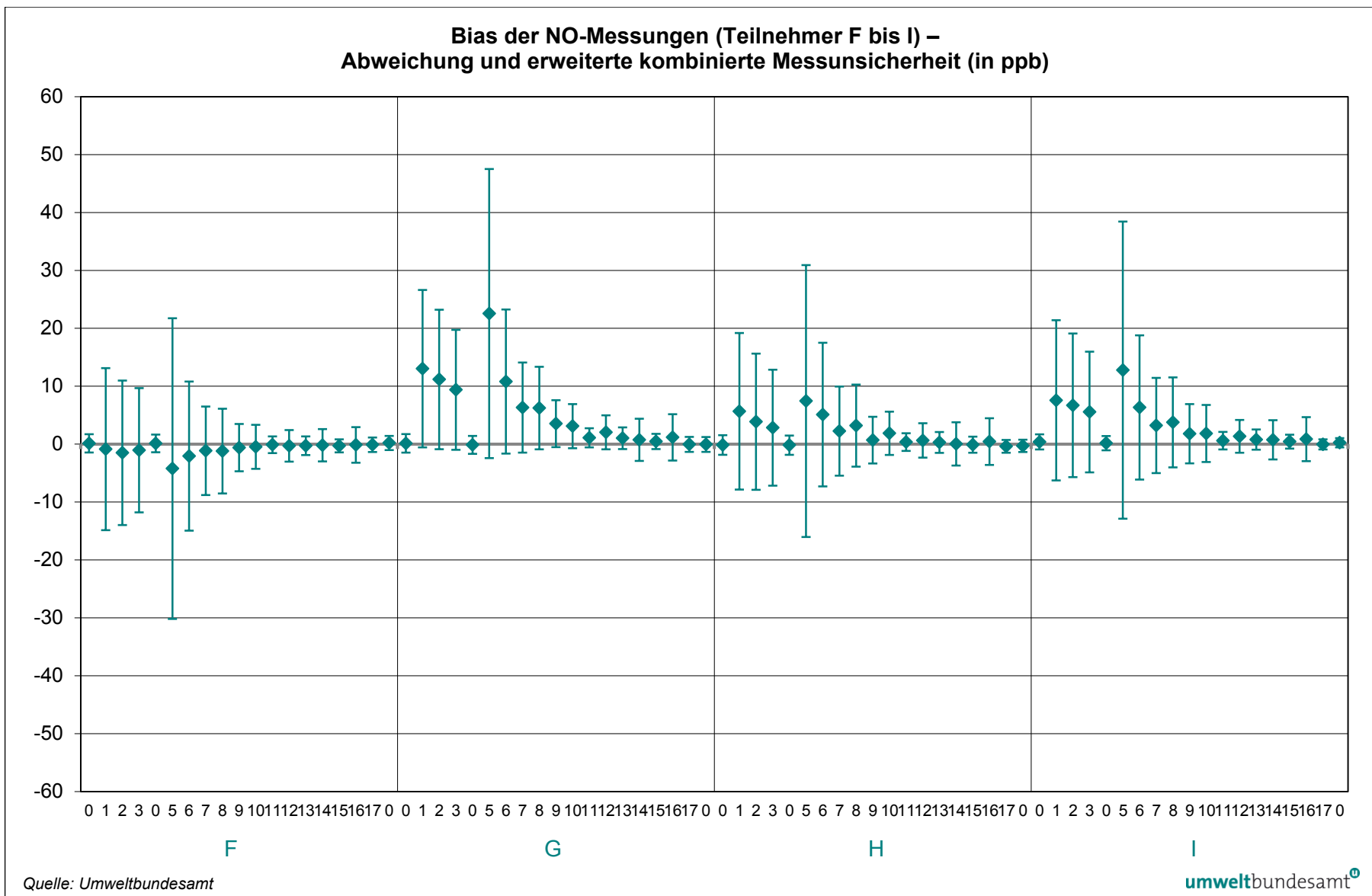


Abbildung 21: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer F bis I) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

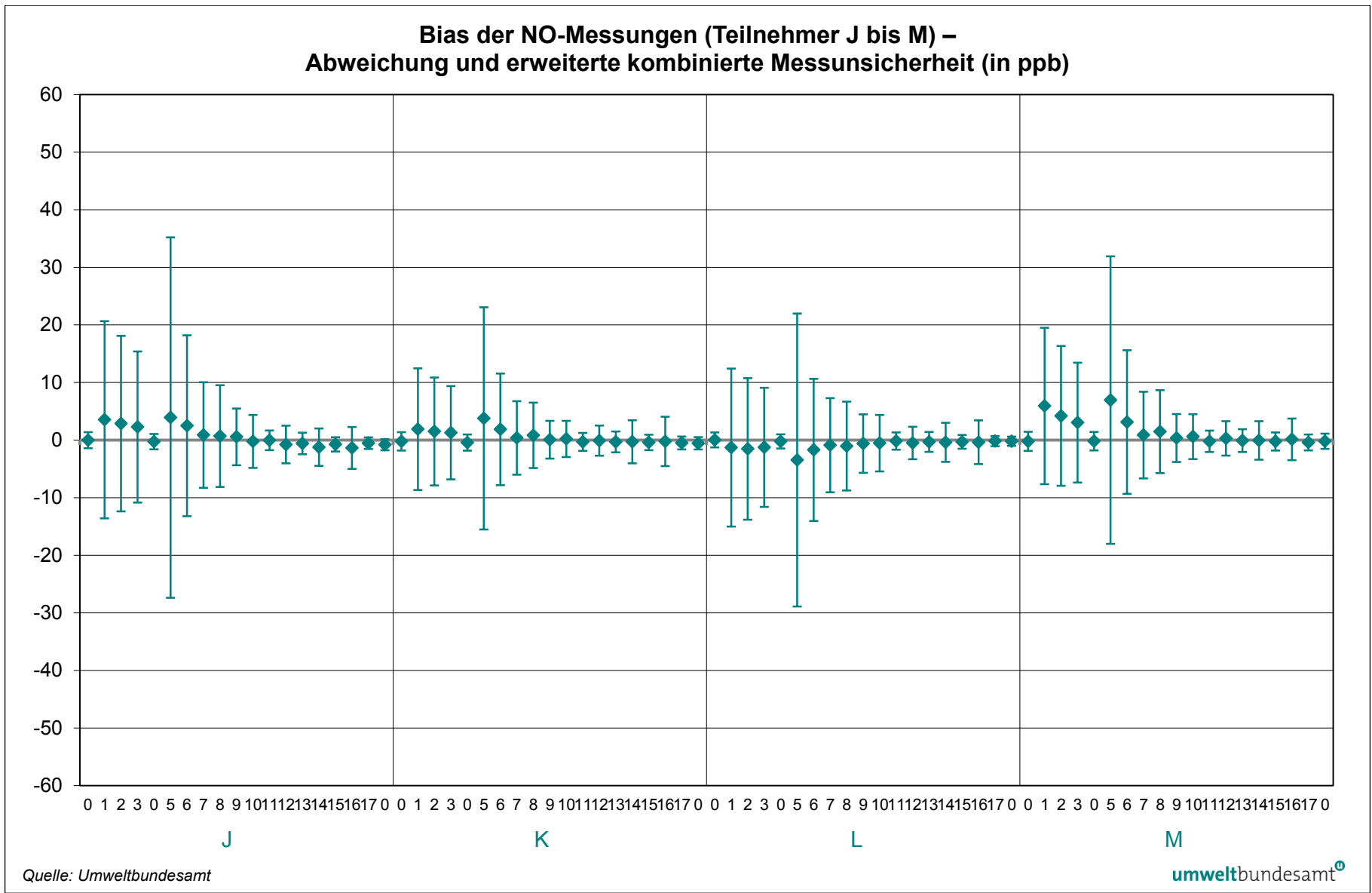


Abbildung 22: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer J bis M) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

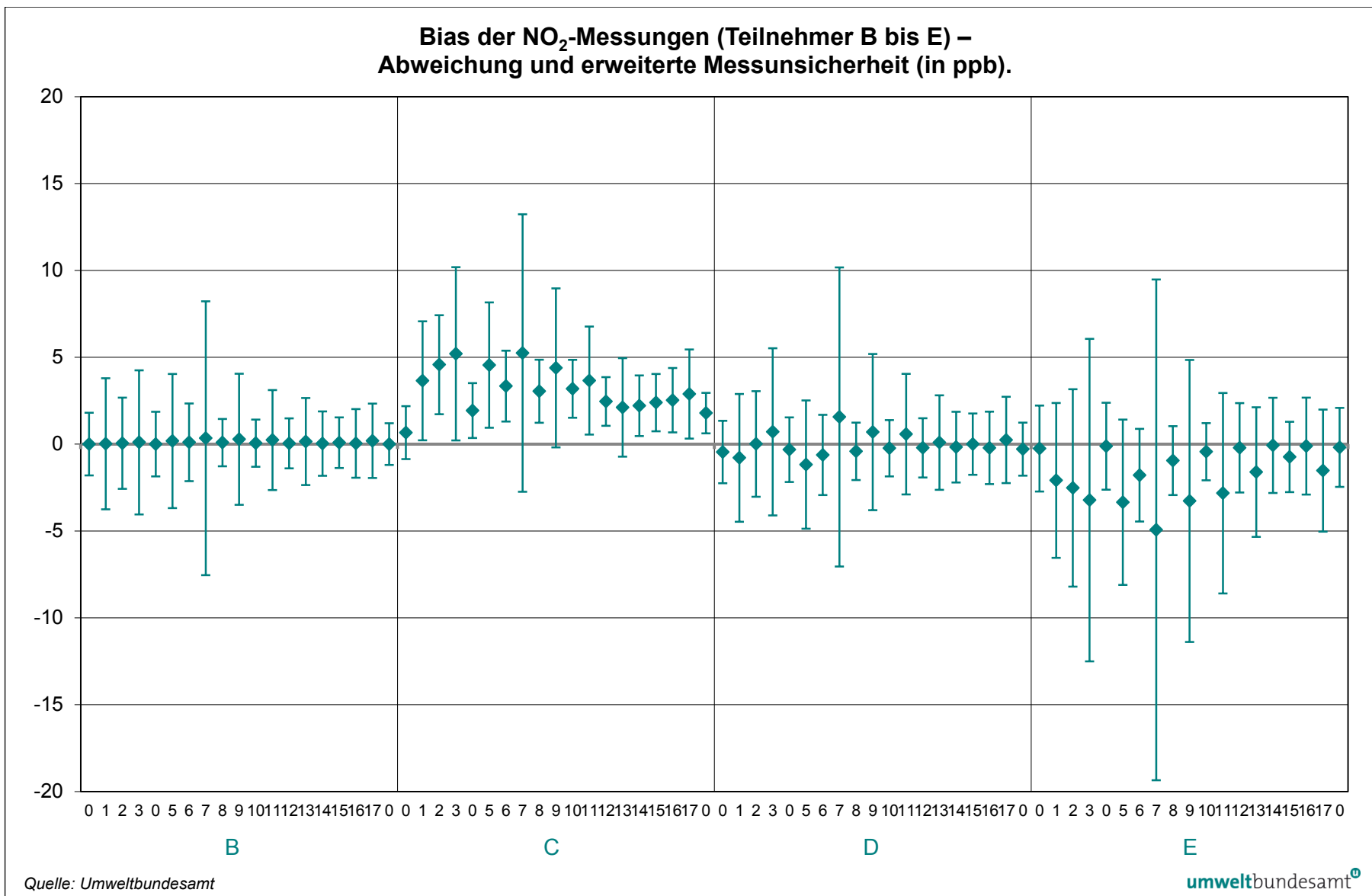
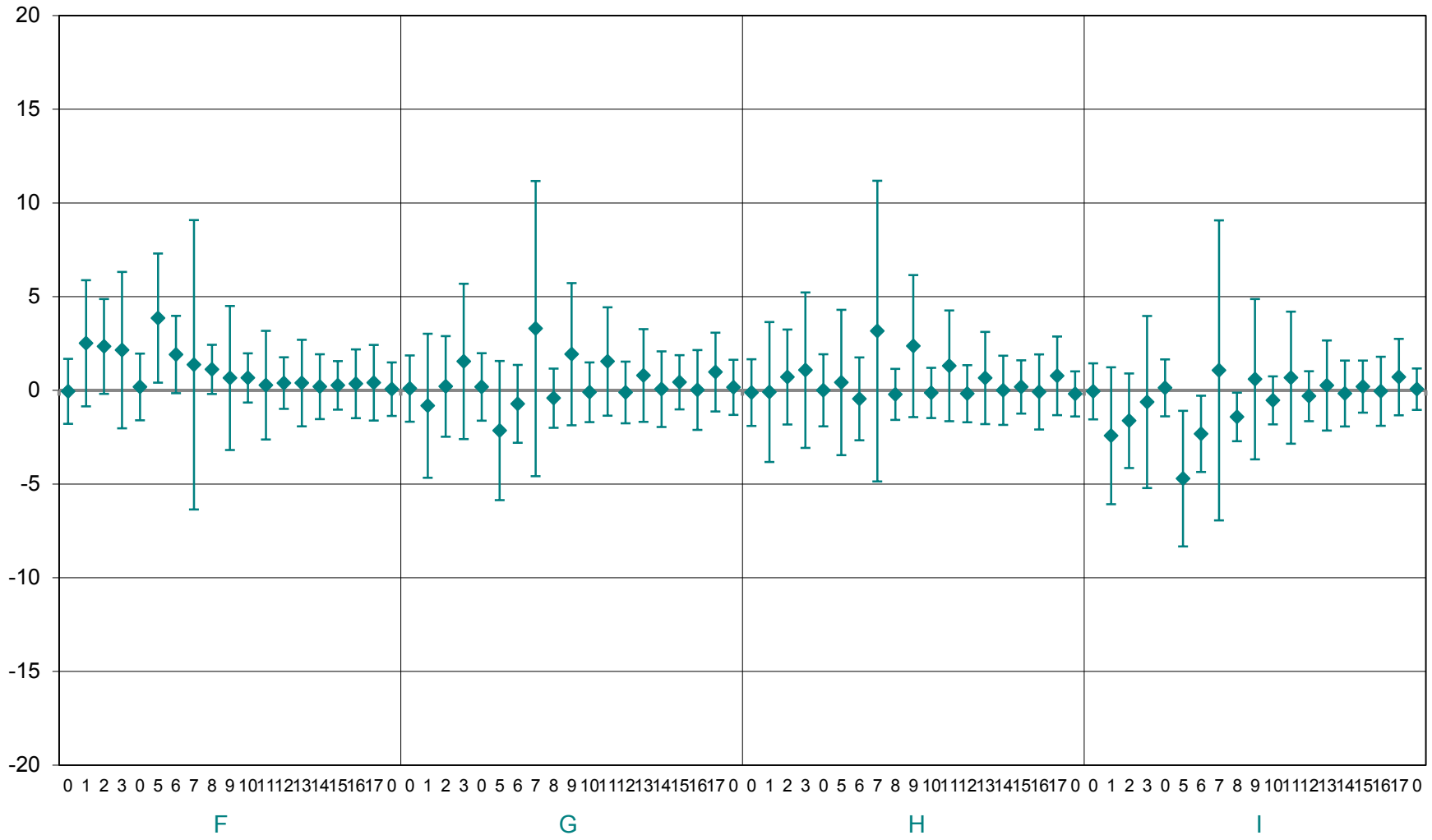


Abbildung 23: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer B bis E) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

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



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt[®]

Abbildung 24: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer F bis I) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

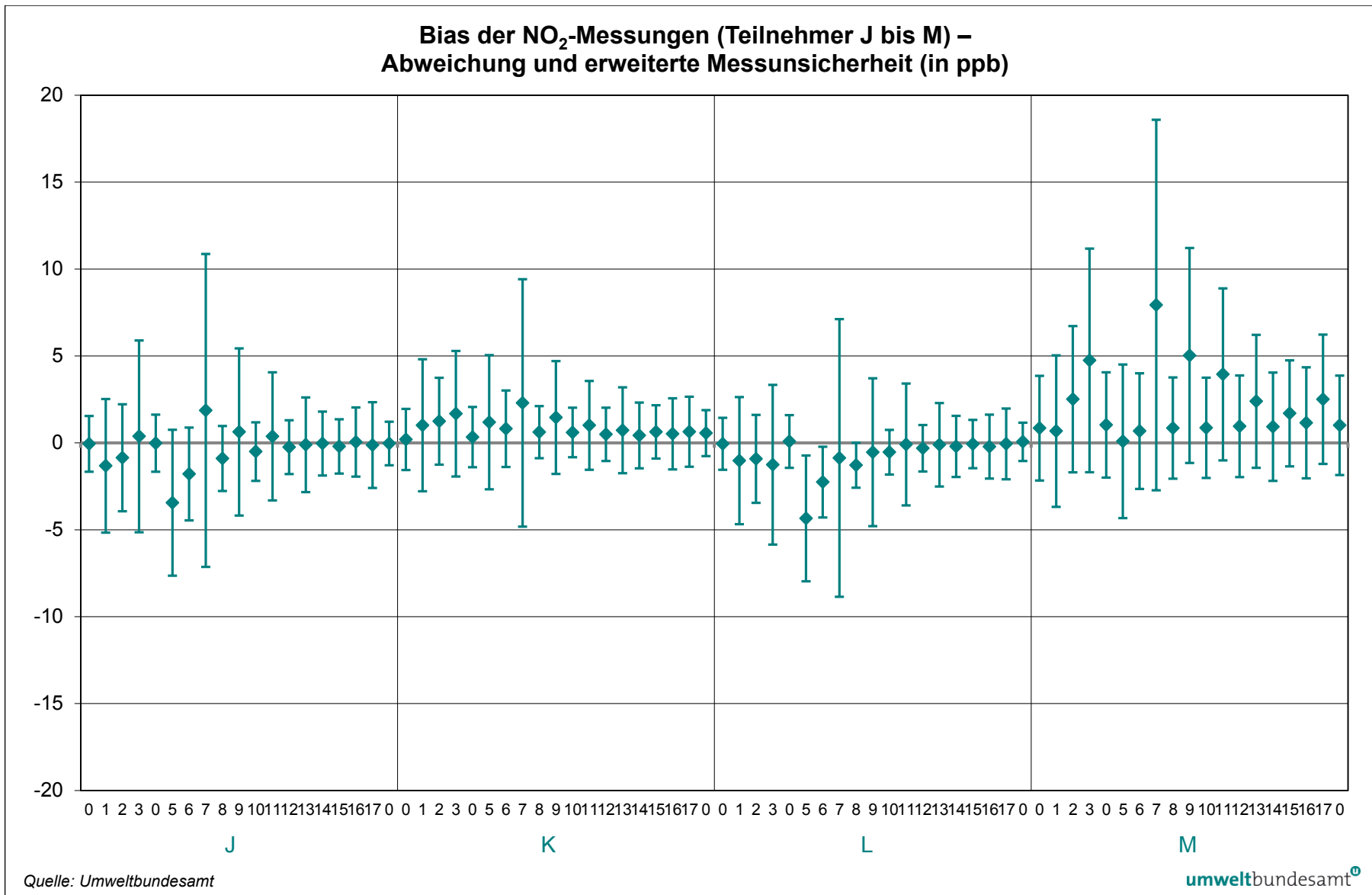


Abbildung 25: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer J bis M) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

5 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema vorgegeben (siehe Abbildung 26.)

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 zu:

Gas	$\delta_p = a \cdot c + b$	
	a	b (nmol/mol)
O ₃	0,020	1
NO	0,024	1
NO ₂	0,020	1

$2\sigma_p$ wird dann 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 O₃ angesetzt.

Daher wurde in der obigen Tabelle die zulässige Standardabweichung am Nullpunkt (b) mit 1,5 angenommen, was als realistisch anzusehen ist. Wie die Tabelle zeigt, liegt dadurch ein großer Teil der a2-Bewertungen im niedrigen Konzentrationsbereich und wird eliminiert.

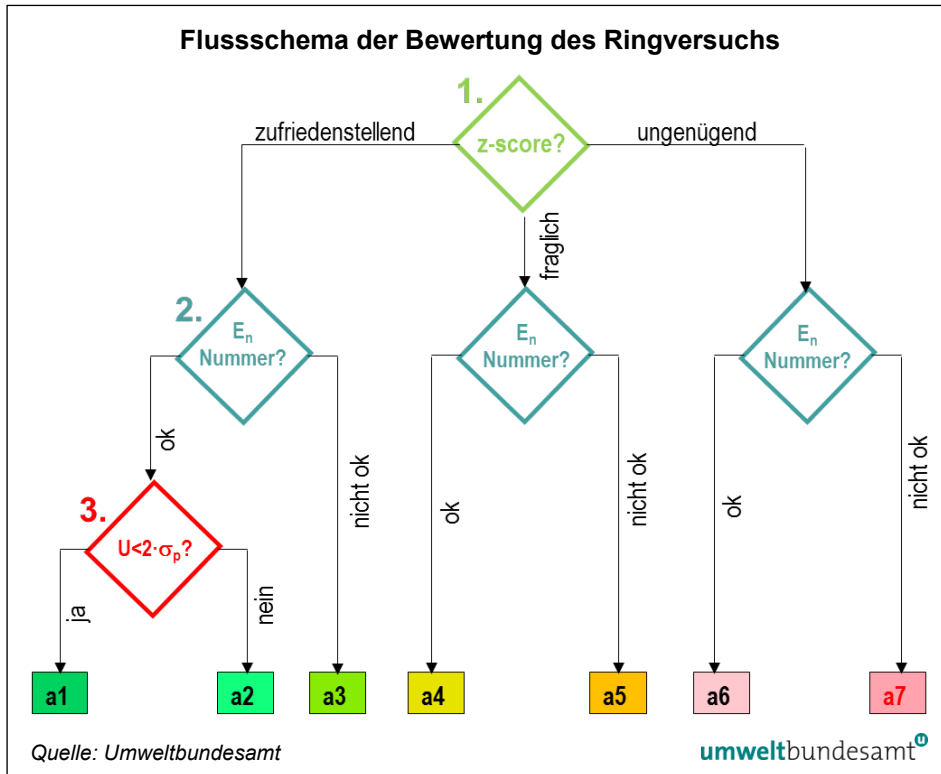


Abbildung 26:
Flussschema der
Bewertung des
Ringversuchs.

- 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 2013 sind für alle Komponenten und Konzentrationen in den folgenden Tabellen dargestellt.

		Lauf Nummer	x	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
O ₃ (nmol/mol)	0	0,7	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1
	1	187,4	a1	a1	a1	a2	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1
	2	110,3	a1	a1	a1	a2	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1
	3	82,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1
	4	39,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1
	5	18,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1

Tabelle 5:
Evaluierung der
Ergebnisse der
O₃-Messungen des
Ringversuchs 2013.

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen des
Ringversuchs 2013.

Lauf Nummer		x	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NO (nmol/mol)	NG1	0,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	459,8	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	2	412,6	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	354,1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4													
	NG2	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	857,6	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	423,9	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	240,4	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	239,4	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	131,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	10	120,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	11	39,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	12	77,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	13	40,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	14	40,0	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	15	23,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
16	45,3	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
17	0,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
NG3	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen des
Ringversuchs 2013 nach
Kriterien des ERLAP.

Lauf Nummer		x	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,1	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	1	9,7	a1	a5	a1	a2	a4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	2	57,5	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	3	117,0	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	4													
	NG2	-0,1	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	5	9,1	a1	a7	a1	a2	a7	a1	a1	a7	a4	a1	a7	a2
	6	4,4	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a5	a1	a1	a5	a2
	7	193,4	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	8	2,9	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a2
	9	114,3	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	10	1,2	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	11	84,5	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	12	0,8	a1	a5	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	13	40,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	14	0,4	a1	a5	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	15	18,5	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
16	0,5	a1	a5	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	
17	44,7	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
NG3	-0,1	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2

NO ₂ (nmol/mol)	Lauf Nummer	x	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
			NG1	0,1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
1	9,7	a1	a4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
2	57,5	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
3	117,0	a1	a3	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
4														
NG2	-0,1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
5	9,1	a1	a5	a1	a2	a5	a1	a1	a5	a1	a1	a5	a1	
6	4,4	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a3	a1	
7	193,4	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
8	2,9	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	
9	114,3	a1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
10	1,2	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
11	84,5	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
12	0,8	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
13	40,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
14	0,4	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
15	18,5	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
16	0,5	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
17	44,7	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
NG3	-0,1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen des
Ringversuchs 2013
größerer zulässiger
Messunsicherheit im
niedrigen
Konzentrationsbereich.

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen des Ringversuchs 2013 sind für die Komponenten und Konzentrationen von O₃ und NO sehr zufriedenstellend (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6).

Ergebnisse

Im Ringversuch 2013 haben die TeilnehmerInnen B, D, H und K für alle Komponenten und Konzentrationen ausschließlich die Bewertung a1 erhalten, wurden somit als vollkommen zufriedenstellend beurteilt. Auch Teilnehmer G erhält für die Komponenten NO/NO₂ ausschließlich die Bewertung a1 – an den O₃-Messungen wurde nicht teilgenommen.

6 AUSBLICK

zufriedenstellende Ergebnisse

Die Ergebnisse des Ringversuchs 2013 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen.

Für die Komponente O₃ wurde die Einhaltung der geforderten Messunsicherheit zweifelsfrei belegt.

Verbesserungsbedarf bei NO₂

Nicht ganz zufriedenstellend ist die Situation bei NO₂. 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 2014

Im Herbst 2014 wird wieder ein Ringversuch an der Ringanlage des Umweltbundesamtes in der Bundesanstalt für Verkehr stattfinden, bei dem Messungen zu den Luftschadstoffen NO/NO₂ sowie SO₂ durchgeführt werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

Rechtsnormen und Leitlinien

AQUILA N37: Protocol for intercomparison exercise, final version December 2008.

http://ies.jrc.ec.europa.eu/uploads/fileadmin/H04/Air_Quality/N%2037%20final%20version%20IE%20organisation%20and%20evaluation.pdf

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 9:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für O₃.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
O ₃ 0	ppb	0,7	0,8	0,2	0,19	OK
O ₃ 1	ppb	187,4	2,50	187,3	1,64	OK
O ₃ 2	ppb	110,3	1,77	110,2	0,79	OK
O ₃ 3	ppb	82,2	1,56	82,0	0,54	OK
O ₃ 4	ppb	39,1	1,32	38,8	0,30	OK
O ₃ 5	ppb	18,5	1,26	18,0	0,30	OK

Tabelle 10:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
und NO₂.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NO 0	ppb	0,1	0,61	0,1	0,19	OK
NO 1	ppb	459,8	4,76	464,4	5,89	OK
NO 2	ppb	412,6	4,22	416,5	5,23	OK
NO 3	ppb	354,1	3,64	357,2	4,28	OK
NO 5	ppb	857,6	8,78	865,0	11,23	OK
NO 6	ppb	423,9	4,37	427,6	5,59	OK
NO 7	ppb	240,4	2,72	241,9	2,83	OK
NO 8	ppb	239,4	2,51	241,4	3,36	OK
NO 9	ppb	131,3	1,42	132,1	1,68	OK
NO 10	ppb	120,9	1,34	121,9	1,78	OK
NO 11	ppb	39,6	0,58	39,8	0,47	OK
NO 12	ppb	77,9	1,05	78,3	1,17	OK
NO 13	ppb	40,3	0,67	40,4	0,59	OK
NO 14	ppb	40,0	1,32	40,0	0,64	OK
NO 15	ppb	23,0	0,50	22,9	0,41	OK
NO 16	ppb	45,3	1,45	45,4	0,78	OK
NO 17	ppb	0,5	0,38	0,2	0,31	OK

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NO ₂ 0	ppb	0,1	0,71	0,0	0,00	OK
NO ₂ 1	ppb	9,7	1,68	1,8	1,83	OK
NO ₂ 2	ppb	57,5	1,07	57,8	2,00	OK
NO ₂ 3	ppb	117,0	1,61	118,0	2,49	OK
NO ₂ 5	ppb	9,1	1,72	8,4	3,39	OK
NO ₂ 6	ppb	4,4	0,99	4,0	1,76	OK
NO ₂ 7	ppb	193,4	3,18	195,3	2,54	OK
NO ₂ 8	ppb	2,9	0,58	3,2	1,37	OK
NO ₂ 9	ppb	114,3	1,42	115,7	2,03	OK
NO ₂ 10	ppb	1,2	0,58	1,3	0,66	OK
NO ₂ 11	ppb	84,5	1,09	85,4	1,27	OK
NO ₂ 12	ppb	0,8	0,62	0,9	0,48	OK
NO ₂ 13	ppb	40,0	1,06	40,4	0,81	OK
NO ₂ 14	ppb	0,4	0,81	0,5	0,33	OK
NO ₂ 15	ppb	18,5	0,61	18,7	0,60	OK
NO ₂ 16	ppb	0,5	0,87	0,7	0,40	OK
NO ₂ 17	ppb	44,7	0,88	45,3	0,90	OK

ANHANG B: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse des Ringversuchs für O₃ 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 O₃

Tabelle 11: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration Null (Nullgas).

Parameter: O₃, Konzentration Null (Nullgas) $x^* = 0,2$ $s^* = 0,19$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	0,7	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1		-0,2	0,7	0,3	-0,3	0,3
$u(x_i)$	0,8	0,5	0,5	0,8	0,6	0,5		0,6	0,0	0,5	1,0	0,0
$U(x_i)$	1,6	1,1	1,1	1,5	1,3	1,0		1,1	0,1	1,0	1,9	0,1

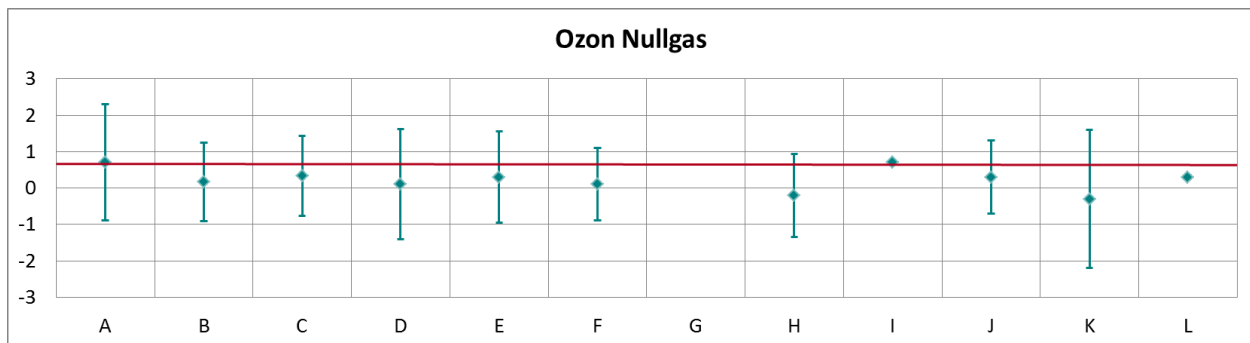


Abbildung 27: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für O₃-Nullgas (in ppb).

Tabelle 12: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 1.

Parameter: O₃, Konzentration 1 $x^* = 187,3$ $s^* = 1,64$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	186,7	185,3	187,4	181,2	188,0	186,0		188,0	187,8	188,1	185,8	182,8
$x_{i,2}$	187,5	186,5	188,4	183,3	188,9	187,0		189,0	188,7	188,7	187,1	184,9
$x_{i,3}$	188,0	187,2	188,8	184,4	189,4	187,6		189,0	189,2	189,2	187,9	186,2
X_i	187,4	186,3	188,2	183,0	188,8	186,9		188,7	188,6	188,7	186,9	184,6
S_i	0,62	0,94	0,72	1,63	0,71	0,81		0,58	0,71	0,55	1,06	1,72
$u(x_i)$	2,49	2,09	2,01	2,94	5,79	2,31		2,10	4,47	2,87	2,67	4,38
$U(x_i)$	4,98	4,18	4,03	5,87	11,59	4,61		4,20	8,94	5,73	5,34	8,76

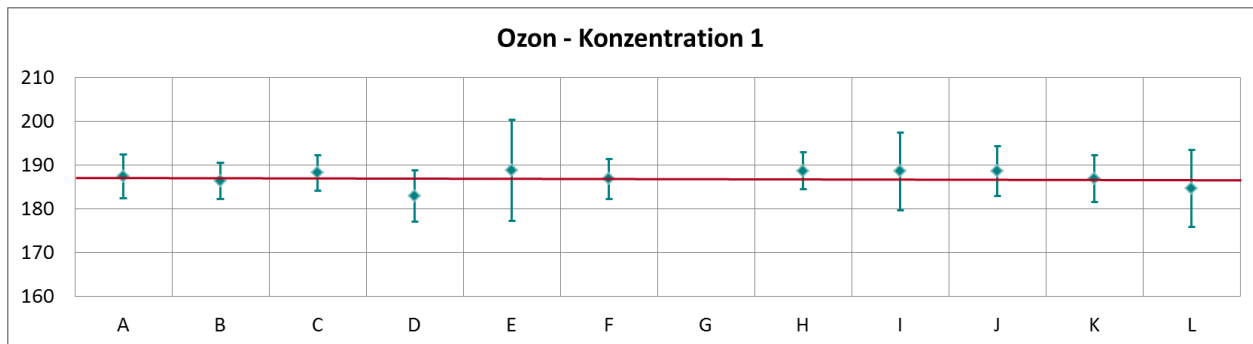


Abbildung 28: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 13: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 2.

Parameter: O₃, Konzentration 2 $x^* = 110,2$ $s^* = 0,79$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	110,0	108,9	110,2	108,0	110,4	109,6		110,0	110,7	110,7	109,8	108,9
$x_{i,2}$	110,3	109,6	110,6	108,5	110,9	110,0		110,0	111,1	111,0	110,2	109,5
$x_{i,3}$	110,7	110,0	110,9	109,0	111,1	110,3		111,0	111,3	111,2	110,3	109,9
X_i	110,3	109,5	110,5	108,5	110,8	110,0		110,3	111,0	111,0	110,1	109,4
S_i	0,34	0,56	0,34	0,50	0,36	0,35		0,58	0,31	0,25	0,26	0,50
$u(x_i)$	1,77	1,27	1,97	1,83	3,42	1,44		1,30	1,52	1,95	1,70	1,50
$U(x_i)$	3,54	2,55	3,93	3,65	6,85	2,89		2,60	3,03	3,91	3,40	3,00

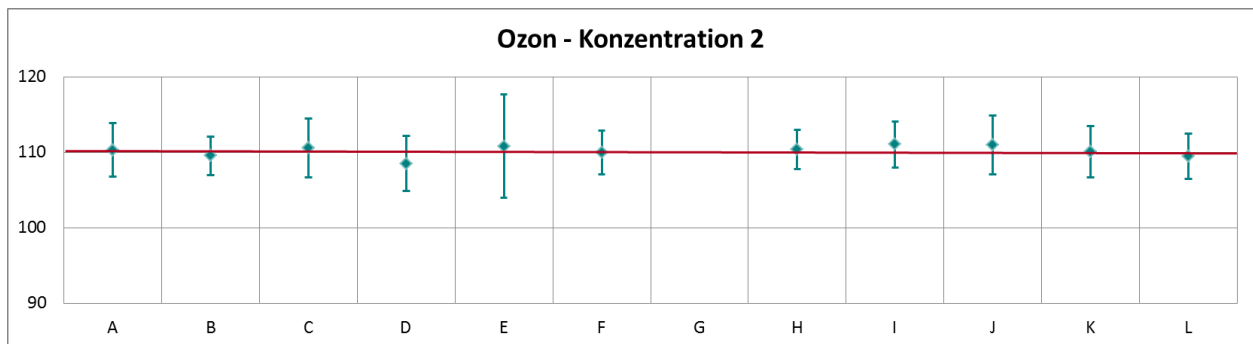


Abbildung 29: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 14: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 3.

Parameter: O₃, Konzentration 3 $x^* = 82,0$ $s^* = 0,54$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	82,2	81,4	82,2	81,0	82,5	81,9		82,3	82,6	82,4	81,7	81,5
$x_{i,2}$	82,3	81,5	82,3	81,1	82,6	82,0		82,1	82,8	82,5	81,8	81,8
$x_{i,3}$	82,2	81,6	82,3	81,1	82,5	81,9		82,3	82,6	82,3	81,6	81,7
X_i	82,2	81,5	82,3	81,1	82,5	81,9		82,2	82,7	82,4	81,7	81,7
S_i	0,08	0,11	0,10	0,06	0,06	0,06		0,12	0,12	0,10	0,10	0,15
$u(x_i)$	1,56	0,93	1,69	1,47	2,57	1,15		0,95	1,13	1,50	1,48	1,11
$U(x_i)$	3,12	1,85	3,38	2,94	5,14	2,30		1,90	2,26	3,00	2,96	2,22

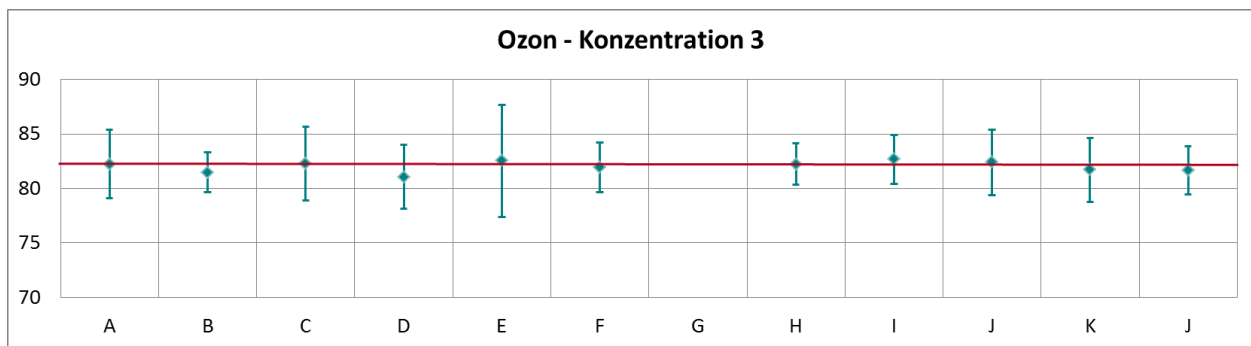


Abbildung 30: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 15: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 4.

Parameter: O₃, Konzentration 4 $x^* = 38,8$ $s^* = 0,3$

	Teilnehmer											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
$x_{i,1}$	39,1	38,4	38,7	38,3	38,9	38,5		38,5	39,2	39,0	38,4	38,5
$x_{i,2}$	39,2	38,6	38,9	38,5	39,1	38,7		38,6	39,4	39,2	38,5	38,7
$x_{i,3}$	39,2	38,7	39,1	38,6	39,2	38,8		38,7	39,5	39,0	38,5	38,9
X_i	39,1	38,5	38,9	38,5	39,1	38,7		38,6	39,4	39,1	38,5	38,7
S_i	0,10	0,19	0,19	0,15	0,15	0,15		0,12	0,15	0,12	0,06	0,20
$u(x_i)$	1,32	0,52	0,94	0,97	1,28	0,76		0,55	0,31	0,64	1,07	0,31
$U(x_i)$	2,64	1,05	1,87	1,93	2,56	1,53		1,10	0,62	1,28	2,14	0,62

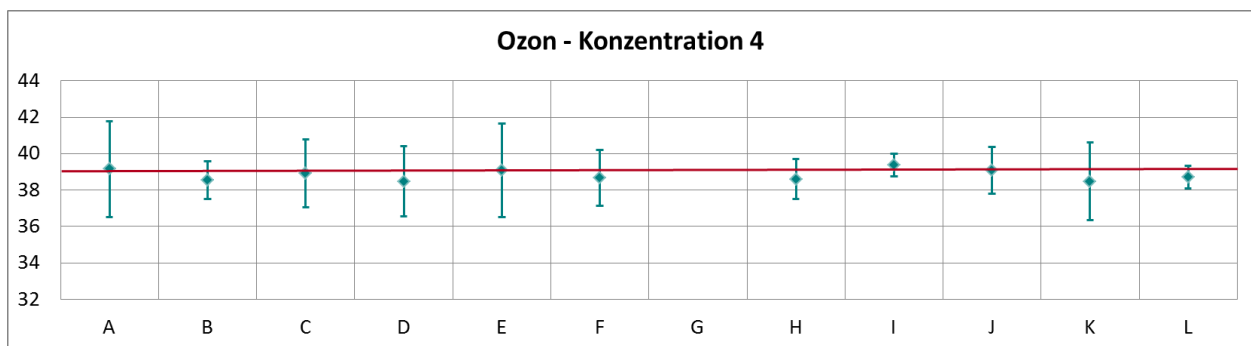


Abbildung 31: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 16: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 5.

Parameter: O₃, Konzentration 5 $x^* = 18,0$ $s^* = 0,30$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
$x_{i,1}$	18,33	17,8	17,96	17,7	18	17,8			17,7	18,4	18,1	17,5	17,9
$x_{i,2}$	18,49	17,95	18,14	17,7	18,2	17,9			17,8	18,5	18,2	17,7	18
$x_{i,3}$	18,57	18,03	18,07	17,8	18,2	18			17,9	18,6	18,4	17,6	18,1
X_i	18,5	17,9	18,1	17,7	18,1	17,9			17,8	18,5	18,2	17,6	18,0
S_i	0,12	0,12	0,09	0,06	0,12	0,10			0,10	0,10	0,15	0,10	0,10
$u(x_i)$	1,26	0,37	0,86	0,81	0,67	0,65			0,40	0,24	0,41	0,98	0,23
$U(x_i)$	2,52	0,73	1,71	1,63	1,34	1,29			0,80	0,48	0,82	1,96	0,46

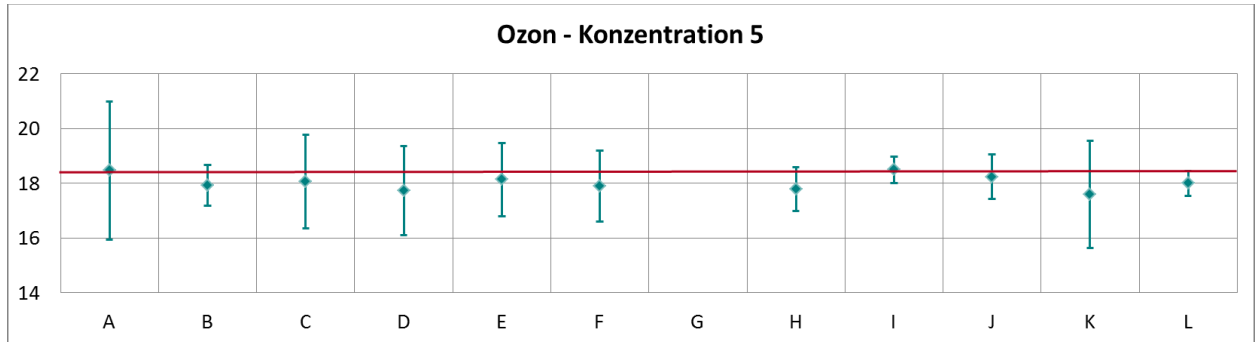


Abbildung 32: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 5 (in ppb).

Ergebnisse für NO

Tabelle 17: Ergebnisse für NO bei Konzentration Null (Nullgas).

Parameter: NO, Nullgas $x^* = 0,1$ $s^* = 0,19$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,3	0,3	0,0	0,0	0,4	0,5	0,3	0,0	0,6	0,1	0,0	0,2	-1,2
$x_{i,2}$	-0,1	-0,1	0,0	-0,2	0,5	0,0	0,2	-0,1	0,4	0,1	-0,2	0,1	-1,2
X_i	0,1	0,1	0,0	-0,1	0,5	0,3	0,3	0,0	0,5	0,1	-0,1	0,2	-1,2
S_i	0,3	0,3	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,6	0,6	0,3	0,6	0,7	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,5	0,2	1,0
$U(x_i)$	1,2	1,2	0,6	1,1	1,5	1,0	1,0	1,2	0,5	0,7	1,0	0,5	1,9

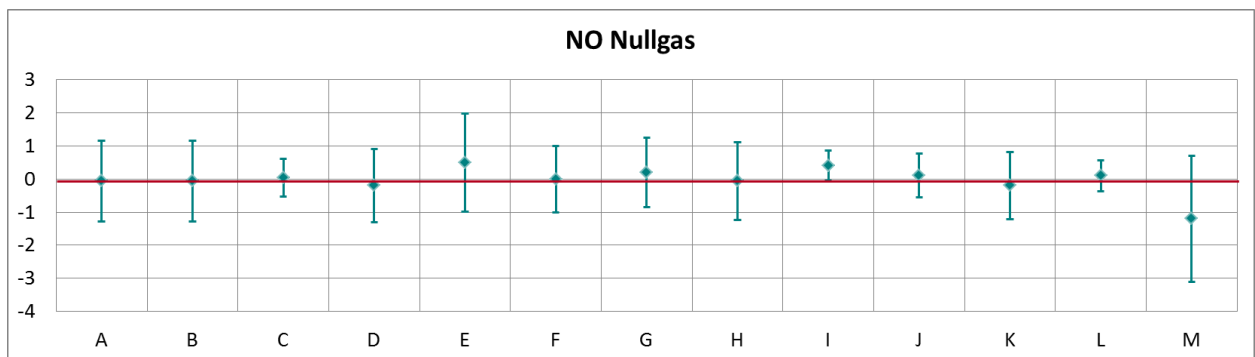


Abbildung 33: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration Null (Nullgas) (in ppb).

Tabelle 18: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 1.

Parameter: NO, Konzentration 1 $x^* = 464,9$ $s^* = 5,89$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	458,9	459,0	471,6	465,1	461,5	457,9	471,8	465,4	466,2	462,3	461,0	457,6	470,8
$x_{i,2}$	459,7	459,8	472,3	465,7	462,0	459,1	473,0	465,8	467,6	463,4	461,7	458,6	471,7
$x_{i,3}$	460,6	460,6	473,3	466,3	461,5	459,7	473,6	465,1	468,2	464,2	462,3	459,2	472,2
X_i	459,8	459,8	472,4	465,7	461,7	458,9	472,8	465,4	467,3	463,3	461,7	458,5	465,7
S_i	0,85	0,78	0,83	0,60	0,29	0,92	0,92	0,35	1,03	0,96	0,65	0,81	0,71
$u(x_i)$	4,76	4,76	5,84	4,85	13,65	5,13	4,85	4,80	5,03	7,11	2,29	4,94	8,26
$U(x_i)$	9,52	9,52	11,68	9,69	27,30	10,26	9,71	9,60	10,05	14,23	4,58	9,88	16,52

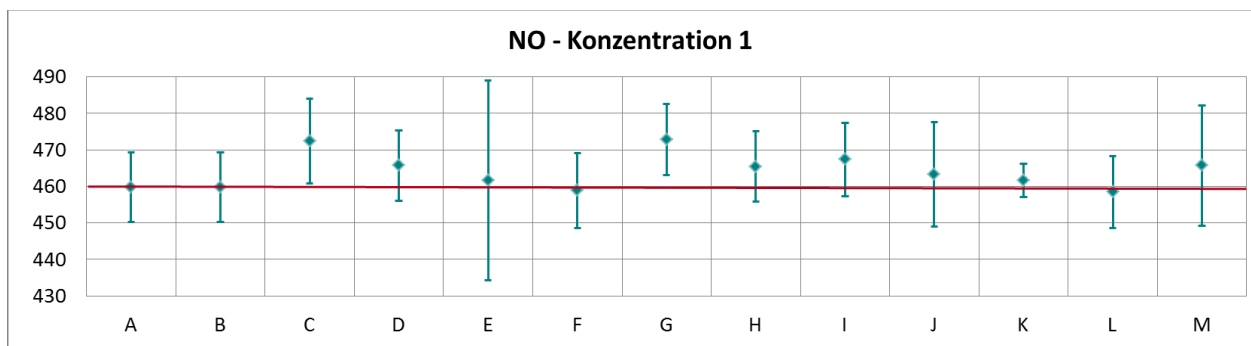


Abbildung 34: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 1 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 19: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 2.

Parameter: NO, Konzentration 2 $x^* = 416,5$ $s^* = 5,23$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	412,5	412,6	422,8	416,8	412,5	410,9	423,6	416,8	419,3	415,8	413,8	410,9	422,2
$x_{i,2}$	412,3	412,5	422,8	416,6	412,2	410,9	423,6	416,4	419,0	415,2	414,0	410,8	422,1
$x_{i,3}$	412,9	413,1	423,2	416,9	412,0	411,4	424,0	416,1	419,5	415,3	414,4	411,4	422,5
X_i	412,6	412,7	422,9	416,8	412,2	411,1	423,7	416,4	419,3	415,4	414,1	411,0	416,8
S_i	0,30	0,32	0,21	0,15	0,25	0,29	0,23	0,35	0,25	0,32	0,31	0,32	0,2
$u(x_i)$	4,22	4,22	4,42	4,37	12,21	4,59	4,30	4,10	4,55	6,35	2,03	4,47	7,4
$U(x_i)$	8,44	8,44	8,83	8,73	24,42	9,19	8,59	8,20	9,09	12,69	4,06	8,94	14,8

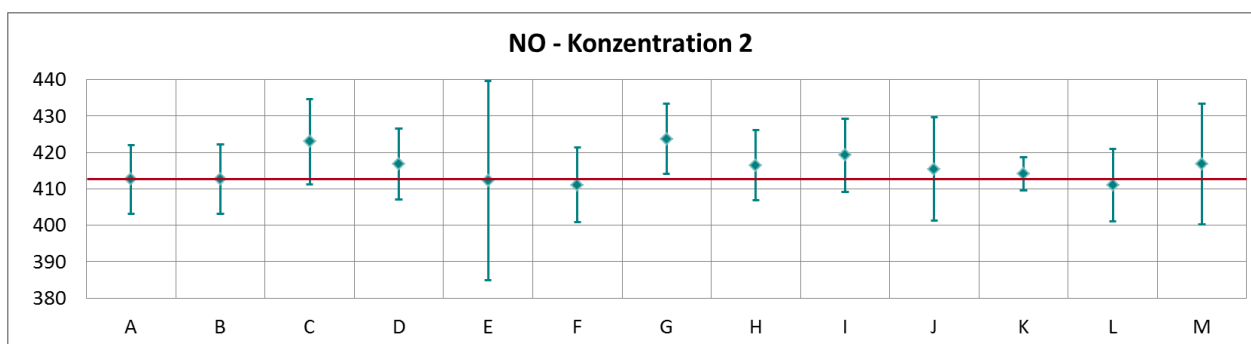


Abbildung 35: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 2 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 20: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 3.

Parameter: NO, Konzentration 3 $x^* = 357,2$ $s^* = 4,28$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	353,6	353,7	361,4	356,8	352,6	353,0	363,2	357,0	359,3	356,5	354,9	352,5	361,7
$x_{i,2}$	354,2	354,4	361,8	357,2	353,2	352,8	363,6	357,0	359,6	356,1	355,3	352,8	361,9
$x_{i,3}$	354,5	354,6	362,3	357,4	353,3	353,3	363,6	356,8	360,0	356,5	355,9	353,2	362,4
X_i	354,1	354,3	361,8	357,1	353,0	353,0	363,5	356,9	359,6	356,4	355,4	352,8	357,1
S_i	0,47	0,48	0,45	0,31	0,38	0,25	0,23	0,12	0,35	0,23	0,50	0,35	0,36
$u(x_i)$	3,64	3,64	2,97	3,72	10,56	3,95	3,69	3,44	3,74	5,47	1,78	3,68	6,37
$U(x_i)$	7,27	7,27	5,95	7,44	21,11	7,89	7,37	6,88	7,48	10,93	3,56	7,36	12,75

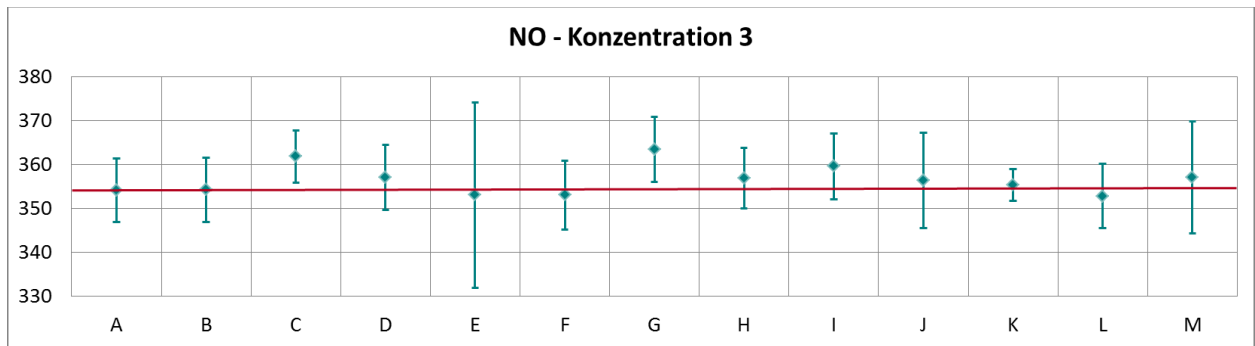


Abbildung 36: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 3 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 21: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 5.

Parameter: NO, Konzentration 5 $x^* = 865,0$ $s^* = 11,23$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	856,7	857,4	877,7	863,8	853,1	852,3	879,6	865	869,5	861	860,8	853,7	878,8
$x_{i,2}$	857,6	858,3	877,8	864,6	854,5	853,9	880,3	865	870,5	862,3	861,5	854,1	879,7
$x_{i,3}$	858,5	859,3	878,1	865,2	854,2	853,9	880,5	865,1	871,1	861,2	861,8	854,6	879,9
X_i	857,6	858,3	877,9	864,5	853,9	853,4	880,1	865,0	870,4	861,5	861,4	854,1	864,53
S_i	0,94	0,98	0,18	0,70	0,74	0,92	0,47	0,06	0,81	0,70	0,51	0,45	0,5859
$u(x_i)$	8,78	8,78	8,83	8,88	24,84	9,56	8,88	7,80	9,36	12,95	4,01	9,21	15,32
$U(x_i)$	17,55	17,57	17,66	17,76	49,69	19,13	17,76	15,60	18,72	25,90	8,02	18,42	30,65

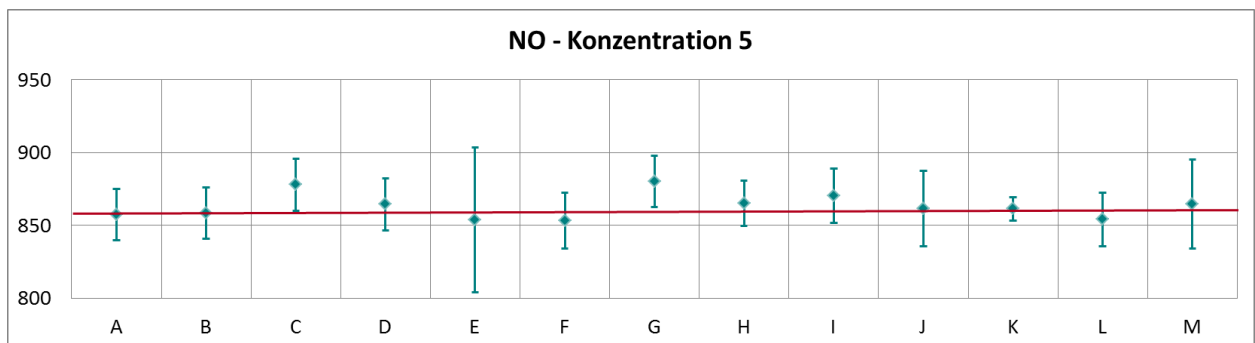


Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 5 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 22: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 6.

Parameter: NO, Konzentration 6 $x^* = 427,6$ $s^* = 5,59$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	423,9	424,4	434,5	426,9	421,2	421,9	434,9	429	430,2	426,7	425,7	422,0	433,9
$x_{i,2}$	423,9	424,3	434,4	427,1	421,2	421,7	434,9	429,1	430,3	426,4	425,8	422,1	434,2
$x_{i,3}$	423,8	424,2	434,4	427,0	421,4	421,8	434,2	428,8	430,1	426	425,7	422,4	434,2
X_i	423,9	424,3	434,4	427,0	421,3	421,8	434,7	429,0	430,2	426,4	425,7	422,2	427,0
S_i	0,10	0,08	0,02	0,10	0,12	0,10	0,40	0,15	0,10	0,35	0,06	0,21	0,17
$u(x_i)$	4,37	4,37	4,42	4,46	12,41	4,73	4,43	4,40	4,44	6,53	2,09	4,36	7,64
$U(x_i)$	8,74	8,75	8,83	8,91	24,83	9,45	8,87	8,80	8,88	13,05	4,18	8,72	15,27

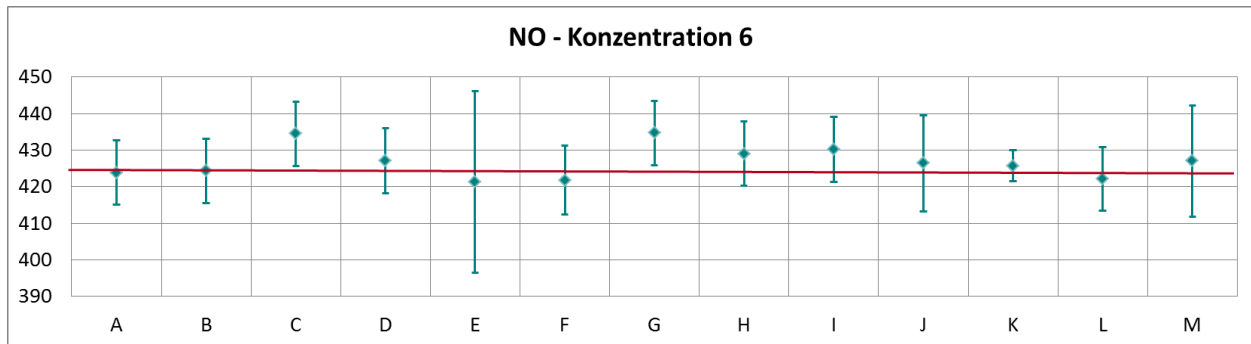


Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 6 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 23: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 7.

Parameter: NO, Konzentration 7 $x^* = 241,9$ $s^* = 2,83$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	241,8	242,0	246,3	242,7	239,7	240,6	248,2	244,0	244,9	242,8	242,1	240,8	246,3
$x_{i,2}$	240,0	240,3	244,4	240,8	238,1	238,7	246,3	242,2	243,3	240,7	240,2	239,0	244,5
$x_{i,3}$	239,3	239,6	243,9	240,2	237,4	238,3	245,5	241,6	242,5	240,2	239,9	238,6	243,9
X_i	240,4	240,6	244,9	241,2	238,4	239,2	246,7	242,6	243,6	241,2	240,7	239,5	241,2
S_i	1,27	1,26	1,30	1,31	1,18	1,23	1,39	1,25	1,22	1,38	1,19	1,17	1,25
$u(x_i)$	2,72	2,72	2,82	2,60	7,74	2,69	2,78	2,72	3,08	3,70	1,67	3,05	4,39
$U(x_i)$	5,44	5,45	5,64	5,20	15,48	5,38	5,57	5,44	6,16	7,39	3,34	6,10	8,78

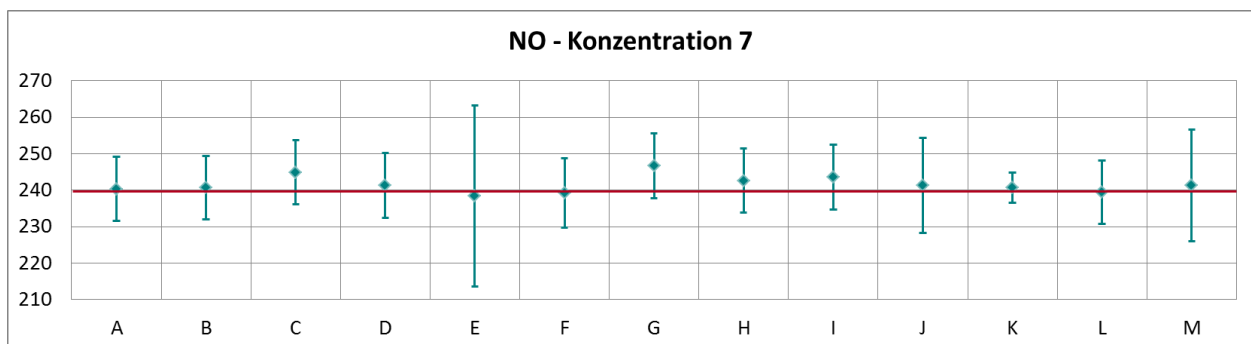


Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 7 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 24: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 8.

Parameter: NO, Konzentration 8

$x^* = 241,4$ $s^* = 3,36$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	239,1	239,4	245,2	240,6	237,0	237,8	245,2	243,0	242,9	239,4	239,8	238,0	244,6
$x_{i,2}$	239,5	239,8	245,7	241,0	237,3	238,3	245,8	242,8	243,2	240,5	240,4	238,4	244,9
$x_{i,3}$	239,7	240,1	246,2	241,0	237,2	238,5	245,9	242,0	243,4	240,4	240,5	238,7	245,2
X_i	239,4	239,8	245,7	240,9	237,2	238,2	245,6	242,6	243,2	240,1	240,2	238,4	240,9
S_i	0,33	0,34	0,49	0,23	0,15	0,36	0,38	0,53	0,25	0,61	0,38	0,35	0,30
$u(x_i)$	2,51	2,51	2,82	2,58	7,12	2,67	2,53	2,50	2,97	3,63	1,32	2,93	4,38
$U(x_i)$	5,02	5,03	5,64	5,16	14,23	5,33	5,05	5,00	5,93	7,27	2,64	5,86	8,76

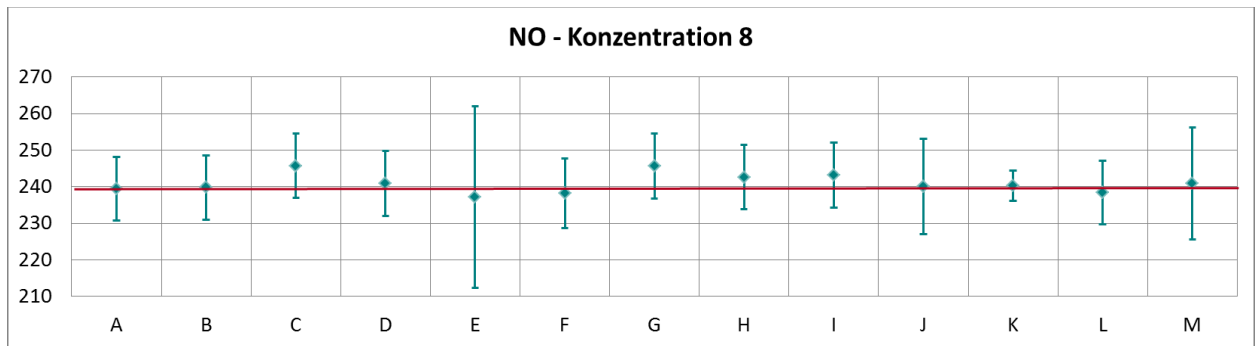


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 8 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 25: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 9.

Parameter: NO, Konzentration 9

$x^* = 132,1$ $s^* = 1,68$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	131,6	131,8	134,7	132,0	130,1	130,8	135,1	132,1	133,4	132,2	131,6	131,1	133,7
$x_{i,2}$	131,2	131,5	134,4	131,6	129,9	130,8	134,7	132,2	133,2	131,9	131,3	130,6	133,4
$x_{i,3}$	131,0	131,2	134,1	131,3	129,7	130,4	134,6	131,6	132,6	131,4	131,1	130,3	133
X_i	131,3	131,5	134,4	131,6	129,9	130,7	134,8	132,0	133,1	131,8	131,3	130,7	131,6
S_i	0,28	0,28	0,28	0,35	0,20	0,23	0,26	0,32	0,42	0,40	0,25	0,40	0,35
$u(x_i)$	1,42	1,43	1,94	1,52	4,07	1,47	1,44	1,43	2,13	2,01	0,81	2,11	2,51
$U(x_i)$	2,85	2,85	3,88	3,04	8,14	2,93	2,88	2,86	4,25	4,02	1,62	4,22	5,02

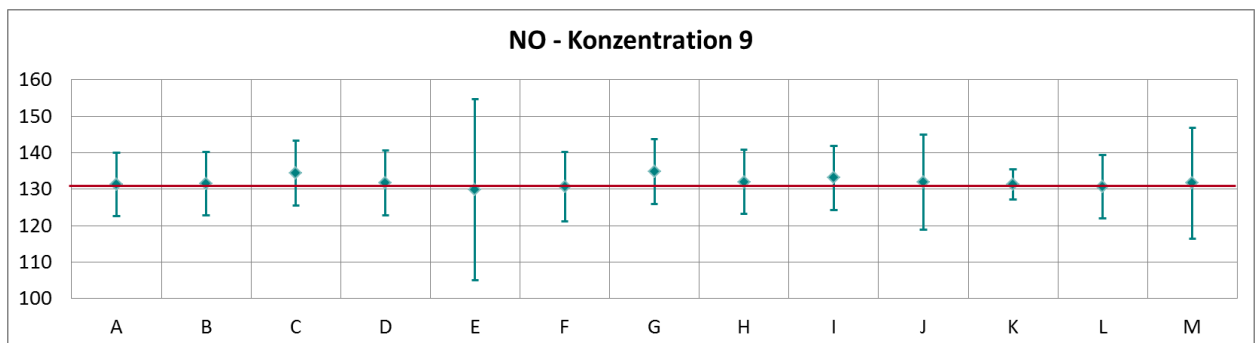


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 9 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 26: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 10.

Parameter: NO, Konzentration 10 $x^* = 121,9$ $s^* = 1,78$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	120,4	120,7	124,1	121,1	119,0	119,9	123,6	122,5	122,2	120,1	120,7	119,9	123
$x_{i,2}$	121,1	121,3	124,5	121,6	119,8	120,7	124,1	122,9	122,9	120,8	121,2	120,5	123,5
$x_{i,3}$	121,2	121,5	124,6	121,8	120,0	120,7	124,3	122,9	123,1	121,1	121,4	120,7	123,9
X_i	120,9	121,1	124,4	121,5	119,6	120,4	124,0	122,8	122,7	120,7	121,1	120,4	121,5
S_i	0,42	0,42	0,30	0,36	0,53	0,46	0,36	0,23	0,47	0,51	0,36	0,42	0,45
$u(x_i)$	1,34	1,35	1,94	1,41	3,89	1,34	1,35	1,30	2,06	1,87	0,82	2,05	2,36
$U(x_i)$	2,69	2,69	3,88	2,82	7,78	2,69	2,71	2,60	4,13	3,74	1,64	4,10	4,71

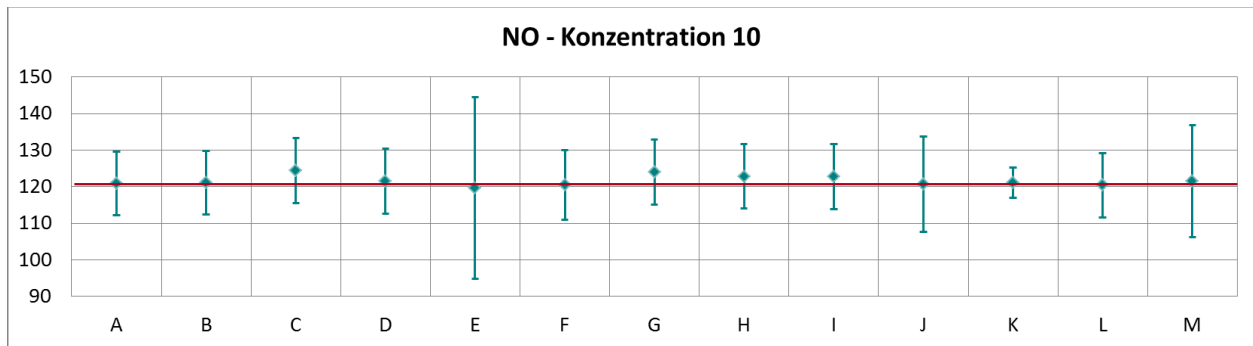


Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 10 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 27: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 11.

Parameter: NO, Konzentration 11 $x^* = 39,8$ $s^* = 0,47$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	39,5	39,5	40,3	39,3	39,2	39,3	40,4	39,8	39,9	39,2	39,1	39,3	39,5
$x_{i,2}$	39,7	39,8	40,5	39,4	39,5	39,6	40,8	40,0	40,3	39,6	39,3	39,4	39,7
$x_{i,3}$	39,8	39,9	40,8	39,6	39,8	39,7	41	40,2	40,5	40,0	39,6	39,7	39,8
X_i	39,6	39,7	40,5	39,4	39,5	39,5	40,7	40,0	40,2	39,6	39,3	39,5	39,4
S_i	0,17	0,17	0,23	0,15	0,30	0,21	0,31	0,20	0,31	0,40	0,25	0,21	0,15
$u(x_i)$	0,58	0,58	0,98	0,72	1,43	0,44	0,59	0,50	0,49	0,63	0,53	0,48	1,17
$U(x_i)$	1,15	1,15	1,97	1,45	2,87	0,88	1,18	1,00	0,98	1,25	1,06	0,96	2,34

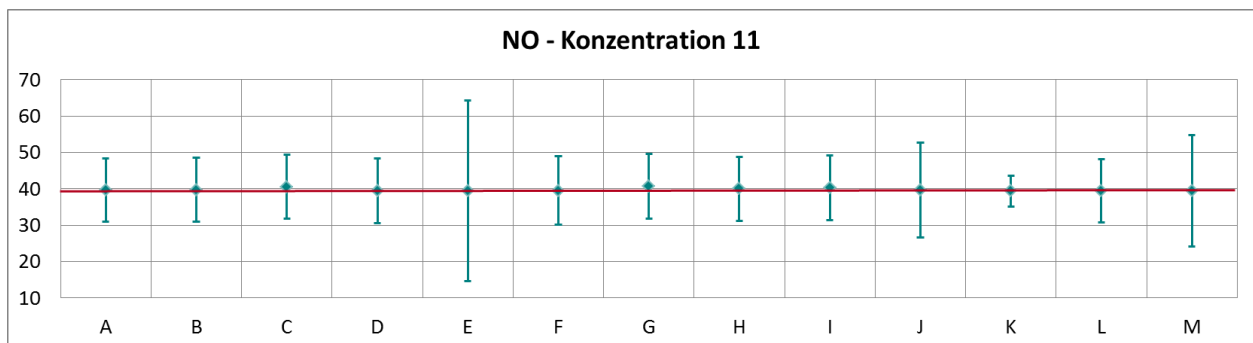


Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 11 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 28: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 12.

Parameter: NO, Konzentration 12

$x^* = 78,3$

$s^* = 1,17$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	77,3	77,5	79,3	77,6	76,2	77,0	79,3	78,4	78,5	76,3	77,2	76,8	78,9
$x_{i,2}$	78,1	78,3	80,1	78,3	77,2	77,7	80,1	78,5	79,4	77,5	78,0	77,5	79,6
$x_{i,3}$	78,2	78,4	79,4	78,6	77,2	78,0	80,3	78,6	79,7	77,5	78,1	77,8	79,8
X_i	77,9	78,1	79,6	78,2	76,9	77,6	79,9	78,5	79,2	77,1	77,8	77,4	78,2
S_i	0,50	0,50	0,43	0,51	0,58	0,51	0,53	0,10	0,62	0,69	0,49	0,51	0,47
$u(x_i)$	1,05	1,06	1,00	1,06	2,79	0,87	1,02	1,04	0,95	1,25	0,78	0,93	1,70
$U(x_i)$	2,11	2,11	2,00	2,12	5,58	1,74	2,05	2,08	1,89	2,51	1,56	1,86	3,40

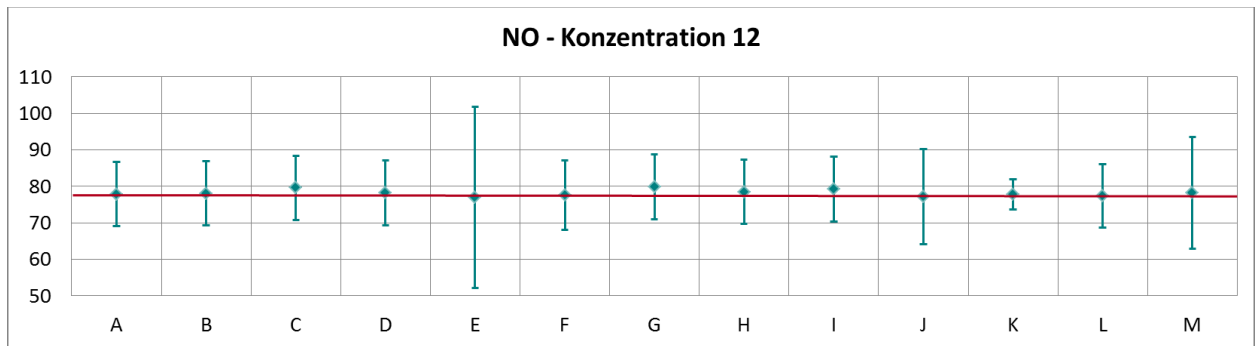


Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 12 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 29: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 13.

Parameter: NO, Konzentration 13

$x^* = 40,4$

$s^* = 0,59$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	40,7	40,8	41,5	40,7	40,4	40,6	41,80	41,00	41,6	40,0	40,5	40,4	41,2
$x_{i,2}$	40,1	40,2	40,9	40,1	39,8	39,8	41,20	40,40	40,9	39,6	39,8	39,9	40,5
$x_{i,3}$	40,1	40,2	40,9	39,9	39,8	39,7	41,00	40,40	40,8	39,6	39,7	39,7	40,2
X_i	40,3	40,4	41,1	40,2	40,0	40,0	41,3	40,6	41,1	39,7	40,0	40,0	40,2
S_i	0,35	0,35	0,38	0,42	0,35	0,49	0,42	0,35	0,44	0,23	0,44	0,36	0,51
$u(x_i)$	0,67	0,67	0,98	0,73	1,50	0,45	0,66	0,60	0,55	0,66	0,61	0,55	1,18
$U(x_i)$	1,34	1,34	1,97	1,45	2,99	0,90	1,31	1,20	1,11	1,32	1,22	1,10	2,36

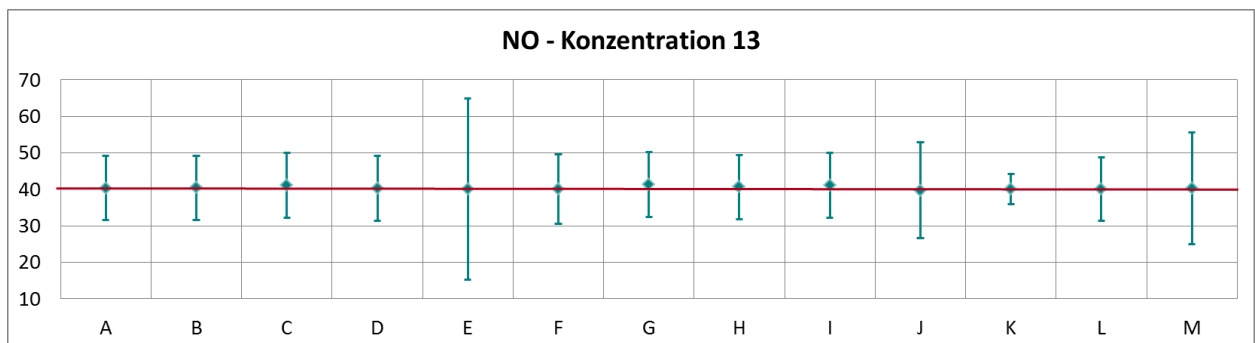


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 13 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 30: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 14.

Parameter: NO, Konzentration 14 $x^* = 40,0$ $s^* = 0,64$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	38,8	38,9	39,4	38,7	38,1	38,6	39,6	38,9	39,5	37,2	38,4	38,3	39,2
$x_{i,2}$	40,5	40,7	41,2	40,5	39,8	40,4	41,1	40,5	41,3	39,4	40,3	40,2	41,2
$x_{i,3}$	40,7	40,8	41,4	40,6	40,1	40,4	41,5	40,7	41,4	39,7	40,4	40,3	41,2
X_i	40,0	40,1	40,7	39,9	39,3	39,8	40,7	40,0	40,7	38,8	39,7	39,6	39,9
S_i	1,04	1,05	1,13	1,07	1,08	1,04	1,00	0,99	1,07	1,37	1,13	1,13	1,15
$u(x_i)$	1,32	1,32	0,98	1,02	2,34	0,45	1,26	1,33	1,07	0,96	1,33	1,07	1,40
$U(x_i)$	2,63	2,63	1,97	2,05	4,68	0,90	2,53	2,66	2,15	1,92	2,66	2,14	2,80

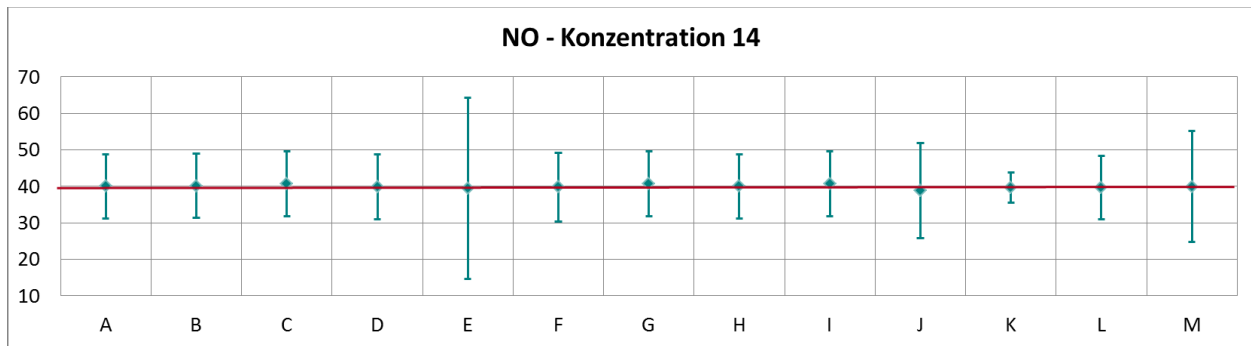


Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 14 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 31: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 15.

Parameter: NO, Konzentration 15 $x^* = 22,9$ $s^* = 0,41$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	23,2	23,2	23,4	22,9	22,7	22,9	23,5	23,0	23,5	22,2	22,6	22,7	23,0
$x_{i,2}$	23,1	23,1	23,3	22,7	22,6	22,5	23,5	22,9	23,4	22,4	22,6	22,9	22,9
$x_{i,3}$	22,9	23,0	23,3	22,8	22,7	22,8	23,5	22,9	23,5	22,3	22,7	22,6	22,9
X_i	23,0	23,1	23,3	22,8	22,7	22,7	23,5	22,9	23,5	22,3	22,6	22,7	22,8
S_i	0,13	0,13	0,05	0,10	0,06	0,21	0,00	0,06	0,06	0,10	0,06	0,15	0,06
$u(x_i)$	0,50	0,50	0,55	0,60	0,81	0,26	0,42	0,48	0,32	0,36	0,45	0,32	1,03
$U(x_i)$	1,01	1,01	1,11	1,20	1,62	0,51	0,84	0,96	0,65	0,72	0,90	0,64	2,05

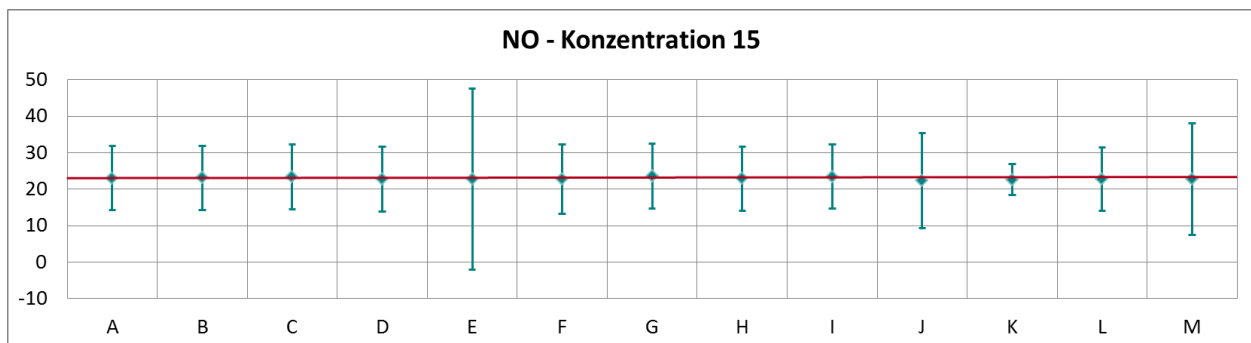


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 15 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 32: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 16.

Parameter: NO, Konzentration 16

$x^* = 45,4$

$s^* = 0,78$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	43,9	44,0	44,8	43,9	43,1	43,6	45,1	44,3	44,7	42,1	43,5	43,5	44,3
$x_{i,2}$	45,9	46,1	46,9	46,1	45,1	45,9	47	46,3	46,8	44,7	45,7	45,6	46,4
$x_{i,3}$	46,1	46,3	47,1	46,3	45,3	46,0	47,3	46,6	47,0	45,0	46,0	45,7	46,6
X_i	45,3	45,4	46,3	45,4	44,5	45,2	46,5	45,7	46,2	43,9	45,1	44,9	45,4
S_i	1,25	1,26	1,26	1,33	1,22	1,36	1,19	1,25	1,27	1,59	1,37	1,24	1,27
$u(x_i)$	1,45	1,45	0,98	1,07	2,56	0,50	1,37	1,40	1,22	1,09	1,58	1,22	1,46
$U(x_i)$	2,91	2,91	1,97	2,15	5,12	1,00	2,75	2,80	2,45	2,18	3,16	2,44	2,93

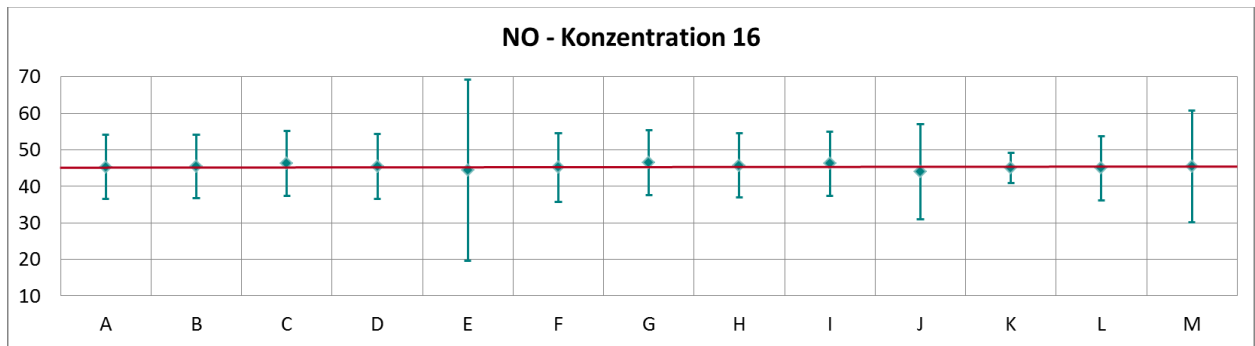


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 16 mit Interferenzen (in ppb).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO mit Interferenzen bei Konzentration 17.

Parameter: NO, Konzentration 17

$x^* = 0,2$

$s^* = 0,31$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,5	0,5	0,4	0,0	0,7	0,3	0,5	0,1	0,4	0,0	-0,1	0,3	-0,2
$x_{i,2}$	0,5	0,5	0,4	0,1	0,7	0,4	0,4	0,1	0,5	0,0	0,0	0,3	-0,2
$x_{i,3}$	0,5	0,5	0,4	0,1	0,8	0,4	0,4	0,1	0,4	-0,2	0,0	0,3	-0,3
X_i	0,5	0,5	0,4	0,1	0,7	0,4	0,4	0,1	0,4	-0,1	0,0	0,3	0,1
S_i	0,02	0,02	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,06	0,12	0,06	0,00	0,06
$u(x_i)$	0,38	0,38	0,32	0,57	0,74	0,50	0,52	0,40	0,21	0,33	0,41	0,21	0,93
$U(x_i)$	0,77	0,77	0,64	1,15	1,49	1,00	1,05	0,80	0,43	0,65	0,82	0,42	1,86

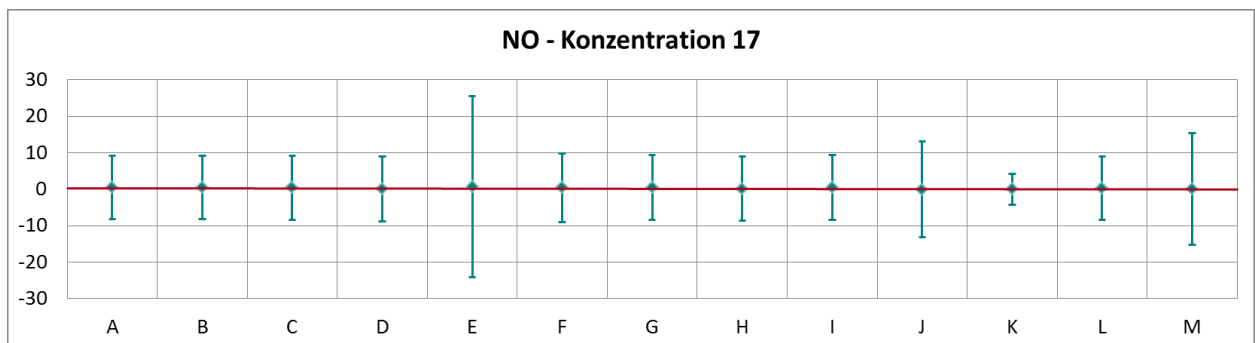


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 17 mit Interferenzen (in ppb).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 34: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration Null (Nullgas).

Parameter: NO₂, Konzentration Null (Nullgas) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	0,1	0,1	0,7	-0,4	-0,2	0,0	0,2	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,9	
$u(x_i)$	0,5	0,3	0,3	0,6	1,0	0,5	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	1,3	
$U(x_i)$	1,0	0,6	0,6	1,1	2,0	1,0	1,1	0,6	0,4	0,7	0,8	0,4	2,7	

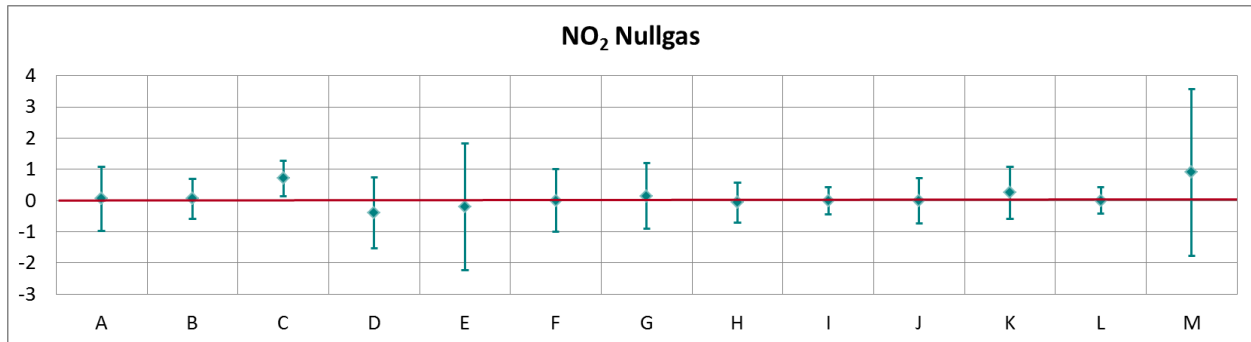


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration Null (Nullgas) in ppb.

Tabelle 35: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 1.

Parameter: NO₂, Konzentration 1 $x^* = 1,8$ $s^* = 1,83$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	10,6	10,6	13,9	9,8	8,4	13,1	9,9	10,3	8,3	9,3	11,7	9,7	11,2	
$x_{i,2}$	9,4	9,4	13,1	8,7	7,3	12,0	8,6	9,3	6,9	8,6	10,3	8,4	10,2	
$x_{i,3}$	9,2	9,2	13,1	8,3	7,2	11,6	8,2	9,3	6,7	7,3	10,2	8,0	9,8	
\bar{X}_i	9,7	9,7	13,4	8,9	7,6	12,2	8,9	9,6	7,3	8,4	10,7	8,7	10,4	
S_i	0,75	0,75	0,47	0,78	0,67	0,78	0,89	0,58	0,87	1,01	0,84	0,89	0,72	
$u(x_i)$	1,68	0,86	0,35	0,76	1,47	0,13	0,94	0,82	0,73	0,94	0,89	0,73	1,39	
$U(x_i)$	3,35	1,73	0,69	1,51	2,93	0,26	1,88	1,64	1,45	1,87	1,78	1,46	2,78	

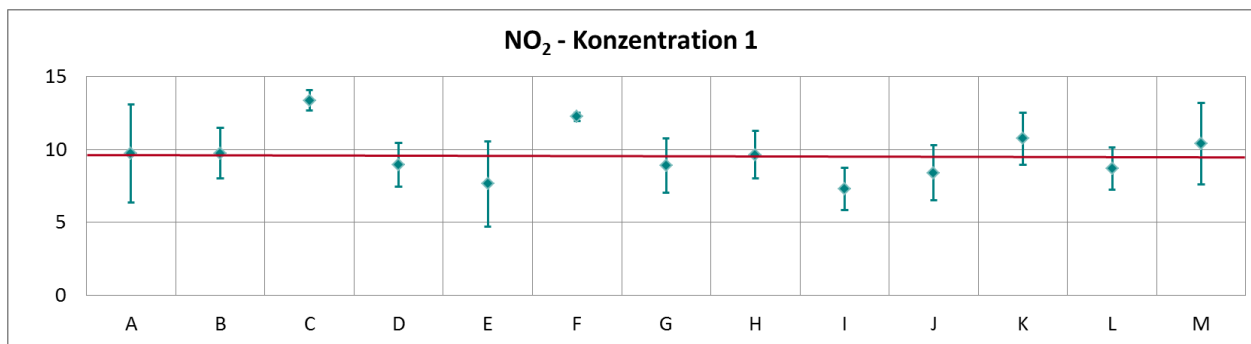


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 36: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 2.

Parameter: NO₂, Konzentration 2 $x^* = 57,8$ $s^* = 2,00$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	57,2	57,2	61,7	57,2	54,9	59,6	57,3	58,1	55,5	56,3	58,4	56,3	59,7
$x_{i,2}$	57,4	57,5	61,8	57,4	54,7	59,7	57,7	58,4	55,9	57,0	58,6	56,5	59,9
$x_{i,3}$	57,8	57,8	62,6	57,8	55,2	60,1	58,0	58,0	56,1	56,5	59,1	56,8	60,3
X_i	57,5	57,5	62,0	57,5	54,9	59,8	57,7	58,2	55,8	56,6	58,7	56,5	60,0
S_i	0,29	0,30	0,50	0,31	0,25	0,26	0,35	0,21	0,31	0,36	0,36	0,25	0,3
$u(x_i)$	1,07	0,76	0,94	1,08	2,63	0,67	0,80	0,67	0,66	1,10	0,64	0,67	1,8
$U(x_i)$	2,15	1,51	1,87	2,15	5,26	1,34	1,61	1,34	1,32	2,20	1,28	1,34	3,6

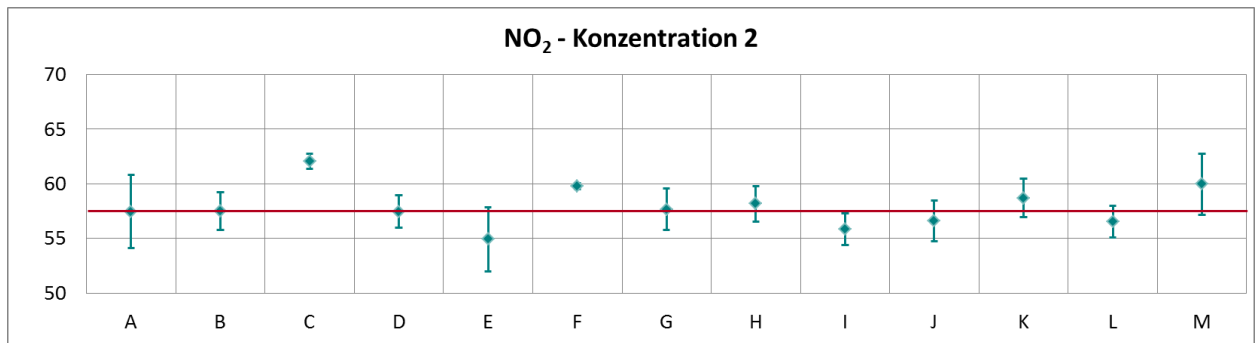


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 37: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 3.

Parameter: NO₂, Konzentration 3 $x^* = 118,0$ $s^* = 2,49$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	116,6	116,7	121,8	117,4	113,5	118,8	118,2	118,0	115,9	116,6	118,3	115,5	121,3
$x_{i,2}$	117,0	117,1	122,4	117,8	113,6	119,5	118,5	118,0	116,5	117,6	118,8	115,8	121,9
$x_{i,3}$	117,5	117,6	122,4	118,0	114,3	119,2	119,0	118,3	116,8	118,0	119,0	116,0	122,1
X_i	117,0	117,1	122,2	117,7	113,8	119,2	118,6	118,1	116,4	117,4	118,7	115,8	121,8
S_i	0,42	0,43	0,33	0,31	0,44	0,35	0,40	0,17	0,46	0,72	0,36	0,25	0,42
$u(x_i)$	1,61	1,31	1,91	1,79	4,35	1,33	1,31	1,31	1,64	2,24	0,82	1,64	2,79
$U(x_i)$	3,22	2,62	3,81	3,58	8,71	2,66	2,62	2,62	3,28	4,48	1,64	3,28	5,57

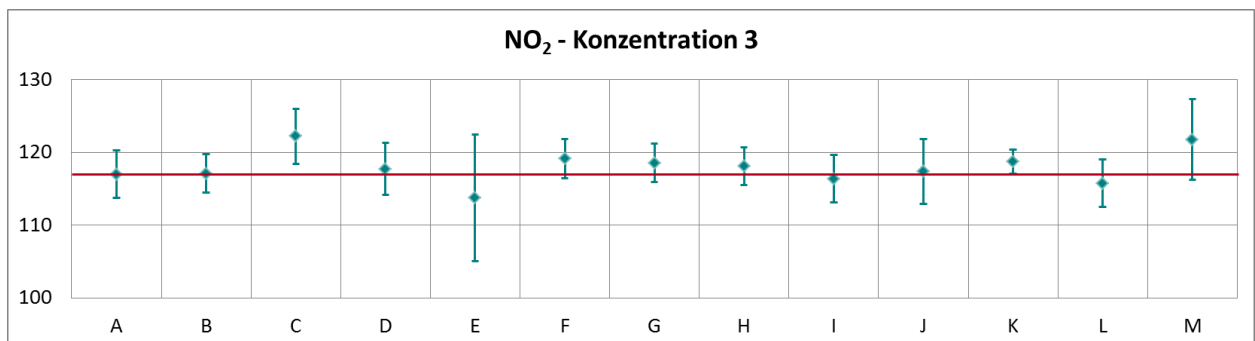


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 5.

Parameter: NO₂, Konzentration 5 $x^* = 8,4$ $s^* = 3,39$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	9,9	10,1	14,5	8,6	6,9	14,0	7,7	10,3	5,2	6,9	11,1	5,4	9,9
$x_{i,2}$	8,9	9,1	13,3	7,8	5,1	12,6	6,7	9,3	4,2	4,0	10,1	4,7	9,0
$x_{i,3}$	8,5	8,7	13,2	7,4	5,3	12,3	6,5	9,0	3,8	6,1	9,7	4,2	8,7
X_i	9,1	9,3	13,7	7,9	5,8	13,0	7,0	9,5	4,4	5,7	10,3	4,8	9,2
S_i	0,70	0,69	0,72	0,61	0,99	0,91	0,64	0,68	0,72	1,50	0,72	0,60	0,62
$u(x_i)$	1,72	0,88	0,56	0,68	1,65	0,15	0,71	0,90	0,57	1,21	0,88	0,57	1,39
$U(x_i)$	3,43	1,77	1,11	1,36	3,29	0,30	1,41	1,80	1,14	2,42	1,76	1,14	2,78

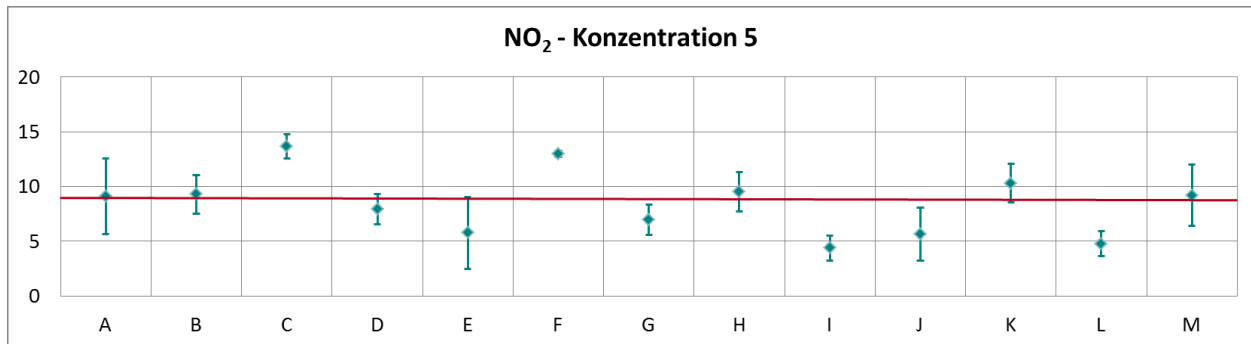


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 6.

Parameter: NO₂, Konzentration 6 $x^* = 4,0$ $s^* = 1,76$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	4,2	4,3	7,5	3,6	2,6	6,1	3,5	3,7	2,0	2,2	5,1	2,0	4,9
$x_{i,2}$	4,4	4,5	7,9	3,7	2,7	6,2	3,7	4,2	2,0	2,8	5,1	2,2	5,1
$x_{i,3}$	4,5	4,6	7,7	3,9	2,4	6,5	3,7	3,8	2,1	2,7	5,3	2,1	5,1
X_i	4,4	4,5	7,7	3,7	2,6	6,3	3,6	3,9	2,0	2,6	5,2	2,1	5,0
S_i	0,17	0,17	0,21	0,15	0,15	0,21	0,12	0,26	0,06	0,32	0,12	0,10	0,12
$u(x_i)$	0,99	0,53	0,26	0,60	0,90	0,30	0,33	0,50	0,25	0,90	0,49	0,25	1,34
$U(x_i)$	1,97	1,06	0,52	1,20	1,80	0,60	0,66	1,00	0,50	1,80	0,98	0,50	2,68

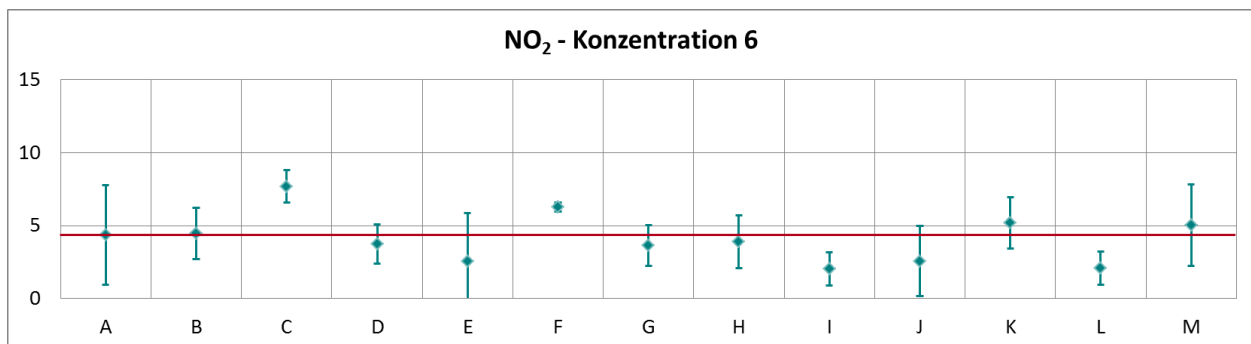


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 7.

Parameter: NO₂, Konzentration 7

$x^* = 195,3$

$s^* = 2,54$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	191,9	192,3	197,0	193,5	187,0	193,2	195,2	195,2	192,9	194,0	194,2	191,0	199,8
$x_{i,2}$	193,7	194,1	198,9	195,4	188,8	195,1	197,0	197,0	194,8	195,9	196,0	192,9	201,7
$x_{i,3}$	194,5	194,8	199,9	195,9	189,5	195,9	197,8	197,4	195,6	195,8	196,8	193,6	202,4
X_i	193,4	193,7	198,6	194,9	188,4	194,7	196,7	196,5	194,4	195,2	195,7	192,5	201,3
S_i	1,30	1,31	1,49	1,27	1,29	1,39	1,33	1,17	1,39	1,07	1,33	1,35	1,35
$u(x_i)$	3,18	2,32	2,41	2,89	6,46	2,18	2,32	2,44	2,42	3,18	1,59	2,41	4,28
$U(x_i)$	6,37	4,64	4,82	5,79	12,93	4,37	4,63	4,88	4,85	6,36	3,18	4,82	8,55

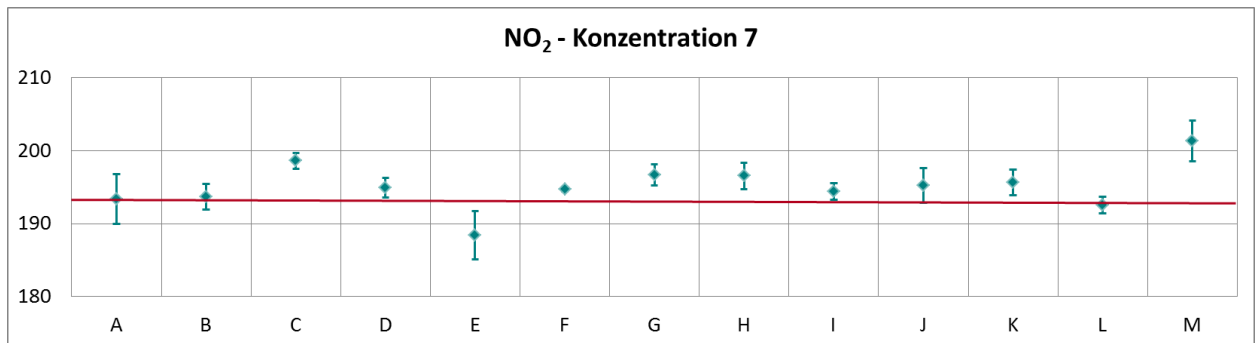


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 8.

Parameter: NO₂, Konzentration 8

$x^* = 3,2$

$s^* = 1,37$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	2,9	3,0	5,9	2,5	1,8	4,1	2,5	2,7	1,5	2,3	3,5	1,6	3,7
$x_{i,2}$	3,0	3,1	6,0	2,4	1,8	3,9	2,4	2,7	1,5	1,8	3,5	1,6	3,8
$x_{i,3}$	2,9	3,0	6,0	2,6	2,3	4,1	2,6	2,7	1,5	1,9	3,6	1,7	3,8
X_i	2,9	3,0	6,0	2,5	2,0	4,0	2,5	2,7	1,5	2,0	3,5	1,6	3,8
S_i	0,06	0,06	0,05	0,10	0,29	0,12	0,10	0,00	0,00	0,26	0,06	0,06	0,06
$u(x_i)$	0,58	0,35	0,70	0,59	0,80	0,30	0,53	0,35	0,28	0,73	0,47	0,28	1,34
$U(x_i)$	1,17	0,70	1,39	1,17	1,61	0,60	1,06	0,70	0,56	1,46	0,94	0,56	2,67

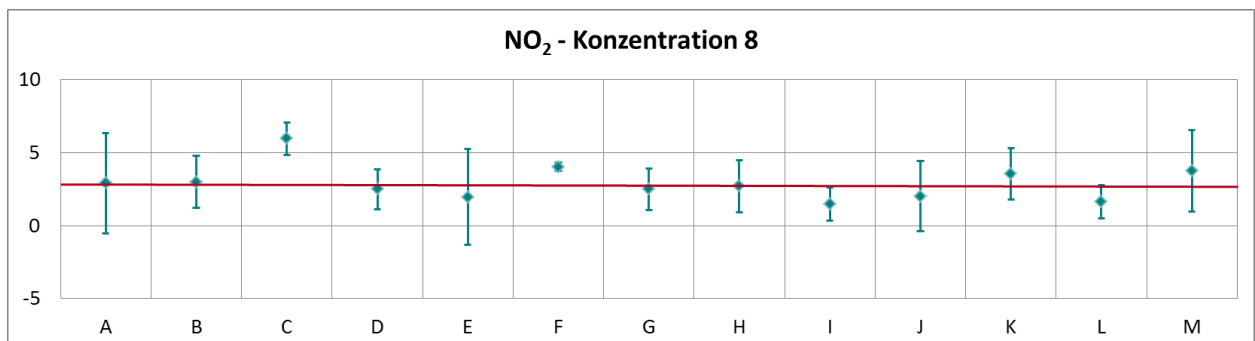


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 42: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 9.

Parameter: NO₂, Konzentration 9 $x^* = 115,7$ $s^* = 2,03$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	114,2	114,4	118,4	114,9	111,1	115,3	116,1	116,5	114,7	114,5	115,5	113,6	119,1
$x_{i,2}$	114,5	114,7	118,9	115,2	111,2	115	116,4	116,8	115,0	115,0	115,9	114,0	119,3
$x_{i,3}$	114,4	114,7	118,8	115,0	110,9	114,7	116,3	116,8	115,1	115,4	116,0	113,8	119,7
X_i	114,3	114,6	118,7	115,0	111,1	115,0	116,3	116,7	114,9	115,0	115,8	113,8	119,4
S_i	0,16	0,16	0,27	0,15	0,15	0,30	0,15	0,17	0,21	0,45	0,26	0,20	0,31
$u(x_i)$	1,42	1,24	1,79	1,74	3,80	1,29	1,25	1,25	1,59	1,94	0,78	1,58	2,74
$U(x_i)$	2,85	2,47	3,58	3,48	7,60	2,58	2,51	2,50	3,19	3,88	1,56	3,16	5,49

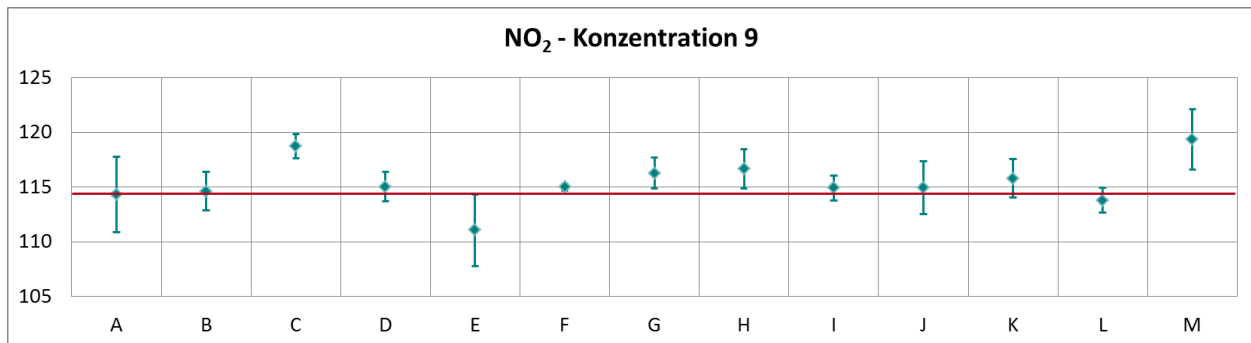


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 10.

Parameter: NO₂, Konzentration 10 $x^* = 1,3$ $s^* = 0,66$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	1,2	1,2	4,2	0,8	0,9	1,6	1,0	1,1	1,1	0,8	1,9	0,6	2,1
$x_{i,2}$	1,3	1,3	4,5	1,1	0,7	1,7	1,2	1,1	0,6	1,0	1,8	0,7	2,1
$x_{i,3}$	1,3	1,3	4,6	1,1	0,8	2,4	1,2	1,1	0,8	0,4	1,8	0,8	2,1
X_i	1,2	1,3	4,4	1,0	0,8	1,9	1,1	1,1	0,7	0,7	1,8	0,7	2,1
S_i	0,04	0,05	0,22	0,17	0,10	0,44	0,12	0,00	0,14	0,31	0,06	0,10	0,00
$u(x_i)$	0,58	0,35	0,59	0,57	0,58	0,30	0,54	0,33	0,27	0,61	0,41	0,27	1,32
$U(x_i)$	1,17	0,70	1,19	1,13	1,16	0,60	1,08	0,66	0,53	1,22	0,82	0,54	2,64

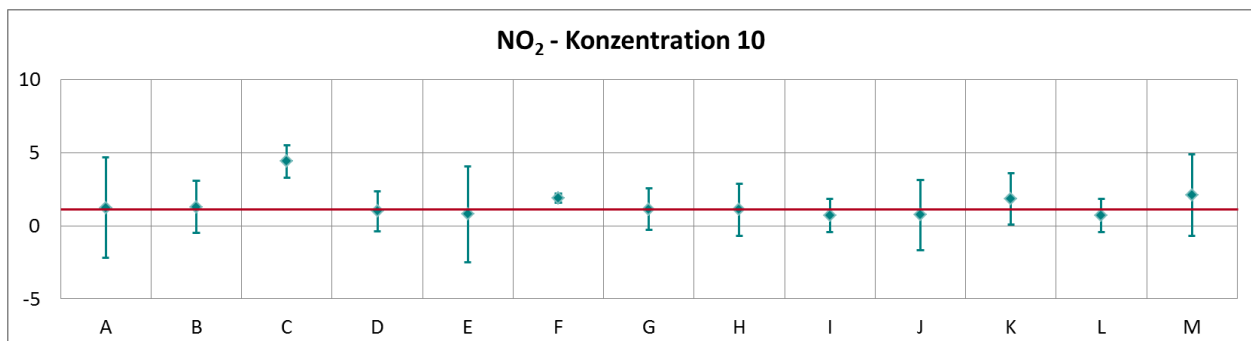


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 11.

Parameter: NO₂, Konzentration 11

$x^* = 85,4$

$s^* = 1,27$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	84,6	84,8	88,2	85,2	81,7	85,0	86,2	85,8	85,3	84,8	85,7	84,5	88,6
$x_{i,2}$	84,6	84,9	88,2	85,2	81,7	84,9	86,1	85,8	85,2	85,2	85,5	84,4	88,5
$x_{i,3}$	84,3	84,6	88,2	84,9	81,7	84,5	85,9	85,9	85,1	84,7	85,4	84,4	88,3
X_i	84,5	84,8	88,2	85,1	81,7	84,8	86,1	85,8	85,2	84,9	85,5	84,4	88,5
S_i	0,17	0,17	0,02	0,17	0,00	0,26	0,15	0,06	0,10	0,26	0,15	0,06	0,15
$u(x_i)$	1,09	0,94	1,10	1,35	2,67	0,95	0,94	0,99	1,38	1,48	0,66	1,37	2,22
$U(x_i)$	2,19	1,87	2,21	2,69	5,34	1,90	1,89	1,98	2,76	2,97	1,32	2,74	4,44

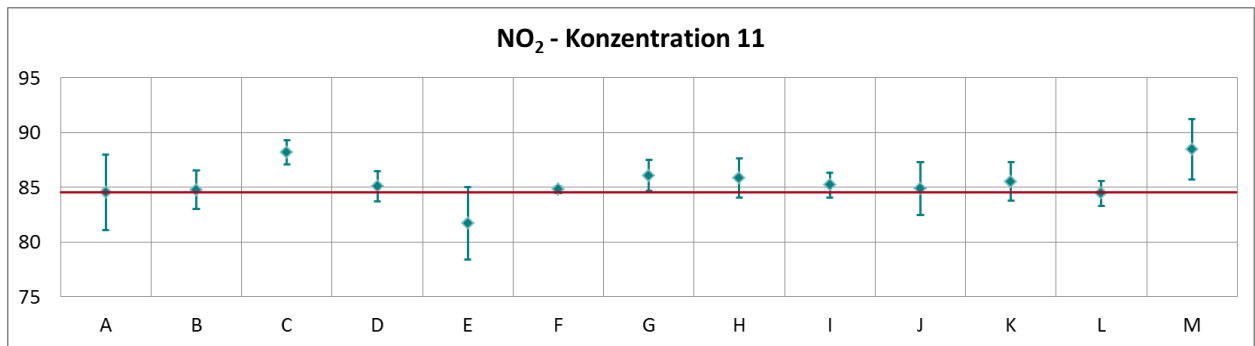


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 12.

Parameter: NO₂, Konzentration 12

$x^* = 0,9$

$s^* = 0,48$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,8	0,9	3,9	0,6	0,6	1,2	0,7	0,6	0,5	0,7	1,2	0,7	1,7
$x_{i,2}$	0,8	0,8	3,8	0,5	0,5	1,3	0,6	0,6	0,4	0,4	1,3	0,4	1,8
$x_{i,3}$	0,8	0,8	2,1	0,6	0,6	1,0	0,7	0,6	0,5	0,5	1,3	0,3	1,7
X_i	0,8	0,8	3,2	0,6	0,6	1,2	0,7	0,6	0,5	0,5	1,3	0,5	1,7
S_i	0,03	0,03	1,00	0,06	0,06	0,15	0,06	0,00	0,06	0,15	0,06	0,21	0,06
$u(x_i)$	0,62	0,36	0,32	0,58	1,13	0,30	0,54	0,44	0,25	0,46	0,45	0,25	1,33
$U(x_i)$	1,24	0,73	0,64	1,17	2,25	0,60	1,08	0,88	0,49	0,92	0,90	0,50	2,65

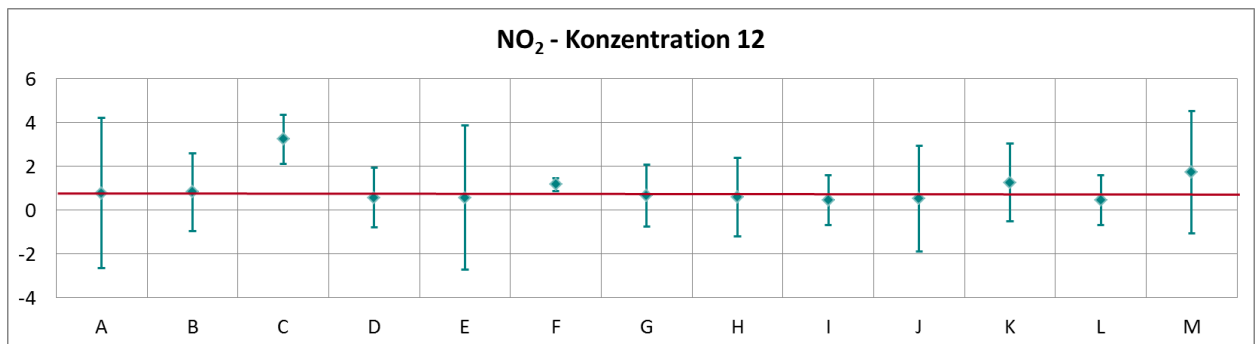


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 12 (in ppb).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 13.

Parameter: NO₂, Konzentration 13 $x^* = 40,4$ $s^* = 0,81$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	39,5	39,6	41,5	39,6	38,0	40,0	40,3	40,2	39,7	39,5	40,2	39,4	41,7
$x_{i,2}$	40,1	40,2	42,3	40,2	38,6	40,4	40,9	40,8	40,5	40,1	40,9	40,0	42,6
$x_{i,3}$	40,4	40,5	42,5	40,4	38,5	40,7	41,1	40,9	40,5	40,0	41,0	40,2	42,8
X_i	40,0	40,1	42,1	40,1	38,4	40,4	40,8	40,6	40,2	39,9	40,7	39,9	42,4
S_i	0,44	0,45	0,56	0,42	0,32	0,35	0,42	0,38	0,46	0,32	0,44	0,42	0,59
$u(x_i)$	1,06	0,66	0,94	0,85	1,53	0,45	0,63	0,62	0,56	0,85	0,63	0,56	1,59
$U(x_i)$	2,13	1,33	1,87	1,70	3,07	0,90	1,27	1,24	1,12	1,70	1,26	1,12	3,18

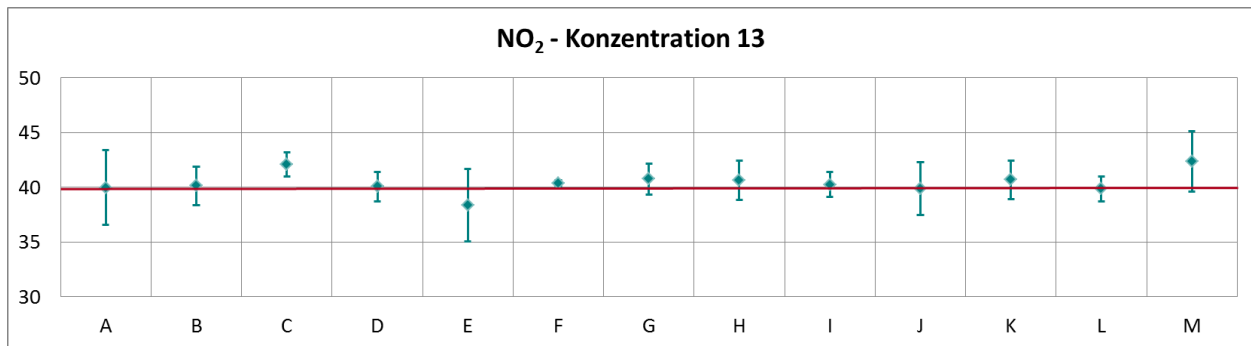


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 13 (in ppb).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 14.

Parameter: NO₂, Konzentration 14 $x^* = 0,5$ $s^* = 0,33$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,8	0,8	2,9	0,6	0,7	1,0	0,8	0,7	0,6	0,7	1,2	0,6	1,6
$x_{i,2}$	0,3	0,3	2,5	0,0	0,3	0,6	0,3	0,3	0,0	0,4	0,7	0,1	1,2
$x_{i,3}$	0,3	0,3	2,5	0,2	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,7	0,0	1,3
X_i	0,4	0,5	2,6	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,9	0,2	1,4
S_i	0,28	0,28	0,21	0,31	0,31	0,35	0,26	0,23	0,31	0,30	0,29	0,32	0,21
$u(x_i)$	0,81	0,45	0,32	0,61	1,10	0,30	0,60	0,44	0,34	0,43	0,49	0,34	1,33
$U(x_i)$	1,62	0,90	0,64	1,23	2,21	0,60	1,20	0,88	0,68	0,86	0,98	0,68	2,66

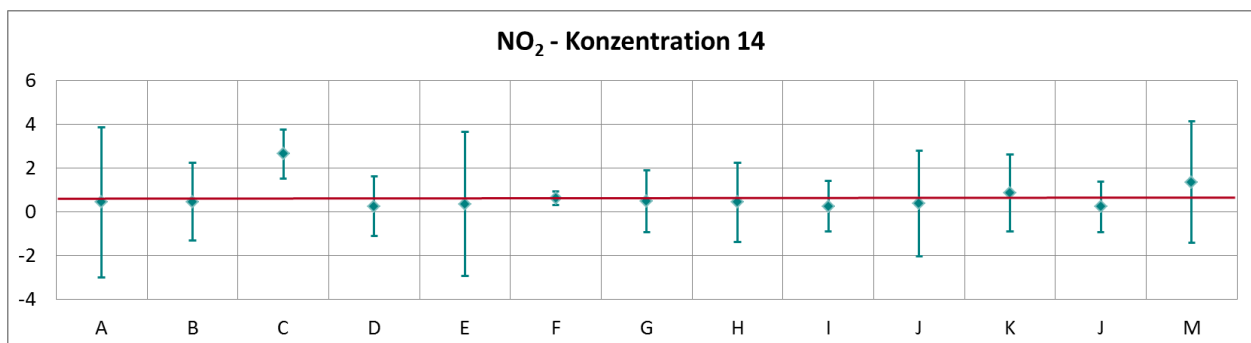


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 14 (in ppb).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 15.

Parameter: NO₂, Konzentration 15 $x^* = 18,7$ $s^* = 0,60$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	18,4	18,5	20,7	18,4	17,6	18,8	18,8	18,6	18,6	18,2	19,1	18,4	20,1
$x_{i,2}$	18,5	18,6	20,9	18,4	17,8	18,8	19,0	18,7	18,7	18,3	19,1	18,3	20,2
$x_{i,3}$	18,6	18,7	21,0	18,6	17,8	18,6	18,9	18,65	18,7	18,3	19,1	18,5	20,2
X_i	18,5	18,6	20,9	18,5	17,7	18,7	18,9	18,7	18,7	18,3	19,1	18,4	20,2
S_i	0,10	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10	0,05	0,06	0,06	0,00	0,10	0,06
$u(x_i)$	0,61	0,39	0,55	0,63	0,81	0,21	0,39	0,36	0,33	0,49	0,46	0,33	1,39
$U(x_i)$	1,22	0,79	1,11	1,27	1,61	0,42	0,77	0,72	0,66	0,97	0,92	0,66	2,79

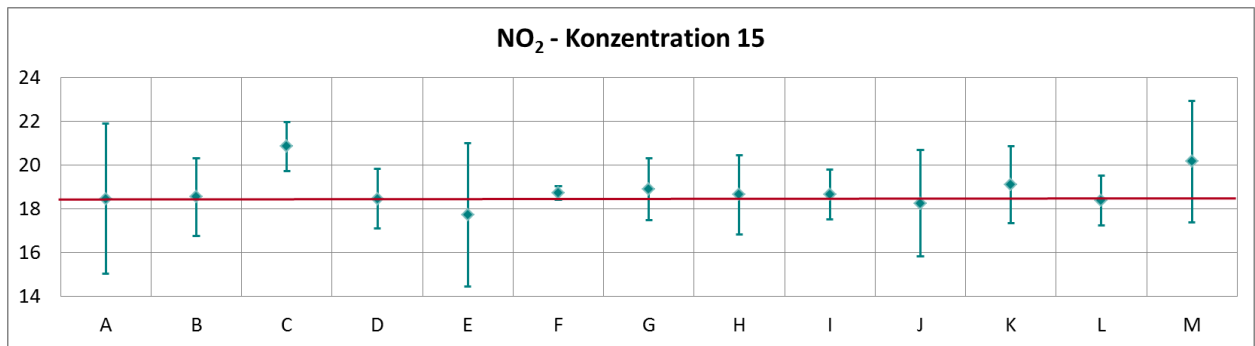


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 15 (in ppb).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 16.

Parameter: NO₂, Konzentration 16 $x^* = 0,7$ $s^* = 0,4$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,92	1,0	3,5	0,6	0,7	1,2	0,9	0,7	0,7	1,0	1,4	0,6	2,1
$x_{i,2}$	0,37	0,4	3,0	0,1	0,2	0,7	0,4	0,3	0,3	0,2	0,9	0,1	1,6
$x_{i,3}$	0,26	0,3	2,7	0,2	0,3	0,7	0,3	0,3	0,4	0,5	0,8	0,2	1,3
X_i	0,5	0,6	3,0	0,3	0,4	0,9	0,5	0,4	0,5	0,6	1,0	0,3	1,7
S_i	0,35	0,35	0,41	0,26	0,26	0,29	0,32	0,23	0,21	0,40	0,32	0,26	0,40
$u(x_i)$	0,87	0,47	0,32	0,58	1,09	0,30	0,62	0,50	0,30	0,49	0,54	0,30	1,34
$U(x_i)$	1,74	0,95	0,64	1,15	2,19	0,60	1,23	1,00	0,61	0,97	1,08	0,60	2,68

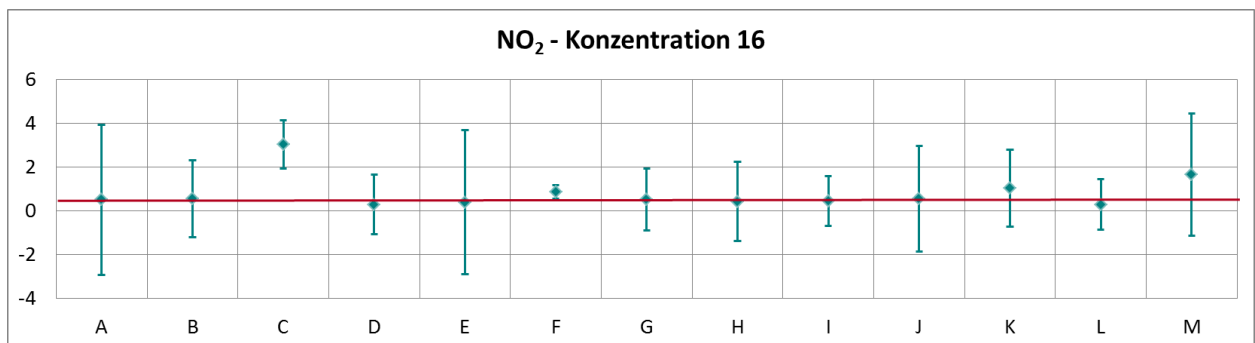


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 16 (in ppb).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO₂ mit Interferenzen bei Konzentration 17.

Parameter: NO₂, Konzentration 17

$x^* = 45,3$

$s^* = 0,9$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	44,7	44,9	47,4	44,9	43,2	45,1	45,7	45,5	45,4	44,5	45,3	44,8	47,3
$x_{i,2}$	44,6	44,8	47,6	44,9	43,2	45,1	45,7	45,4	45,4	44,7	45,4	44,6	47,2
$x_{i,3}$	44,9	45,0	47,9	45,1	43,2	45,2	45,7	45,6	45,5	44,6	45,4	44,6	47,2
X_i	44,7	44,9	47,6	45,0	43,2	45,1	45,7	45,5	45,4	44,6	45,4	44,7	47,2
S_i	0,11	0,11	0,24	0,12	0,00	0,06	0,00	0,10	0,06	0,10	0,06	0,12	0,06
$u(x_i)$	0,88	0,62	0,94	0,88	1,52	0,50	0,58	0,58	0,52	0,87	0,50	0,52	1,64
$U(x_i)$	1,75	1,23	1,87	1,76	3,05	1,00	1,17	1,16	1,04	1,74	1,00	1,04	3,28

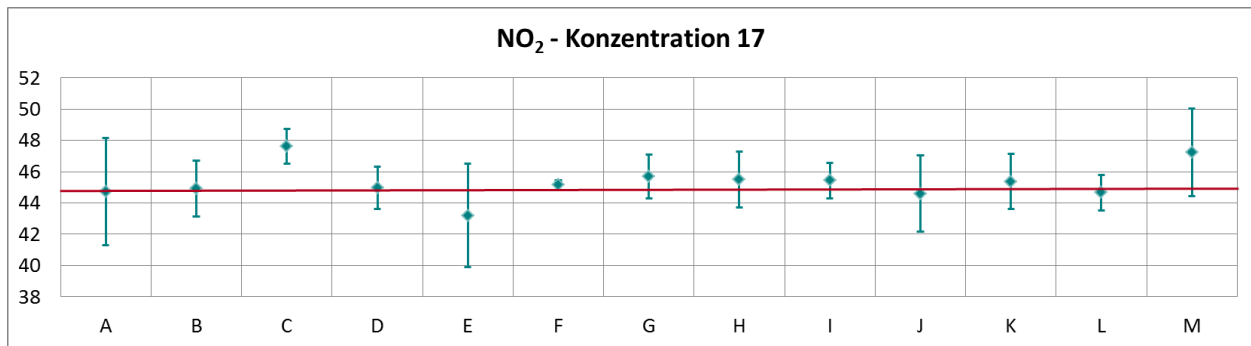


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 17 (in ppb).

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 O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

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: Wiener Umweltschutzabteilung MA22
Wolfganggasse 58–60 4.Stock, 1120 Wien

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	841,9 ppb/845,4 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: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_{\text{r}})$

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49i-PS

Baujahr: 2009

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: Kompressor mit Trocknung und Vorlage
(Aktivkohle+ Silicagel)

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: M 400E

Baujahr: 2007

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

Name des Teilnehmers: Michael Fericsak

Kontakt:: Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt

Telefonnummer: 02682 600 2834

E-Mail: michael.fericsak@bglld.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?

Konzentration	960 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	
Hersteller	HORIBA
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	Gasflasche

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter mit 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?		x

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 42i

Baujahr: 2013

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 1

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA, Abschätzung

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49C PS

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: Vorlagenbehälter mit Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb, Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T400

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 1

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA, Abschätzung

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen)

Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer, Vigil Oswald, Bonalumi Mauro

Kontakt: Amba Alagistrasse-39100 Bozen, Italien

Telefonnummer: 0039 0471 41 71 44

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

Rechnungsanschrift: Landesagentur für Umwelt, Verwaltungsamt
Amba Alagistraße 35, 39100 Bozen, Italien

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	816
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Messer Schweiz
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftgenerator API 701

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: 2008

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2: Zero + Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $\sqrt{[(\text{dev.std})^2 + (u \text{ Gasflasche})^2 + (u \text{ wiederholbarkeit})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2]}$

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: TEI49C PS

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:

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: TE 49 i

Baujahr: 2008

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2: Zero + Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $\sqrt{[(\text{dev.std})^2 + (u \text{ Kalibriersystem})^2 + (u \text{ wiederholbarkeit})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2]}$

**Ringversuch für NO/NO₂ und O₃,
14. Oktober bis 17. Dezember 2013**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH, Inffeldgasse 19, 8010 Graz

Namen der Teilnehmer: Thomas Nöst, Philip Leonhardt

Kontakt: Thomas Nöst

Telefonnummer: 0316/873 30205

E-Mail: noest@ivt.tugraz.at

Rechnungsanschrift: Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH
Inffeldgasse 19, 8010 Graz

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	853 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	5 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	Air Liquide
Verdünnungsmethode	

Verwendetes Nullgas: Nullluftkartusche mit Purafil 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: Thermo Scientific

Modell: 42i

Baujahr: 2007

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Null und Spanpunkt)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_r^2}$

u_{kal} : 2,5 % (erweiterte Messunsicherheit/2)

u_{lin} : 1 % (max. erlaubte Abweichung lt. Typprüfung)

u_r : Standardabweichung ermittelt aus den Minutenmittelwerten

Bei Konzentrationen um den Nullpunkt wurde mit der Abweichung in ppb aus der Typprüfung gearbeitet. (u_{kal} und u_{lin})

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: API

Modell: M700

Baujahr: 2004

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: Nullluftkartusche mit Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Scientific

Modell: 49i

Baujahr: 2008

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Null und Spanpunkt)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_r^2}$

u_{kal} : 2,5 % (erweiterte Messunsicherheit/2)

u_{lin} : 1 % (max. erlaubte Abweichung lt. Typprüfung)

u_r : Standardabweichung ermittelt aus den Minutenmittelwerten

Bei Konzentrationen um den Nullpunkt wurde mit der Abweichung in ppb aus der Typprüfung gearbeitet. (u_{kal} und u_{lin})

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃**14. Oktober bis 17. Oktober 2013****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?**

Konzentration	Transferkalibrator 854/867 ppb
Erweiterte Unsicherheit (Uc, rel)	1,8 % (k = 2)
Hersteller	Horiba, Flasche Messer
Konzentration zertifiziert durch	Eigener Referenzstandard
Verdünnungsmethode	Kalibrator 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

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$\text{lt. Empfehlung UBA Wien } u_i = \text{Wurzel}(u_{\text{kai}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_r^2)$$

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49 CPS

Baujahr: 2005

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

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$\text{lt. Kalibrierschein UBA Wien } U(x) = 2 * \text{Wurzel}(0,61^2 + 0,0119^2 * x^2)$$

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: NUA Umweltanalytik GmbH

Name des Teilnehmers: Gerhard Weinzettl

Kontakt:

Telefonnummer: 0664 2123204

E-Mail: gerhard.weinzettl@nua.co.at

Rechnungsanschrift: NUA Umweltanalytik GmbH
2344 Ma. Enzersdorf, Südstadtzentrum 4

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	Ca. 800 ppb NO
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Siad
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas: Horiba Standard, AK, Molsieb, Natronkalk

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: 2010

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 1

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:
in Anlehnung an Herrn Wolf Rezept.

2. O₃

Keine Teilnahme!

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Kärntner Landesregierung

Name des Teilnehmers: Ing. Franz Hohenwarter

Kontakt: Ing. Franz Hohenwarter

Telefonnummer: 0463/52618072

E-Mail: franz.hohenwarter@ktn.gv.at

Rechnungsanschrift: Amt der Kärntner Landesregierung
 Ing. Franz Hohenwarter
 Abteilung 8 Umwelt Wasser und Naturschutz
 Flatschacherstraße 70, 9020 Klagenfurt

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	549,5 nmol/mol NO
Erweiterte Unsicherheit (U)	10,99 nmol/mol
Hersteller	Horiba ASGU 370 TS
Konzentration zertifiziert durch	UBA
Verdünnungsmethode	Flasche

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

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 Elektron

Modell: 42i

Baujahr: 2006

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorlage UBA

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: TE 49 C PS

Baujahr: 2002

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: Kompressor mit Vorlagen (Silikagel, Aktivkohle)

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: 49 i

Baujahr: 2006

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorgabe UBA

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Namen der Teilnehmer: Gerhard Schrempf, Martin Tantscher

Kontakt: Dipl. Ing.(FH) Andreas Murg

Telefonnummer: 0316/877-4767 oder 0676/8666-4167

E-Mail: andreas.murg@stmk.gv.at

Rechnungsanschrift: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abt. 15
Landhausgasse 17, 8010 Graz

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	725/2 ppb (NO/NO ₂)
Erweiterte Unsicherheit (U)	
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA, Kal. Workshop 21.03.2013
Verdünnungsmethode	keine

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?		

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370

Baujahr: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß Vorgabe UBA

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 49 CPS

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: -

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß Vorgabe UBA

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Salzburg

Name des Teilnehmers: Ing. DI (FH) Paul Göldner

Kontakt: Ing. DI (FH) Paul Göldner

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

E-Mail: p.goeldner@salzburg.gv.at

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

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	NO: 675 ppb, NO _x : 678 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	3 %
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	Umweltbundesamt Wien/Transferstandard
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftkoffer 2, Silicagel-Purafil-Aktivkohle

1.2 Vorgehen beim Ringversuch

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch	x	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	x	
Kalibrierung des NO _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: 200E

Baujahr: 2008

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. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: API

Modell: 703E, #164

Baujahr: 2008

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: über Kalibrator API 703E #164

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: 400E

Baujahr: 2008

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 O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

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?

Konzentration	PGG NO/NO _x 919/922 ppb Flasche 825 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	PGG im Kalibrierpunkt 7,88 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. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 49 C-PS

Baujahr: 2004

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: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 49i

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: QS-UW-SOP-2-013/GA

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃

14. Oktober bis 17. Oktober 2013

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, Fachbereich Luftgüte
Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	641 ppb NO/10 ppb NO ₂
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Fa. Horiba/Prüfgas: Fa. Linde
Konzentration zertifiziert durch	UBA-Wien am 19.02.2013
Verdünnungsmethode	TMD

Verwendetes Nullgas: Aufbereitung mit Silikagel, Molekularsieb, Natronkalk 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 (Nullpunkt und Endpunkt)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollen-Rezept (© Wolf Andreas)

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: API

Modell: T703

Baujahr: 2010

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: Aufbereitung mit Silikagel, Purafil und Aktivkohle

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Nullpunkt und Endpunkt)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollen-Rezept (© Wolf Andreas)

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 2013“ sind die Resultate dieses Ringversuchs zusammengefasst. Getestet wurde die Kompetenz bei der Messung Ozon (O₃) und Stickstoffoxide (NO und NO₂). Die Ergebnisse aller 11 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.