

Ringversuch zur Immissionsmessung 2015



Auswertung des Ringversuchs für NO/NO₂ und O₃

RINGVERSUCH ZUR IMMISSIONSMESSUNG 2015

Auswertung des Ringversuchs für NO/NO₂ und O₃

Marina Fröhlich
Nicole Klösch
Andreas Wolf

REPORT
REP-0584

Wien, 2016

Anbieter von Eignungsprüfungen

Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5
1090 Wien
Telefon: +43-(0)1-31304-5865
Telefax: +43-(0)1-31304-5800
Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Leitung Eignungsprüfungen

Siegmond Böhmer; Telefon: +43-(0)1-31304-5514

Koordination Eignungsprüfungen

Marina Fröhlich; Telefon: +43-(0)1-31304-5862

AutorInnen

Marina Fröhlich
Nicole Klösch
Andreas Wolf

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Manuela Kaitna

Umschlagbild

© Umweltbundesamt

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

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2016

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-397-4

INHALT

	ZUSAMMENFASSUNG	5
	SUMMARY	6
1	EINLEITUNG.....	7
2	ABLAUF DES RINGVERSUCHS	8
3	KONZENTRATIONSVERLAUF	11
4	AUSWERTUNG DER DATEN	13
4.1	z-score Auswertung	13
4.2	En-Nummer Auswertung	20
4.3	Bias und Messunsicherheit.....	26
5	BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	36
6	AUSBLICK.....	41
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	42
	ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	43
	ANHANG B: BERICHTETE WERTE	45
	ANHANG C: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH	72
	ANHANG D: BESCHREIBUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE AM NEUEN STANDORT HANDELSKAI	94

ZUSAMMENFASSUNG

Von Ende November bis Anfang Dezember 2015 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 TeilnehmerInnen 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.

Auswerteverfahren

Der Referenzwert jeder Messung wurde vom Umweltbundesamt ermittelt und gegen den „robusten Mittelwert“ der Ergebnisse der TeilnehmerInnen (gemäß ISO 13528) getestet. Alle Referenzwerte des Umweltbundesamtes sind auf die akkreditierte Kalibrierstelle PSI0620 rückführbar.

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

Die Ergebnisse des Ringversuchs 2015 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen.

Für die Komponente O₃ war die Mehrheit der Messergebnisse sehr zufriedenstellend. Nur ein Messergebnis musste als „fraglich“ beurteilt werden.

Ergebnisse des Ringversuchs

Für die Komponente NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Konzentrationen eingehalten und lieferten zufriedenstellende Ergebnisse.

Für die Komponenten NO₂ hat zwar der Großteil der Messgeräte sehr gute Ergebnisse erzielt, einige Messergebnisse mussten jedoch mit „fraglich“ (a5-Bewertung) bewertet werden. Eine Verbesserung bei NO₂ gegenüber dem Vorjahr, in dem auch Ergebnisse mit a7 bewertet wurden, ist jedoch erkennbar.

Messergebnisse, die während des Ringversuchs 2015 als „fraglich“ bewertet wurden, unterstreichen die Wichtigkeit einer regelmäßigen Überprüfung der Qualitätssicherung der Immissionsmessung.

SUMMARY

- interlaboratory comparison** End of November, beginning of December 2015 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). All reference values of Umweltbundesamt are traceable to accredited calibration laboratory PSI0620.
- 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 the majority of measurement results complied with the required performance criteria. Only one result was classified as „doubtful” (a5 evaluation).
- For NO all participants at all concentrations complied with the required performance criteria and received satisfactory results.
- Although the majority of analyzers achieved very good NO₂ results, some analyzers did not comply with the required performance criteria and their results were considered as „doubtful” (a5 evaluation). An improvement compared to the results of the previous year (with one result evaluated as a7) for NO₂ is visible.
- Results classified as „doubtful” in the interlaboratory comparison 2015 stress the importance of regular checks of the quality assurance in air pollution monitoring.

1 EINLEITUNG

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

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

**Ziele eines
Ringversuchs**

Vom 30. November bis 4. Dezember 2015 wurden die Messsysteme der 11 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am neuen Standort Handelskai 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 0 dargestellt und diskutiert.

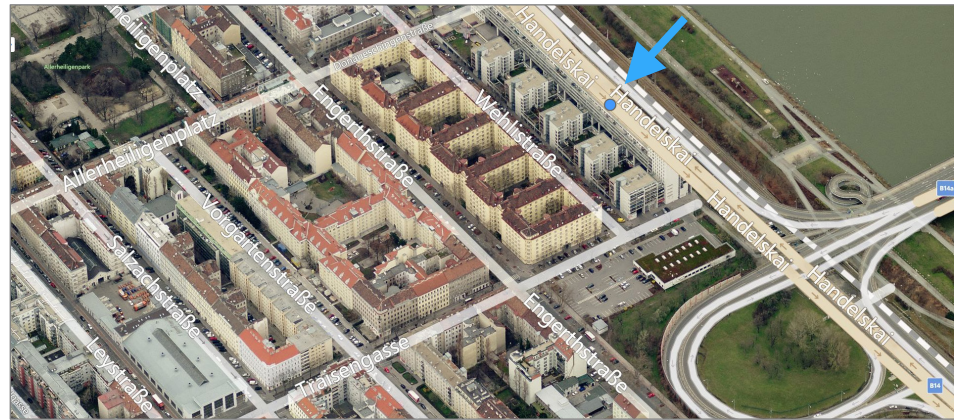
**Aufbau
des Berichtes**

Die Ergebnisse der Validierung der Referenzwerte des Ringversuchs sind im Anhang A angeführt, in den Anhängen B und C werden die berichteten Werte und die von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen wiedergegeben. Anhang D beinhaltet eine kurze Beschreibung der Ringversuchsanlage am neuen Standort Handelskai.

2 ABLAUF DES RINGVERSUCHS

Der Ringversuch 2015 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am neuen Standort Handelskai 102–112 im 20. Wiener Gemeindebezirk, statt.

Abbildung 1:
Lageplan der
Ringversuchsanlage.
(© Umweltbundesamt)



TeilnehmerInnen

Am Ringversuch nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Salzburg, Oberösterreich, Steiermark, Burgenland, Tirol, Kärnten sowie der LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen) teil. Außerdem VertreterInnen der NUA Umweltanalytik (Niederösterreichischen Umweltschutzanstalt), der FVTmbH (Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH) sowie der iC consulenten (siehe Tabelle 1).

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

Organisationen	Platznummer	Acronym in den Auswertungen
-	1	-
-	2	-
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	3	C
Amt der Salzburger Landesregierung	4	D
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	5	E
LfU Bozen	6	F
NUA Umweltanalytik	7	G
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	8	H
Amt der Burgenländischen Landesregierung	9	I
Amt der Tiroler Landesregierung	10	J
Amt der Kärntner Landesregierung	11	K
FVTmbH	12	L
iC consulenten	13	M
Umweltbundesamt Referenzwert	14	N

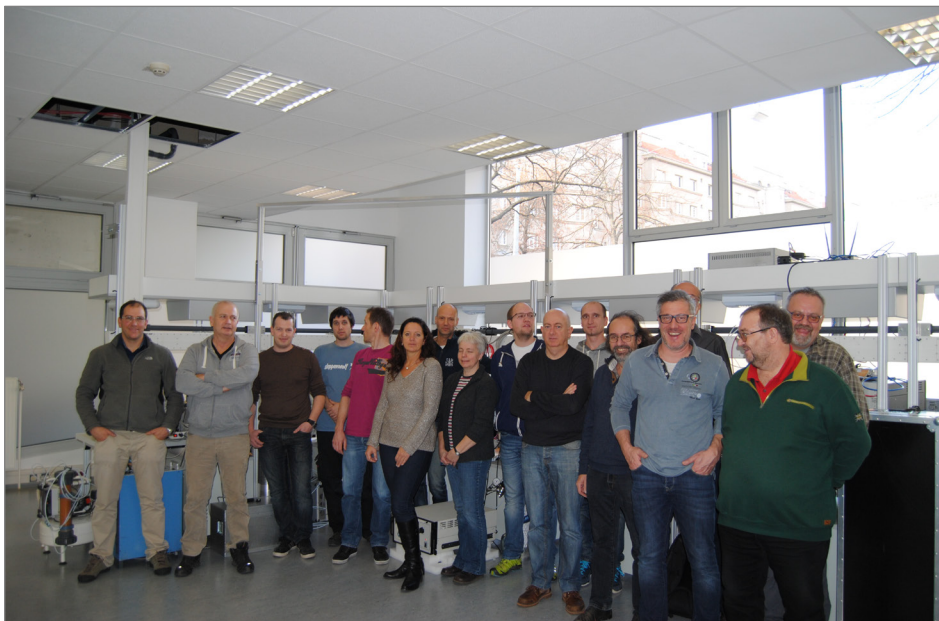
Die teilnehmenden Organisationen zogen per Los ihren nummerierten Arbeitsplatz an der Ringversuchsanlage (siehe Tabelle 1). Durch das Verteilen von Fragebögen wurden Angaben zu verwendeten Messgeräten und Kalibrierstandards eingeholt. Vor dem Messbeginn jeder Komponente des Ringversuchs hatten die TeilnehmerInnen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

Am Arbeitsplatz 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut; Es wurden der NO/NO₂-Referenzwert und der O₃-Referenzwert ermittelt. Die Ergebnisse der Messungen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, abzugeben.

Ablauf und Aufbau des Ringversuchs

Organisationen	Gerätetyp NO_x	Gerätetyp O₃
Umweltbundesamt (Referenz)	APNA 370	TEI 49c
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA 370	API 400E
Amt der Salzburger Landesregierung	APNA 370	API 400E
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA 370	TEI 49i
LfU Bozen	APNA 370	TEI 49i
NUA Umweltanalytik	APNA 370	-
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	API T200	API T400
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA 370	API T400
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA 370	APOA 370
Amt der Kärntner Landesregierung	TEI 42i	TEI 49i
FVTmbH	TEI 42i	TEI 49i
iC consulenten	TEI 42i	APOA 370

*Tabelle 2:
Teilnehmende
Organisationen
und verwendete
Gerätetypen.*



*Abbildung 2:
Gruppenbild der
TeilnehmerInnen 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 eine 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)
30.11.2015 09:00			Aufbau Einlaufen					
30.11.2015 14:00			Begrüßung/ Besprechung Kalibrierung					
01.12.2015 11:00	NO/NO _x NG1	01:30	Start	0				
01.12.2015 12:30	NO/NO _x 1	02:00			470	10	480	
01.12.2015 14:30	NO/NO _x 2	02:00			420	60	480	
01.12.2015 16:30	NO/NO _x 3	02:00			360	120	480	
01.12.2015 18:30	NO/NO _x 4	02:00			470	10	480	
01.12.2015 20:30	NO/NO _x NG2 O ₃ NG1	01:30		0				
01.12.2015 22:00	NO/NO _x 5	02:00			600		600	
01.12.2015 00:00	NO/NO _x 6	02:00			450		450	
02.12.2015 02:00	NO/NO _x 7	02:00			250	200	450	
02.12.2015 04:00	O ₃ 1	02:00						200
02.12.2015 06:00	NO/NO _x 8	02:00			250		250	
02.12.2015 08:00	NO/NO _x 9	02:00			130	120	250	
02.12.2015 10:00	O ₃ 2	02:00						120
02.12.2015 12:00	NO/NO _x 10	02:00			125		125	
02.12.2015 14:00	NO/NO _x 11	02:00			35	90	125	
02.12.2015 16:00	O ₃ 3	02:00						90
02.12.2015 18:00	NO/NO _x 12	02:00			80		80	0
02.12.2015 20:00	NO/NO _x 13	02:00			35	45	80	
02.12.2015 22:00	O ₃ 4	02:00						45
03.12.2015 00:00	NO/NO _x 14	02:00			40		40	
03.12.2015 02:00	NO/NO _x 15	02:00			20	20	40	
03.12.2015 04:00	O ₃ 5	02:00						20
03.12.2015 06:00	NO/NO _x 16	02:00			20		20	
03.12.2015 08:00	NO/NO _x 17	02:00			10	10	20	
03.12.2015 10:00	O ₃ 6	02:00						10
03.12.2015 12:00	NO/NO _x 18	02:00			20		20	
03.12.2015 14:00	NO/NO _x 19 O ₃ 7	02:00				20	20	40
03.12.2015 16:00	NO/NO _x /O ₃ NG3	01:30		0				
03.12.2015 17:30		01:30	Ende/Kalibrierung					
03.12.2015 19:00		02:00						

Herstellung der Gasmischungen

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

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

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.

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.

Ermittlung des Schwellenwertes

zulässige Messunsicherheit

Gas	$\sigma_P = a \cdot c + b$	
	a	b (nmol/mol)
SO ₂	0,022	1
CO	0,024	100
O ₃	0,020	1
NO	0,024	1
NO ₂	0,020	1

*Tabelle 4:
Berechnung
der zulässigen
Standardabweichung
für die
Konformitätsbewertung.*

Das z-score wird nach ISO 13528 folgendermaßen berechnet:

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

Berechnung des z-score

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.

**z-score
Ergebnisse**

In den folgenden Abbildungen wird das ermittelte z-score für jede Komponente, jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin und jeden Konzentrationsdurchgang dargestellt. Die Ergebnisse, die außerhalb des Bereiches von -2 bis +2 lagen, wurden als „fraglich“ bewertet.

Bei Ozon wurde das z-score nur ein einziges Mal bei hoher O₃-Konzentration nicht eingehalten (siehe Abbildung 5).

Für NO lag das z-score bei allen Konzentrationen innerhalb des Bereichs von -2 bis +2 und wurde damit als „zufriedenstellend“ bewertet (siehe Abbildung 6 bis Abbildung 10).

Alle Messgeräte, mit einer Ausnahme, erzielten für NO₂ „zufriedenstellende“ z-scores (siehe Abbildung 11). Ein weiteres Messgerät lag bei niedrigen Konzentrationen beinahe durchgehend außerhalb des festgelegten Bereiches von -2 bis +2 (siehe Abbildung 15).

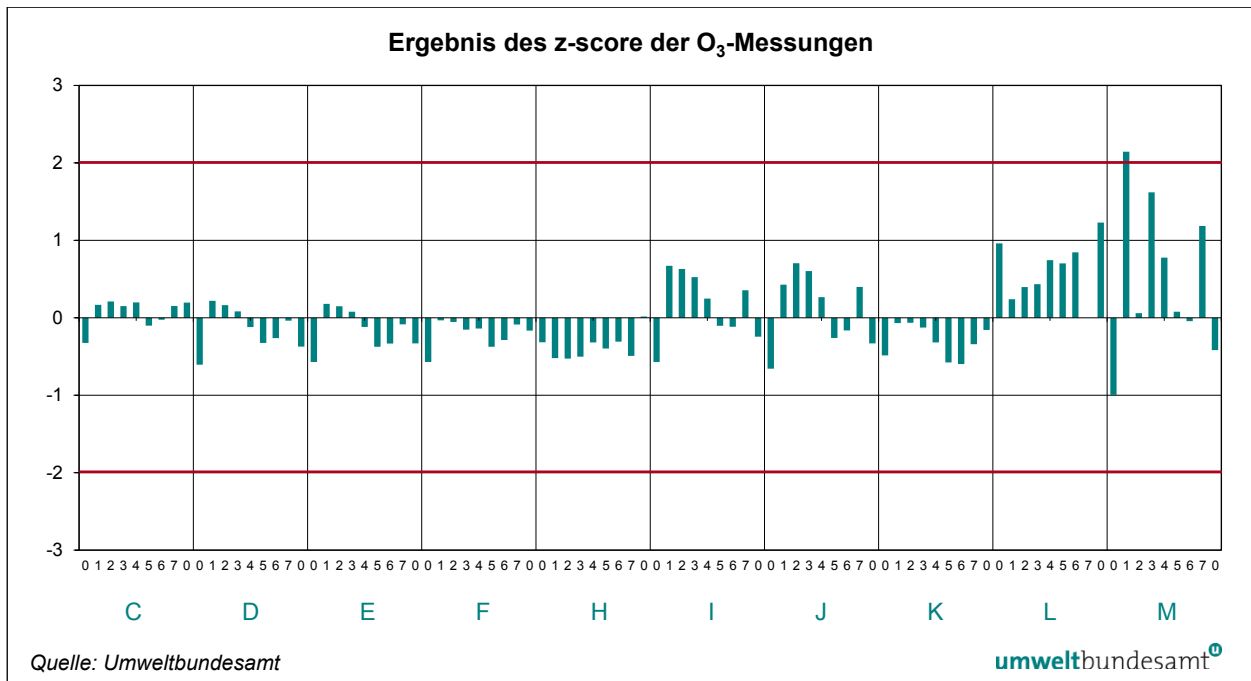


Abbildung 5: Ergebnis des z-score der O₃-Messungen.

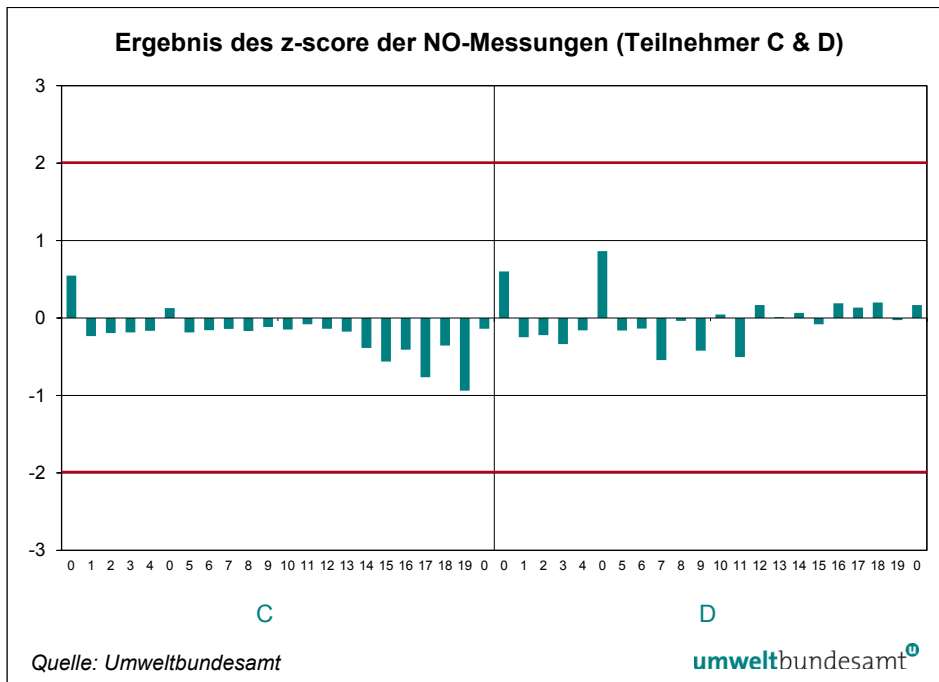


Abbildung 6: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer C und D).

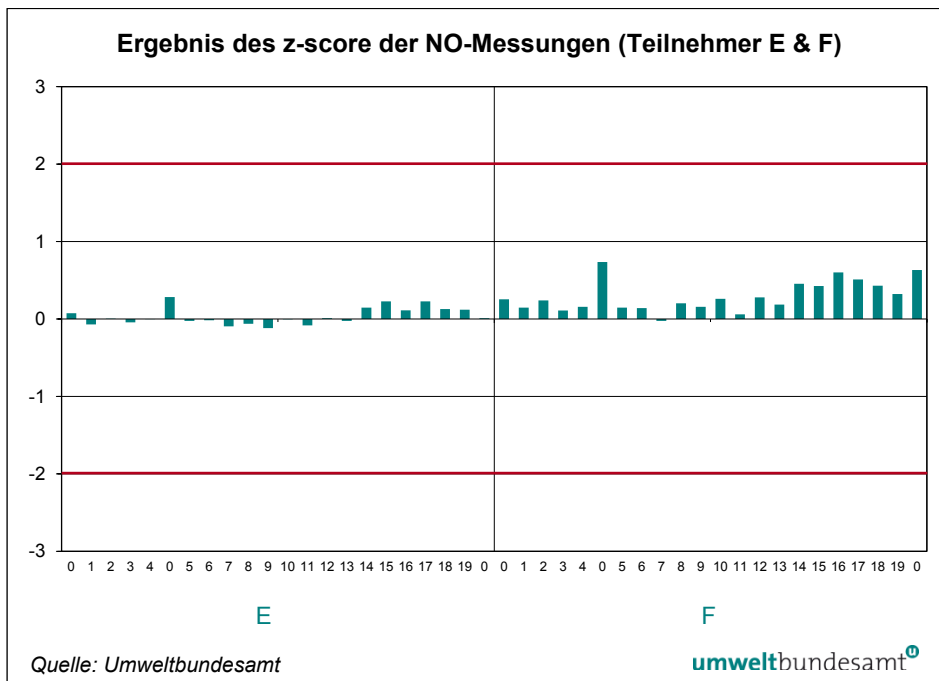


Abbildung 7: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer E und F).

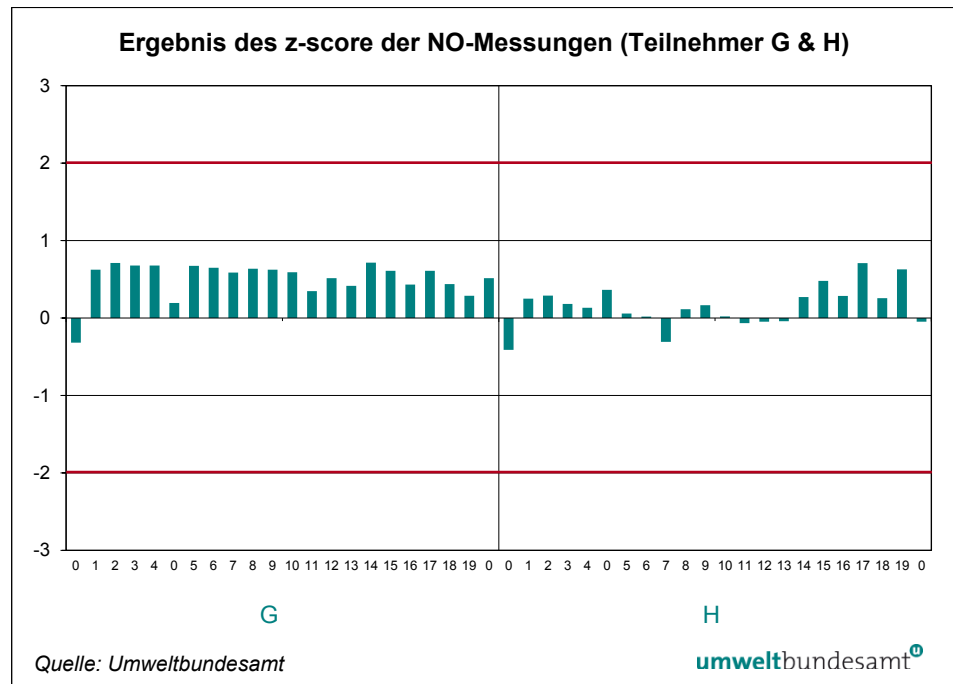


Abbildung 8: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer G und H).

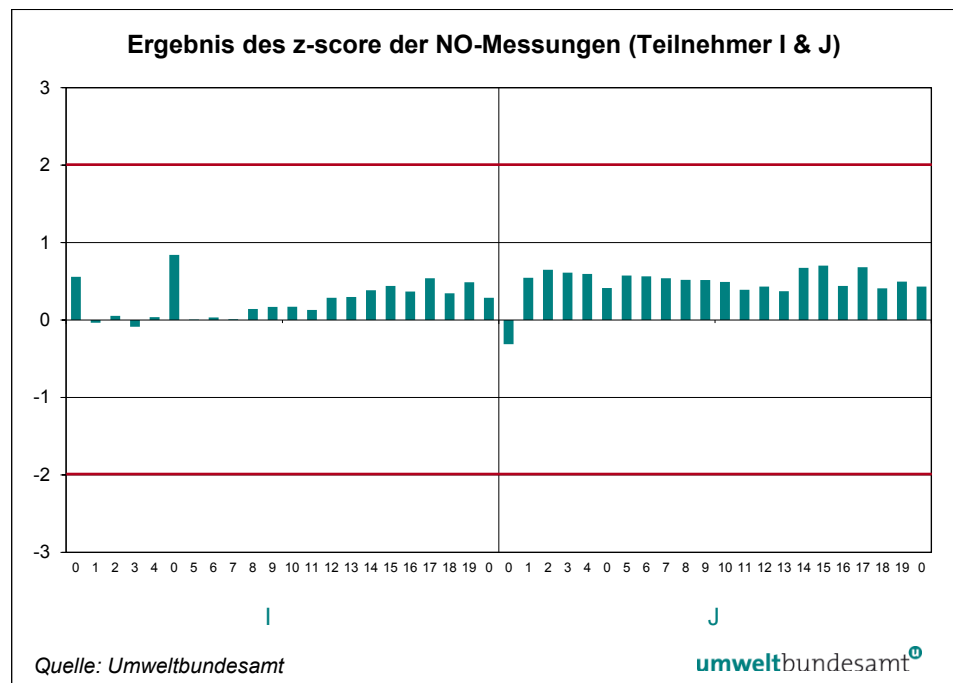


Abbildung 9: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer I und J).

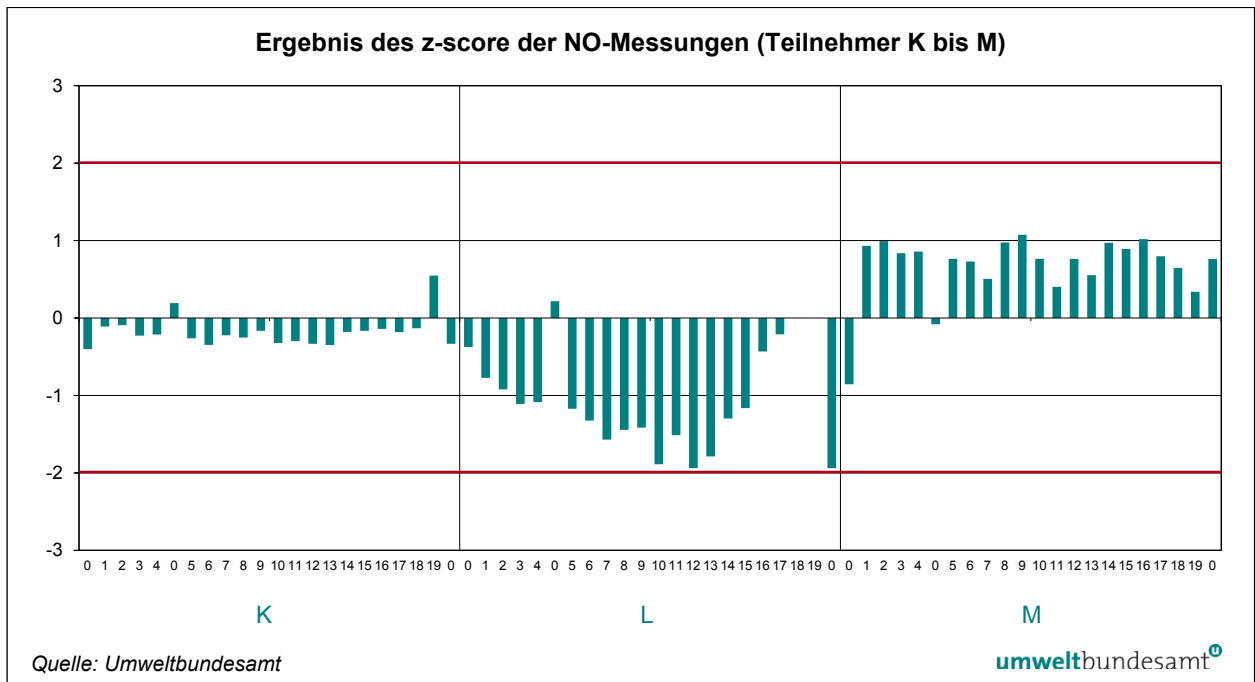


Abbildung 10: Ergebnis des z-score der NO-Messungen (Teilnehmer K bis M).

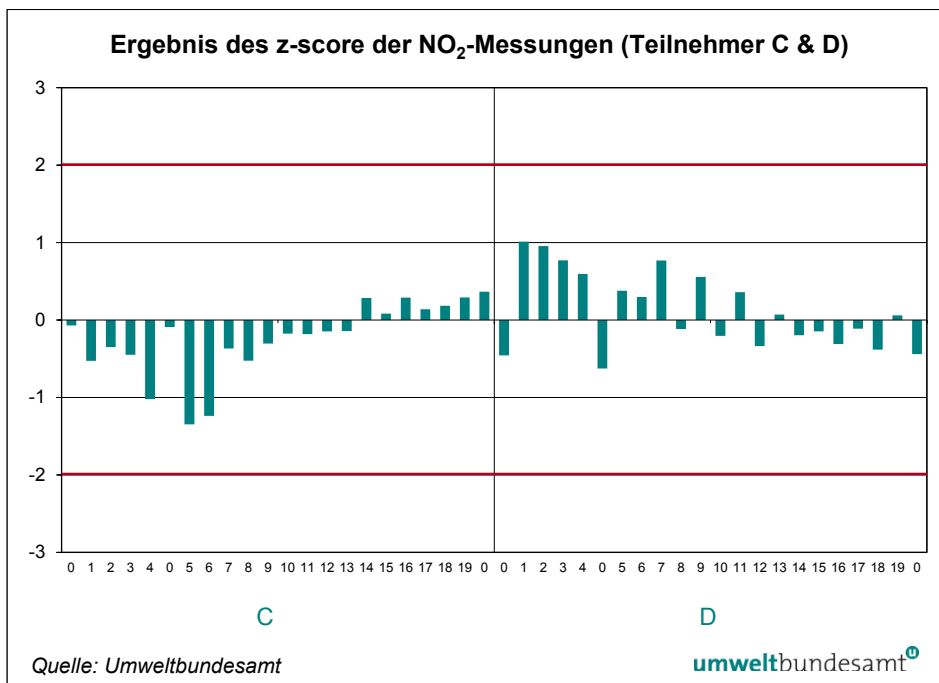


Abbildung 11: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer C und D).

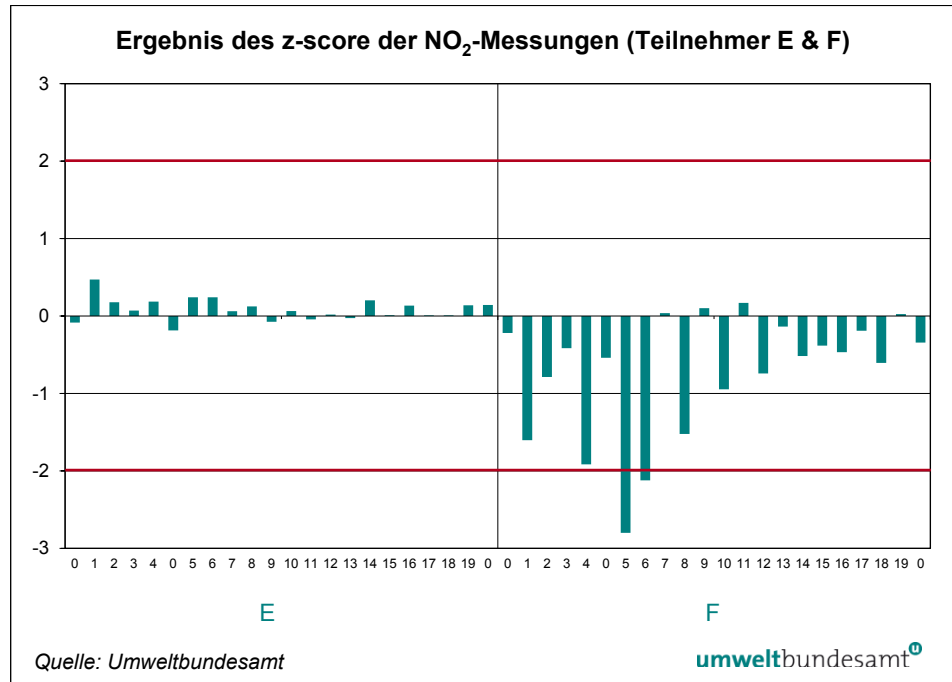


Abbildung 12: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer E und F).

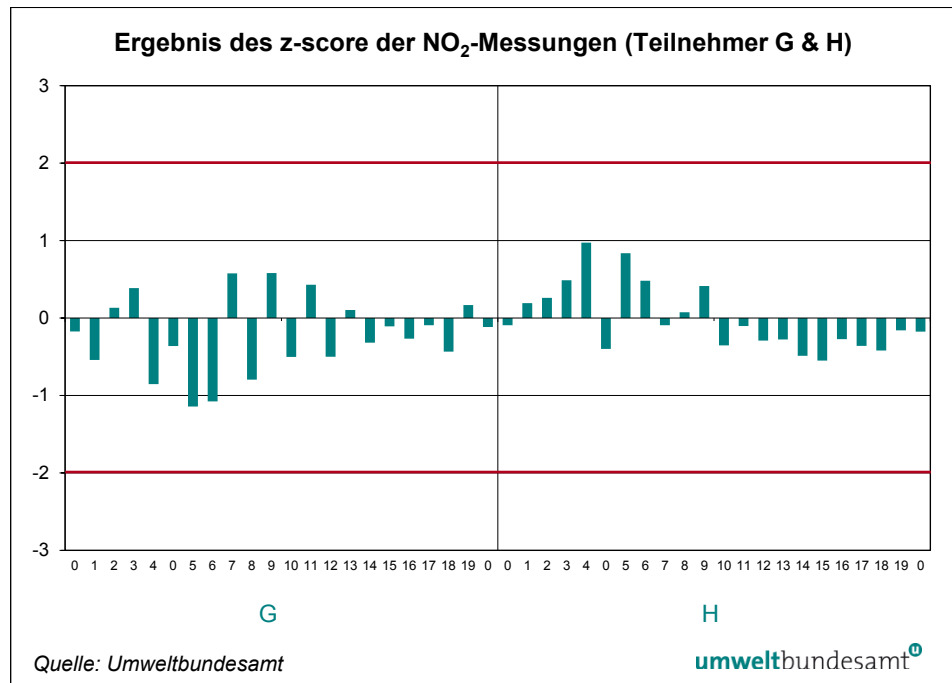


Abbildung 13: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer G und H).

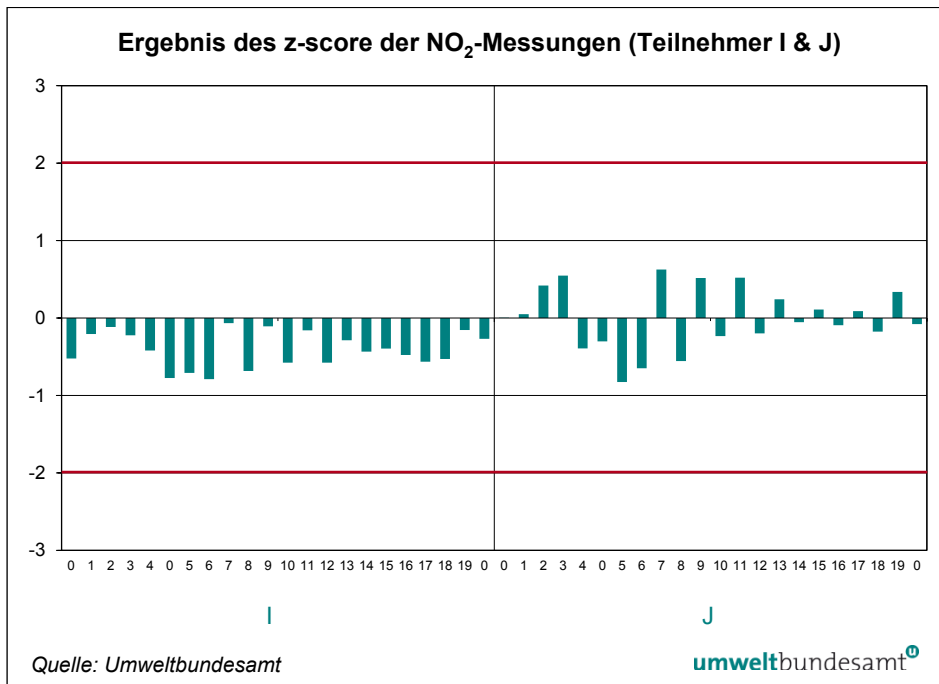


Abbildung 14: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer I und J).

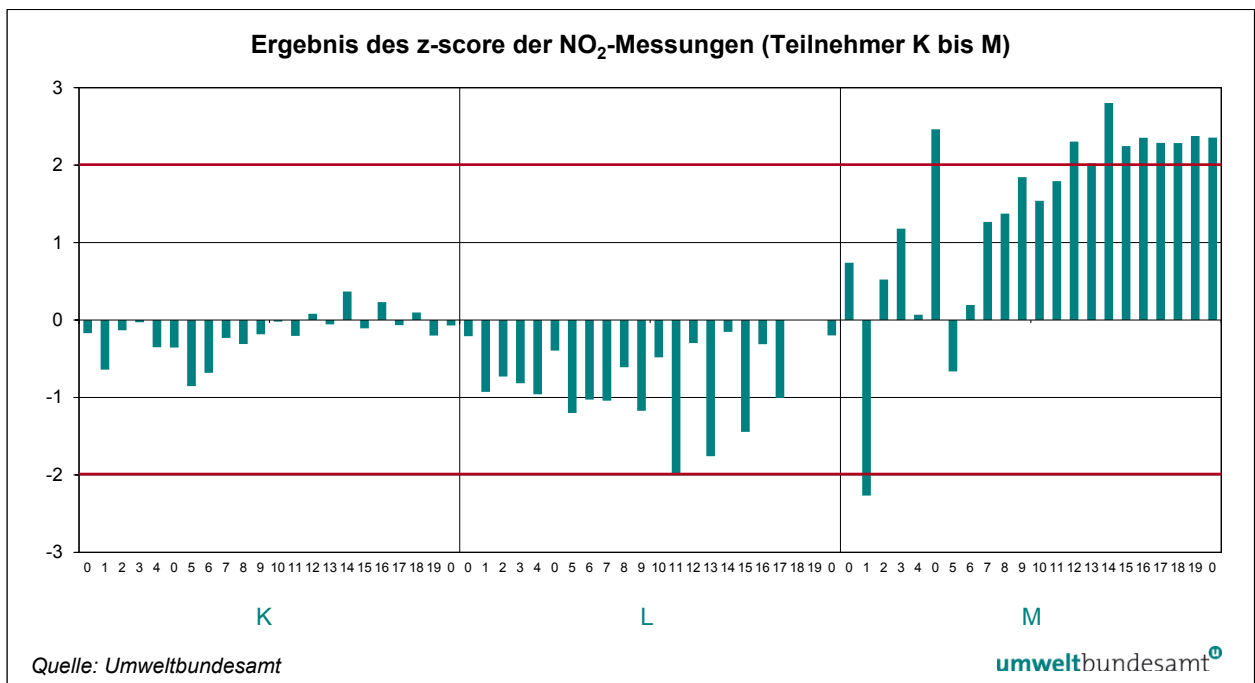


Abbildung 15: Ergebnis des z-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer K bis M).

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 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*

erweiterte Messunsicherheiten

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

$$|E_n| \leq 1$$

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

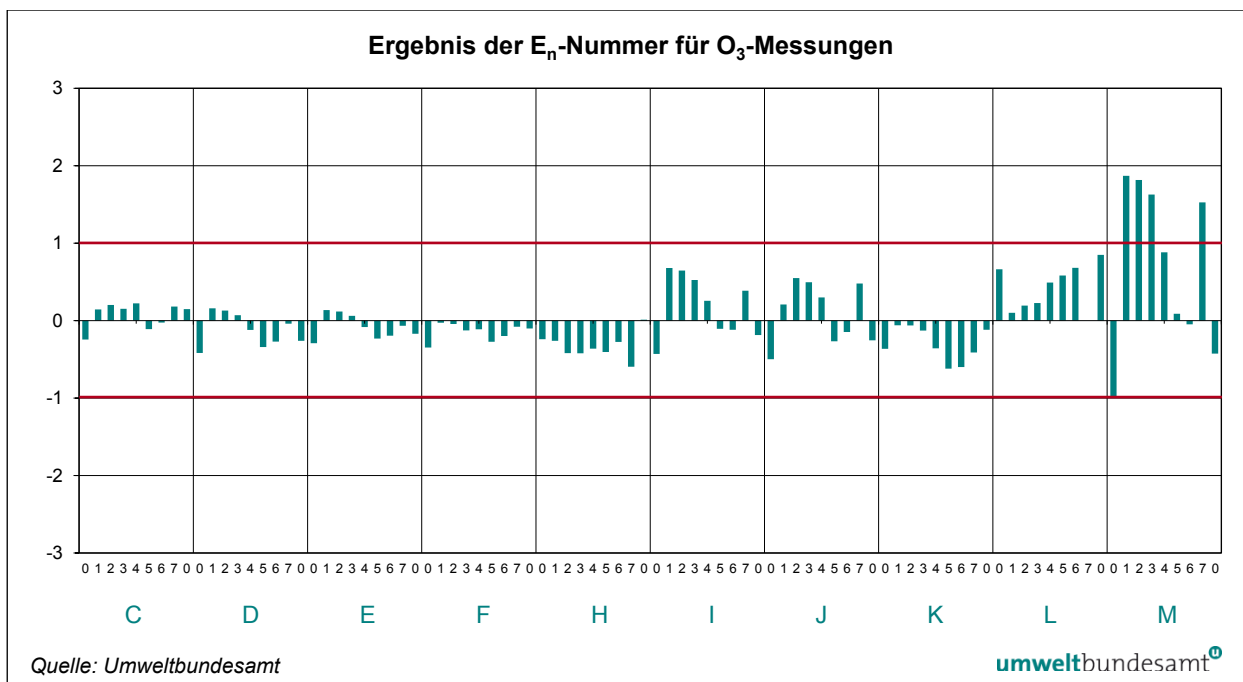


Abbildung 16: Ergebnis der E_n-Nummer für O₃-Messungen.

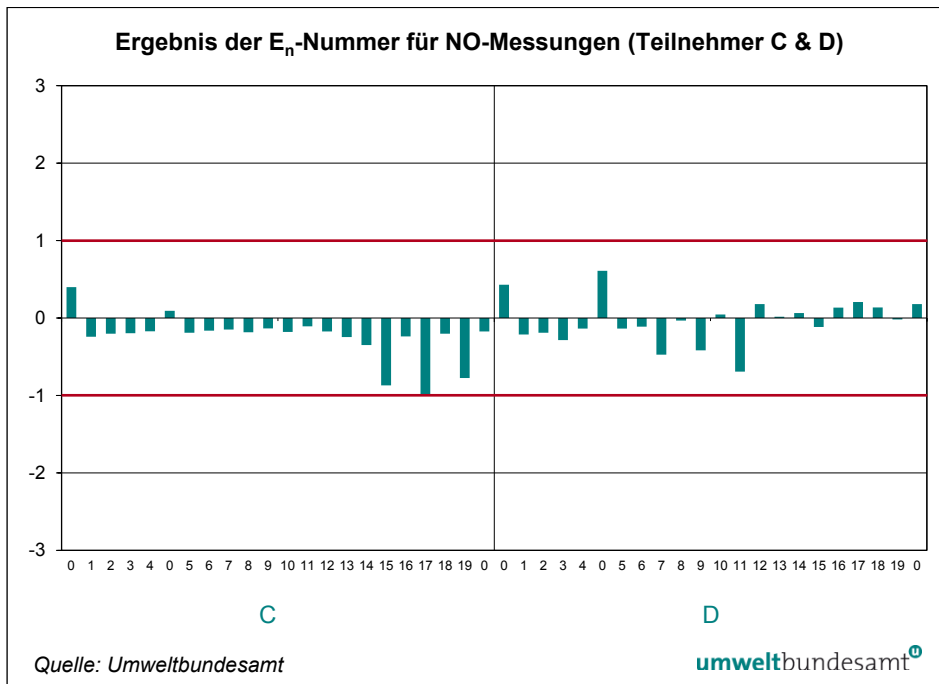


Abbildung 17: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer C und D).

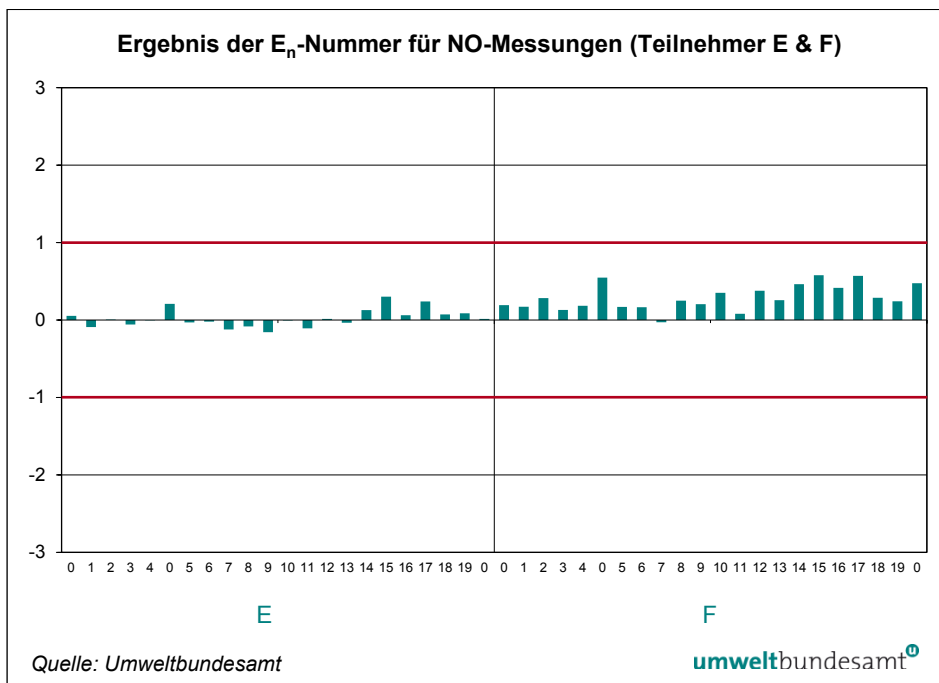


Abbildung 18: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer E und F).

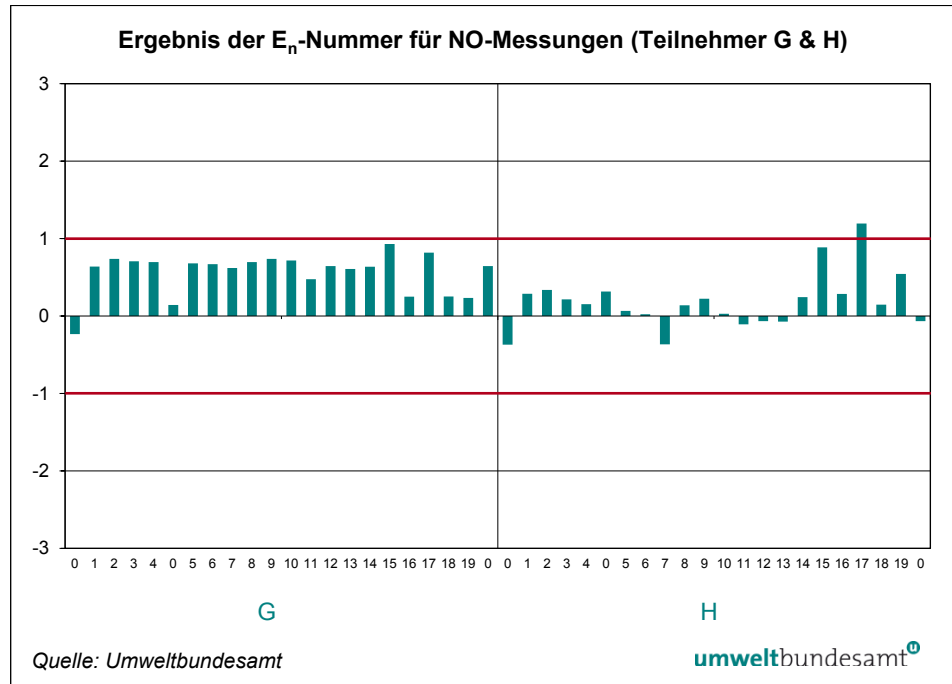


Abbildung 19: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer G und H).

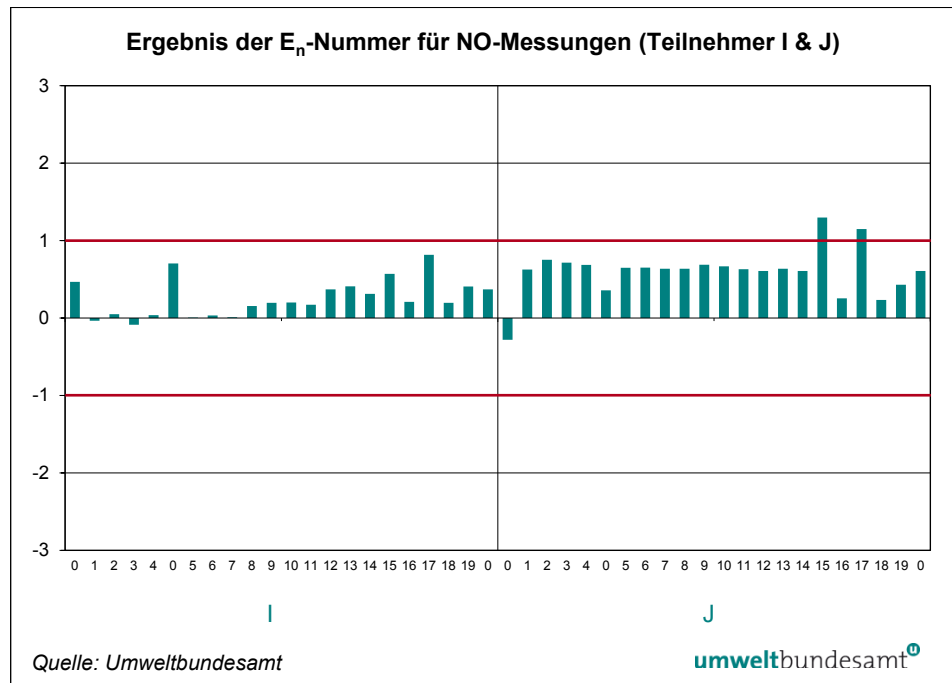


Abbildung 20: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer I und J).

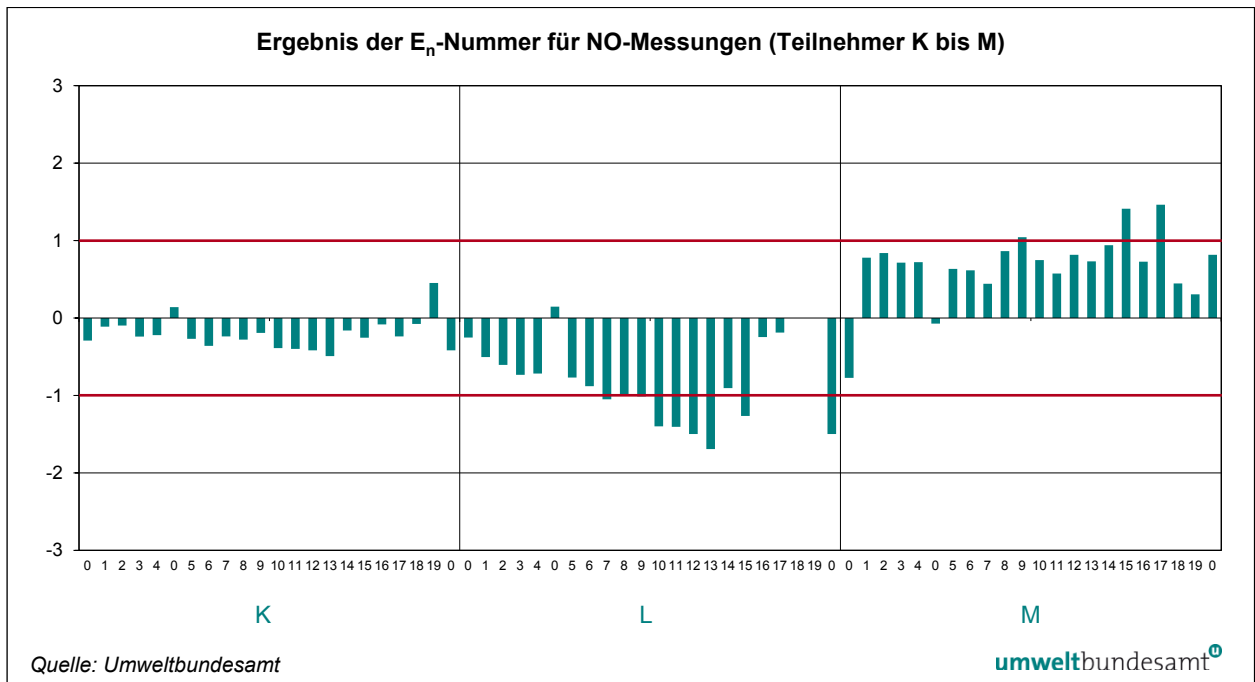


Abbildung 21: Ergebnis der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer K bis M).

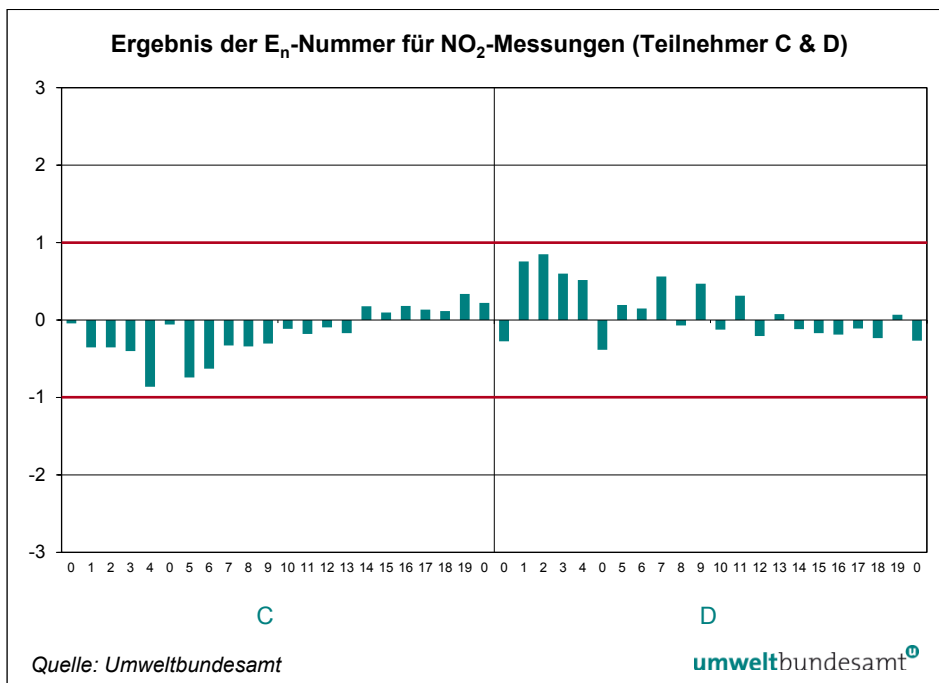


Abbildung 22: Ergebnis der E_n -Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer C und D).

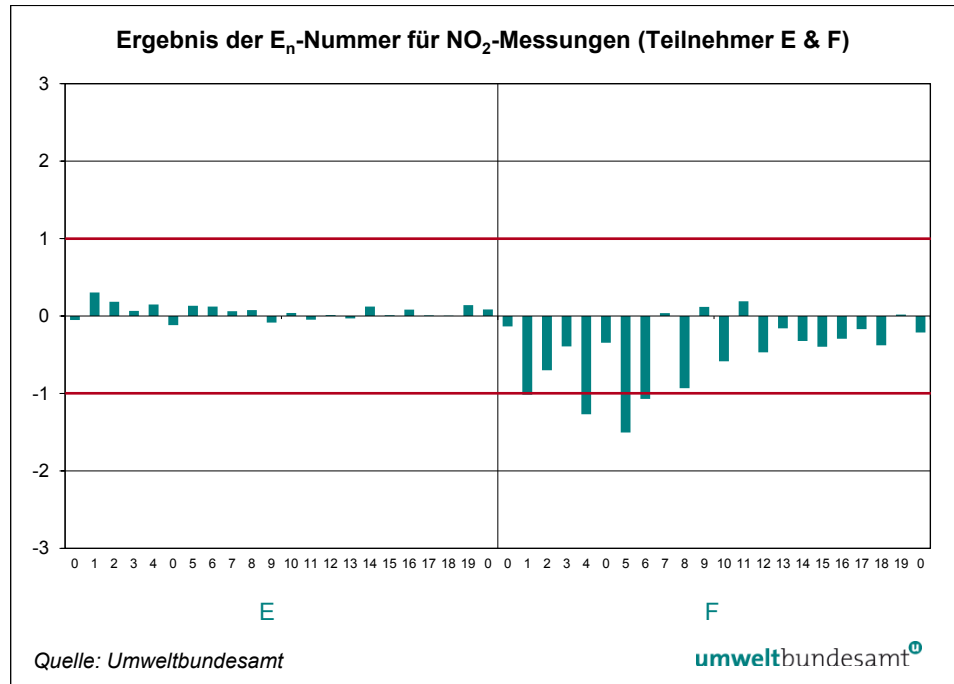


Abbildung 23: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer E und F).

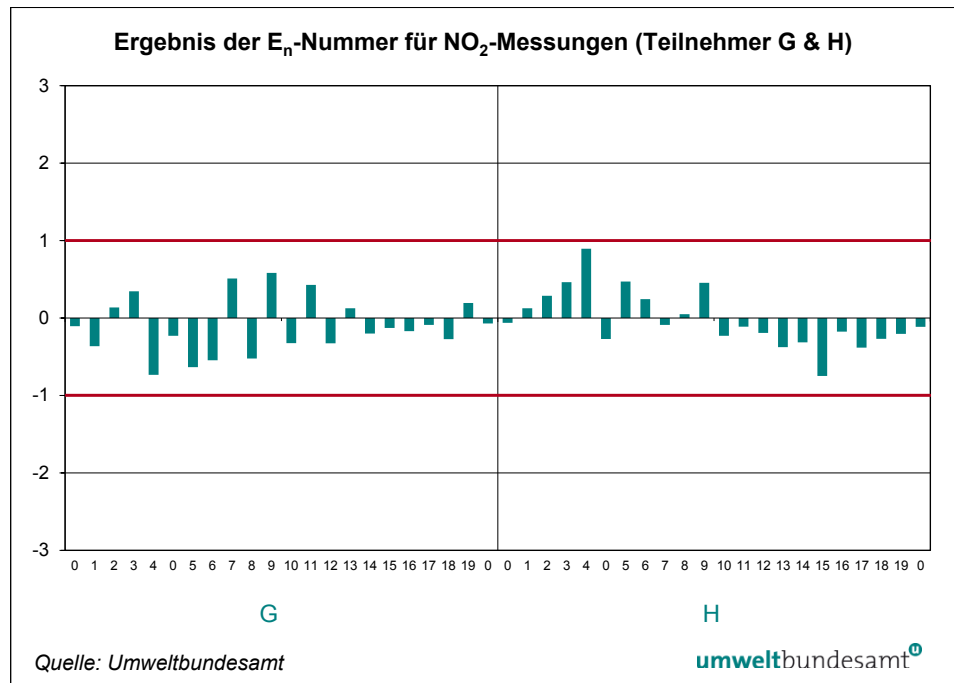


Abbildung 24: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer G und H).

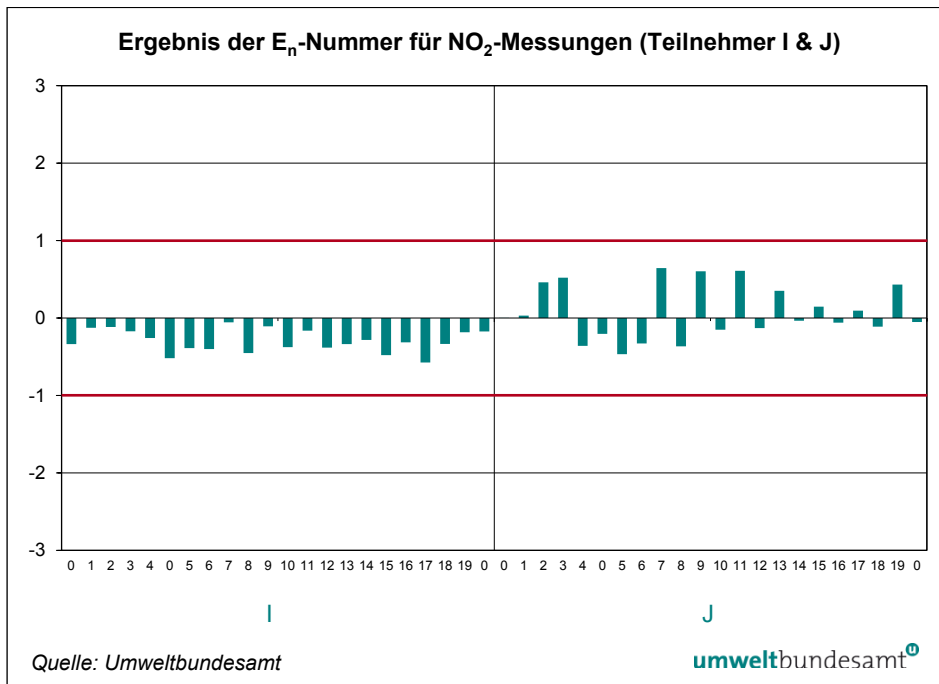


Abbildung 25: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer I und J).

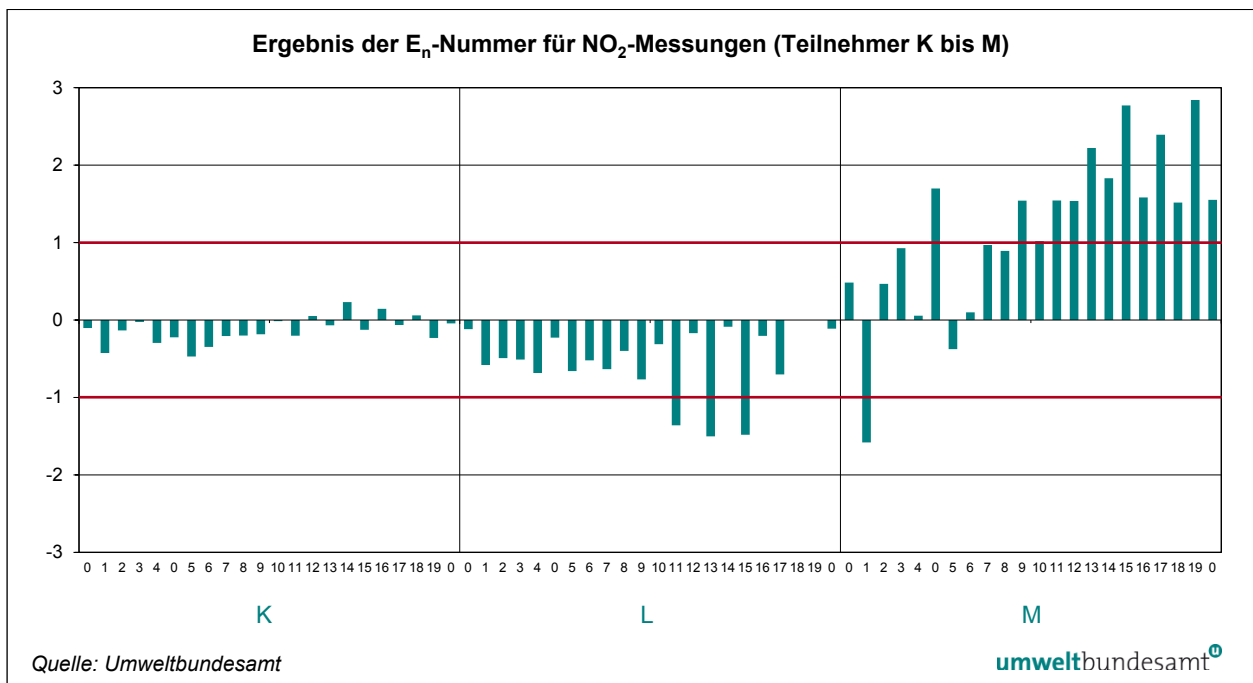


Abbildung 26: Ergebnis der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer K bis M).

Bei Ozon lag ein Messgerät beinahe durchgehend außerhalb des E_n -Kriteriums; alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n -Kriterium eingehalten (siehe Abbildung 16).

Bei NO wird das E_n -Kriterium von vier Teilnehmenden nicht eingehalten, drei überschätzen den Referenzwert bei niedrigen Konzentrationen, einer unterschätzte den Referenzwert über einen weiten Bereich (siehe Abbildung 17 bis Abbildung 21).

Bei NO_2 -Konzentrationen (siehe Abbildung 22 bis Abbildung 26) lagen drei Teilnehmende außerhalb des festgelegten E_n -Bereichs. Der Referenzwert wurde durchgehend einerseits im Bereich bis etwa 10 ppb bzw. im Bereich bis 90 ppb unterschätzt, andererseits beinahe über den ganzen Konzentrationsbereich überschätzt.

4.3 Bias und Messunsicherheit

Wird die Abweichung vom Referenzwert (Bias) mit der erweiterten kombinierten Messunsicherheit von TeilnehmerIn und Referenzwert (siehe Formel 2) als Fehlerindikator 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 27) liegen, bis auf einen Teilnehmenden, sehr gute Ergebnisse vor. Auch die für die Ergebnisse angegebenen Messunsicherheiten unterscheiden sich nur geringfügig und sind plausibel.

Die Ergebnisse von NO (siehe Abbildung 28 bis Abbildung 31) sind ebenfalls sehr gut. Die angegebenen Messunsicherheiten variieren mehr als bei Ozon, was die unterschiedlichen Messgeräte und Kalibriermittel widerspiegelt. Tendenziell werden die Messunsicherheiten für hohe Konzentrationen eher überschätzt und bei niedrigen Konzentrationen zu gering angenommenen.

Obwohl die korrekte Messung von NO_2 (siehe Abbildung 32 bis Abbildung 35) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der überwiegende Teil der Ergebnisse von sehr guter Qualität. Bei den Ergebnissen zweier Teilnehmender ist eine fast durchgehende deutliche Über- bzw. Unterschätzung des Referenzwertes ersichtlich.

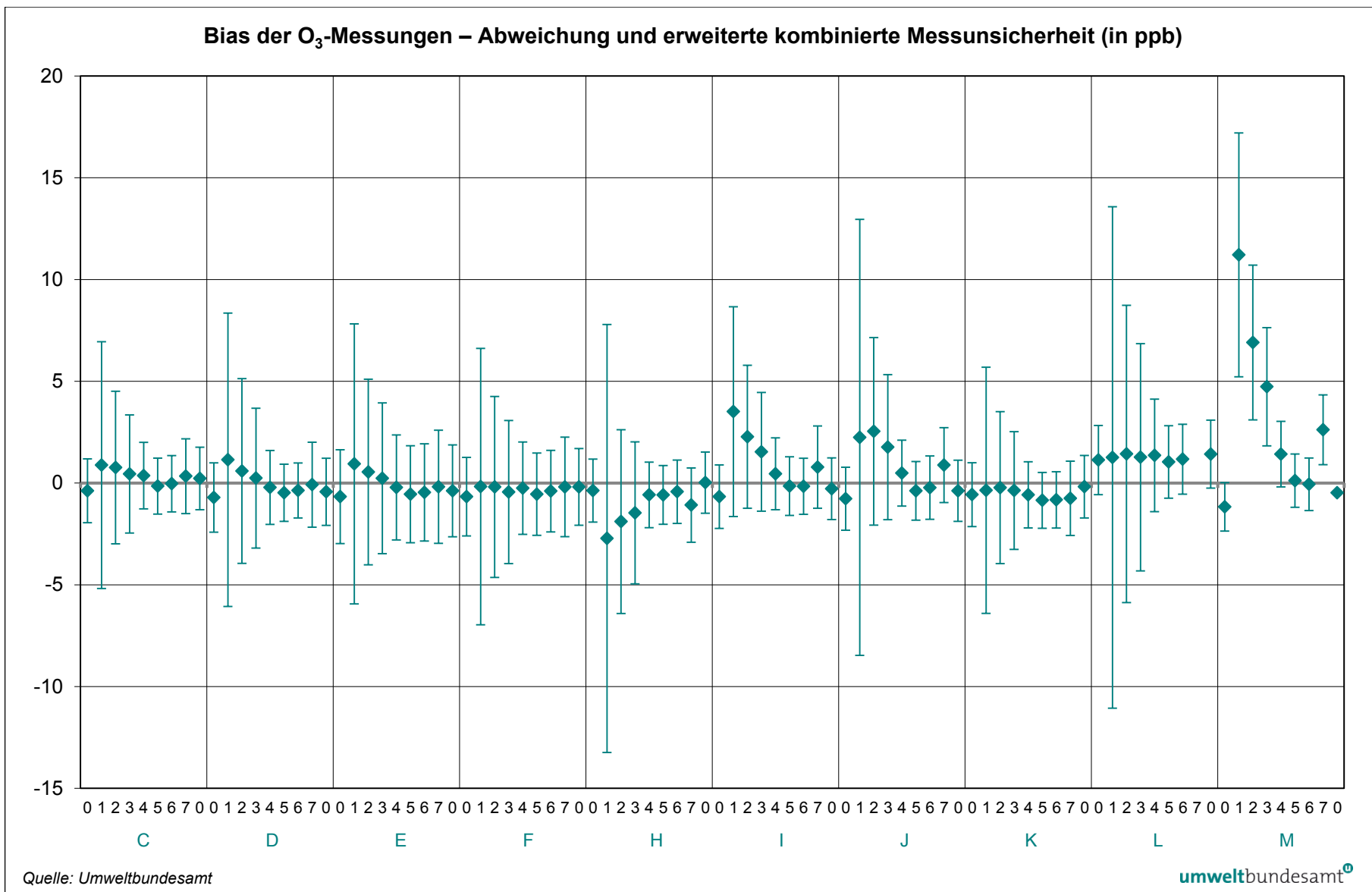


Abbildung 27: Bias der O₃-Messungen – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

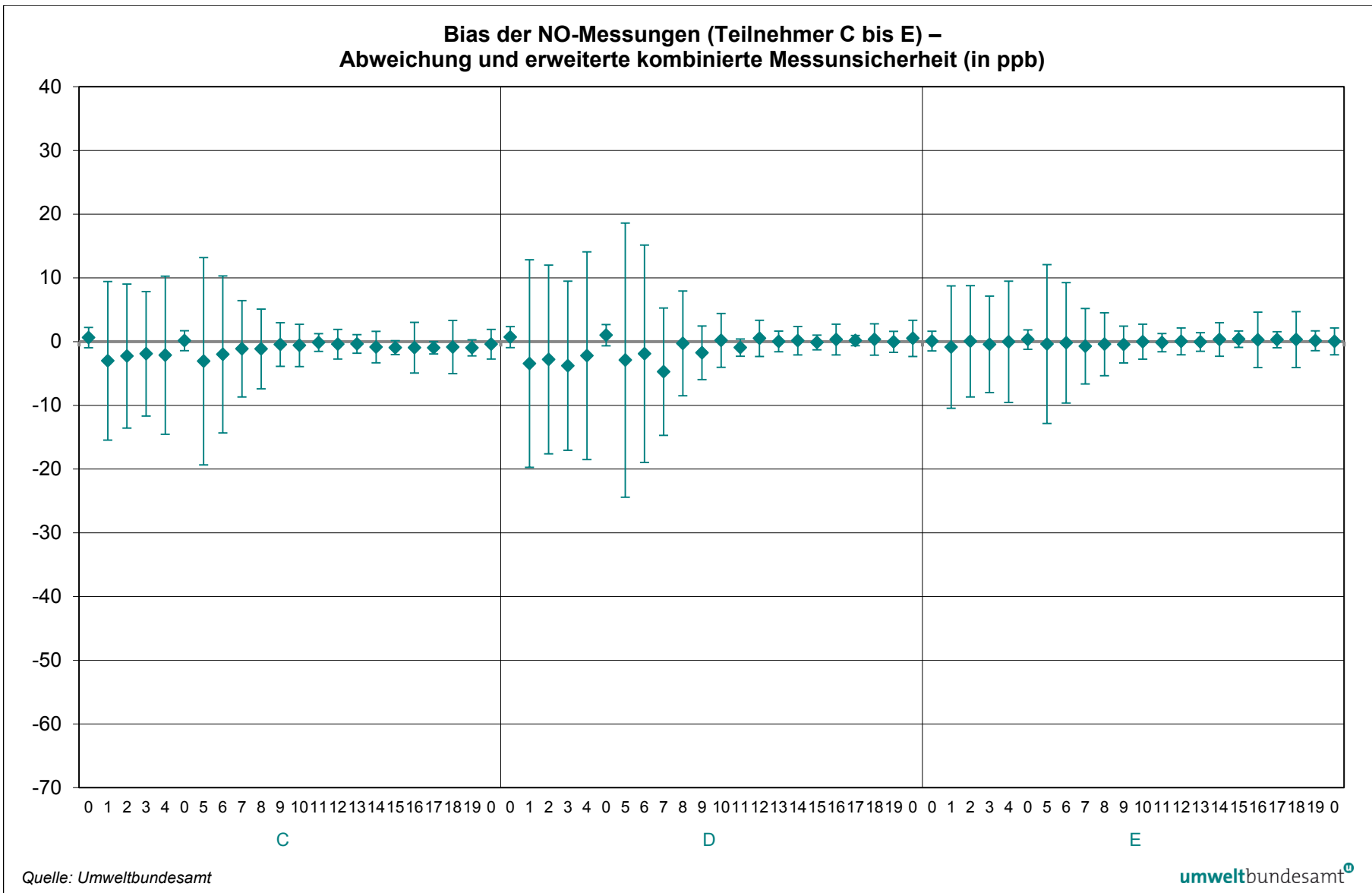


Abbildung 28: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer C bis E) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

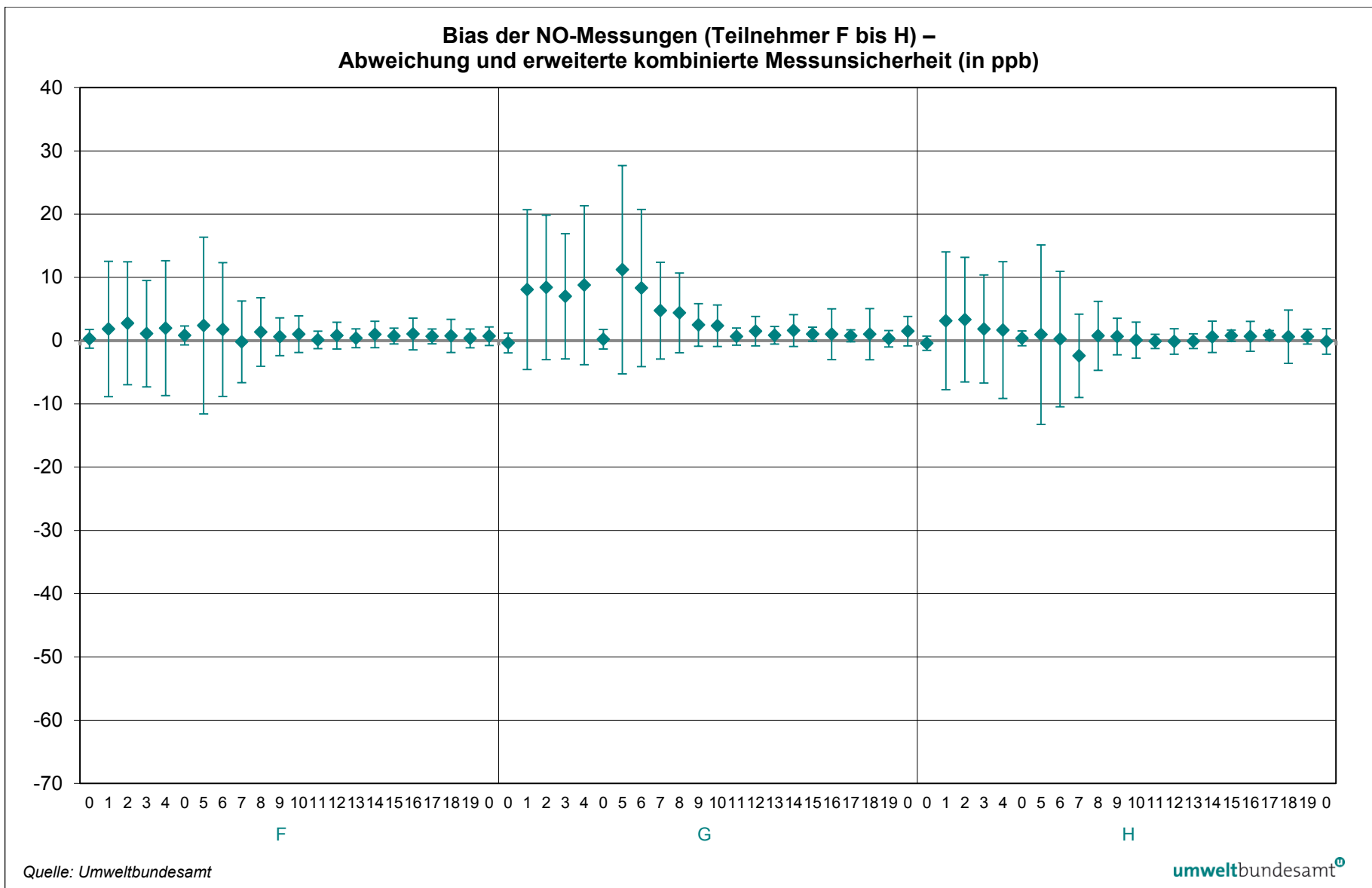


Abbildung 29: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer F bis H) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

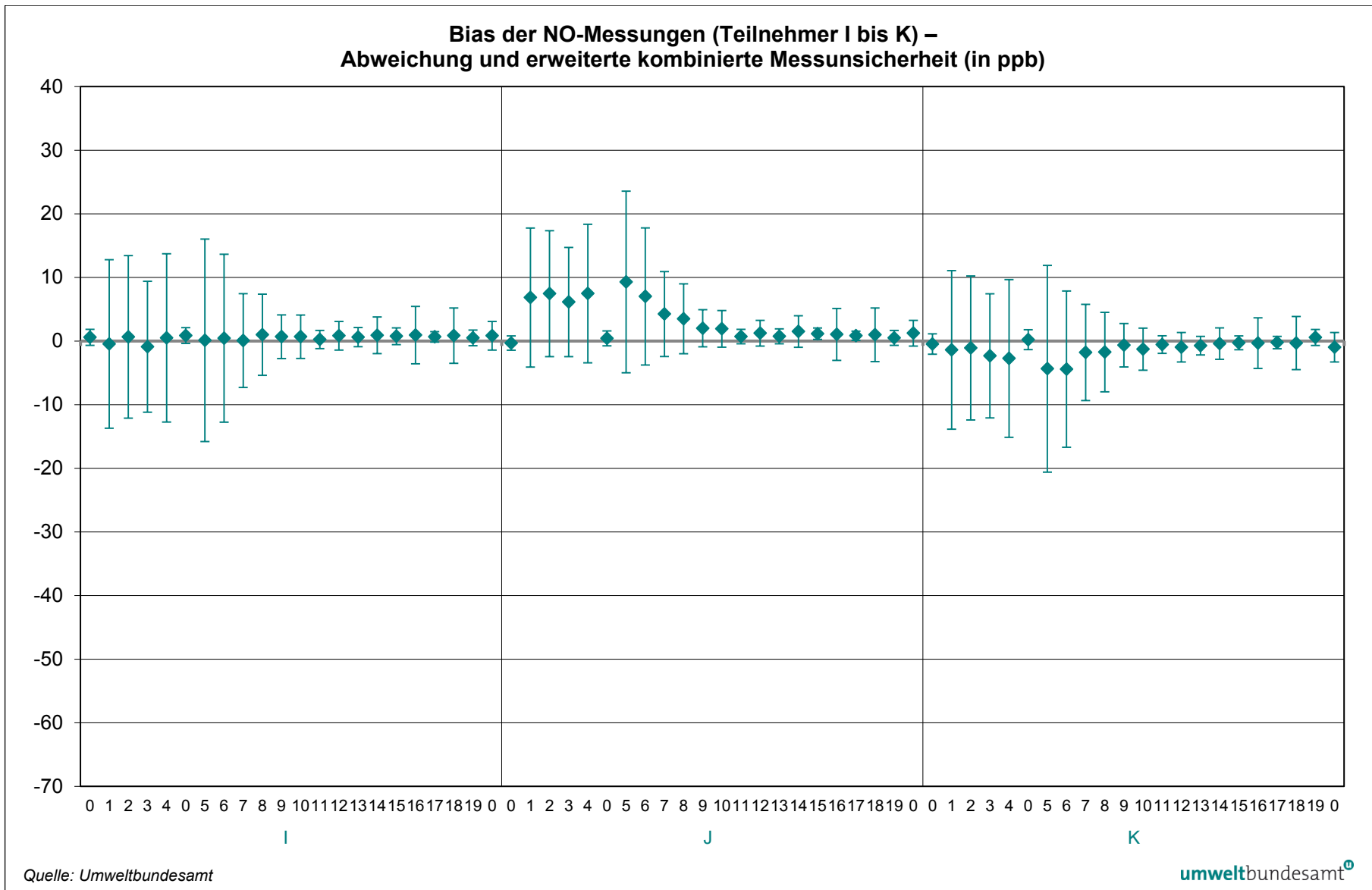


Abbildung 30: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer I bis K) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb).

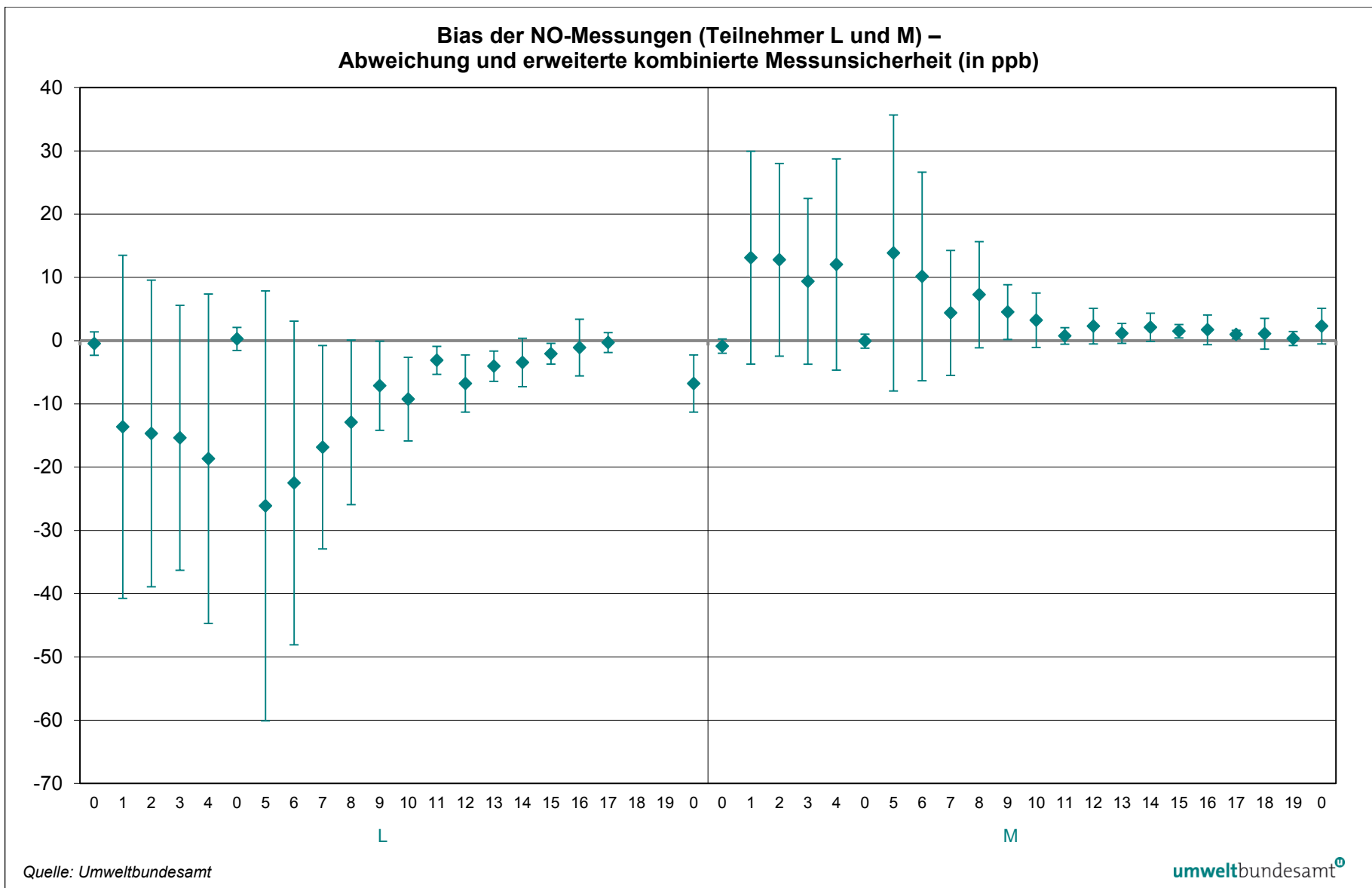


Abbildung 31: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer L und M) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in ppb)

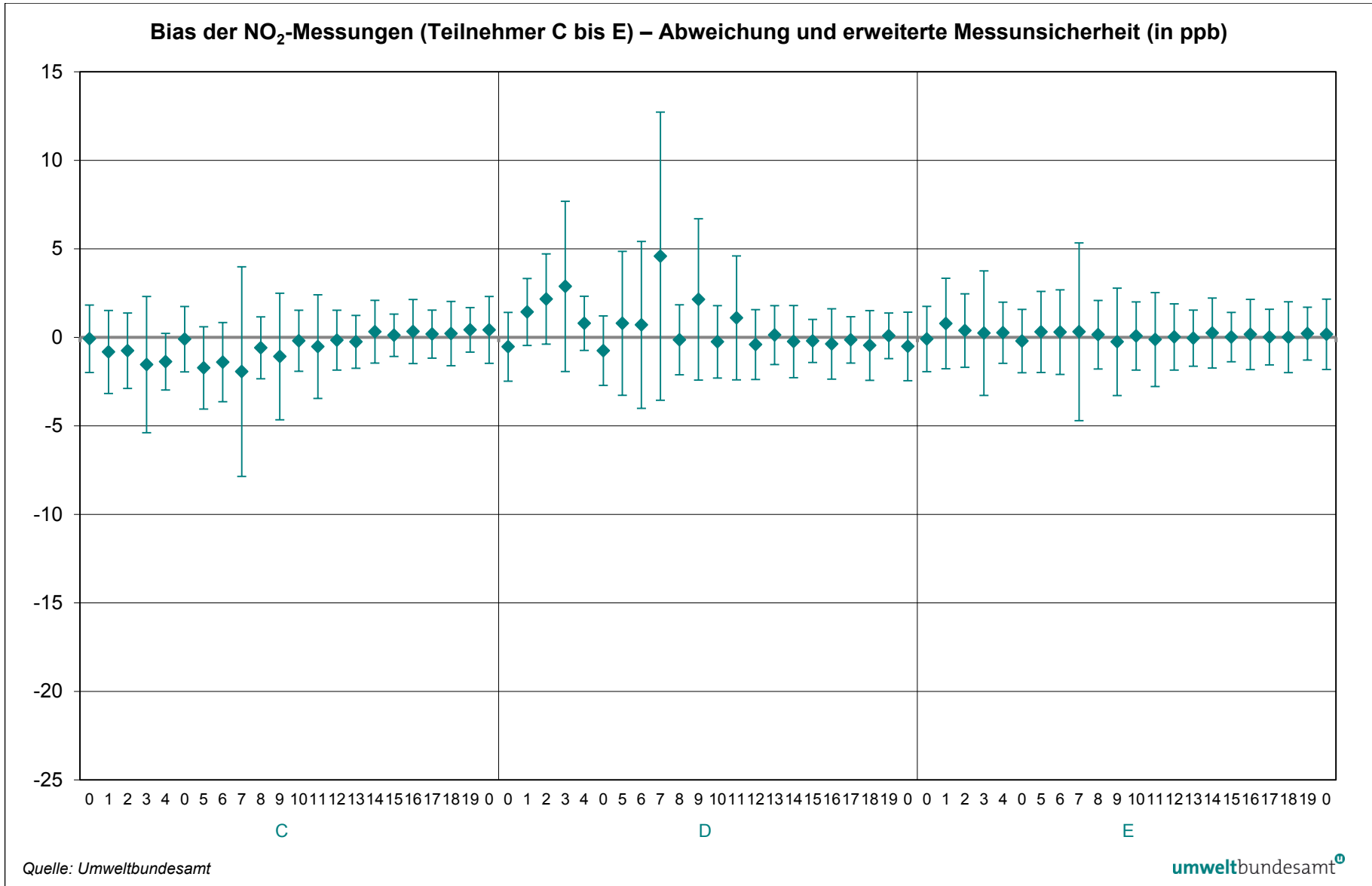


Abbildung 32: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer C bis E) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

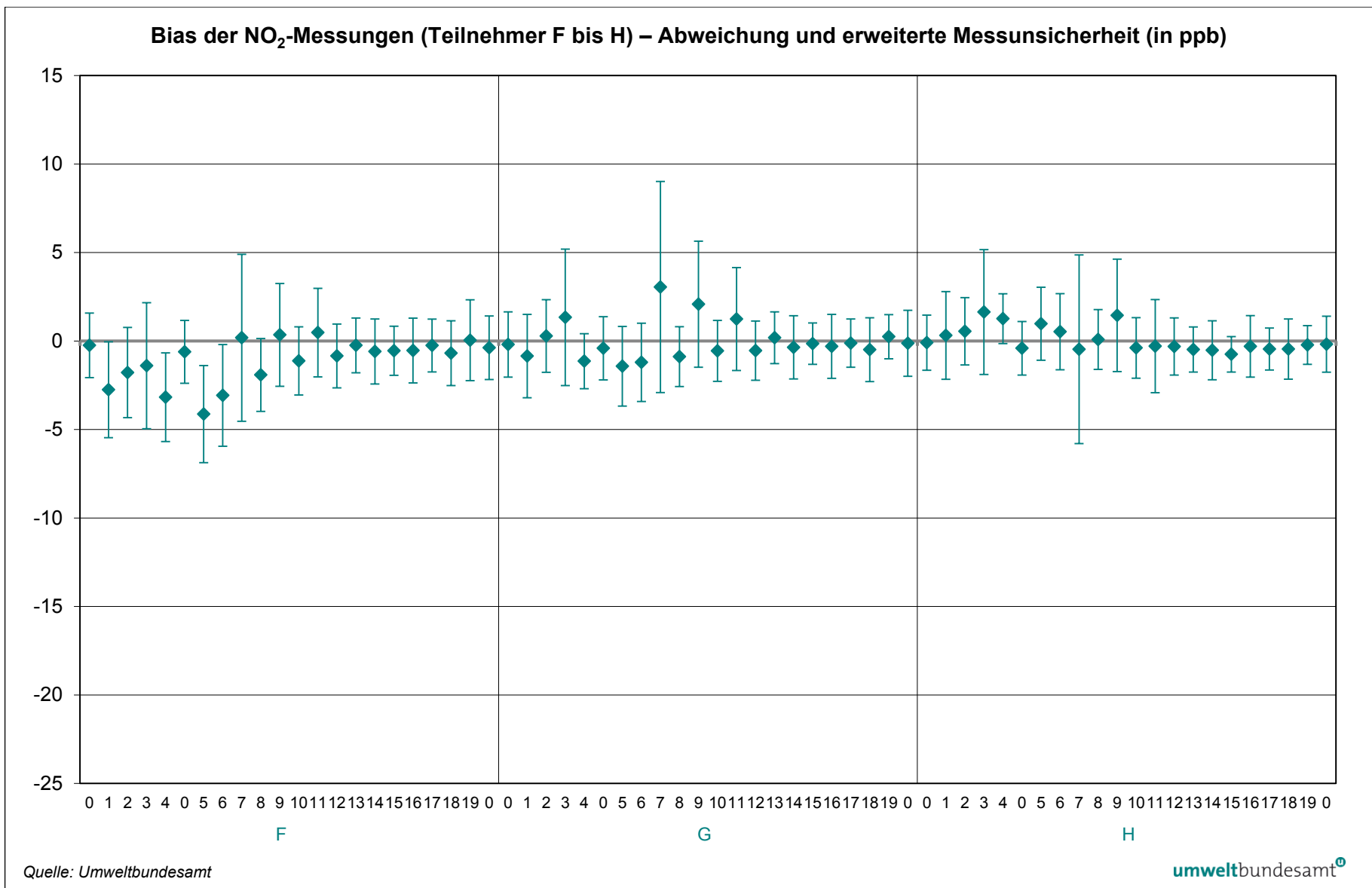


Abbildung 33: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer F bis H) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb).

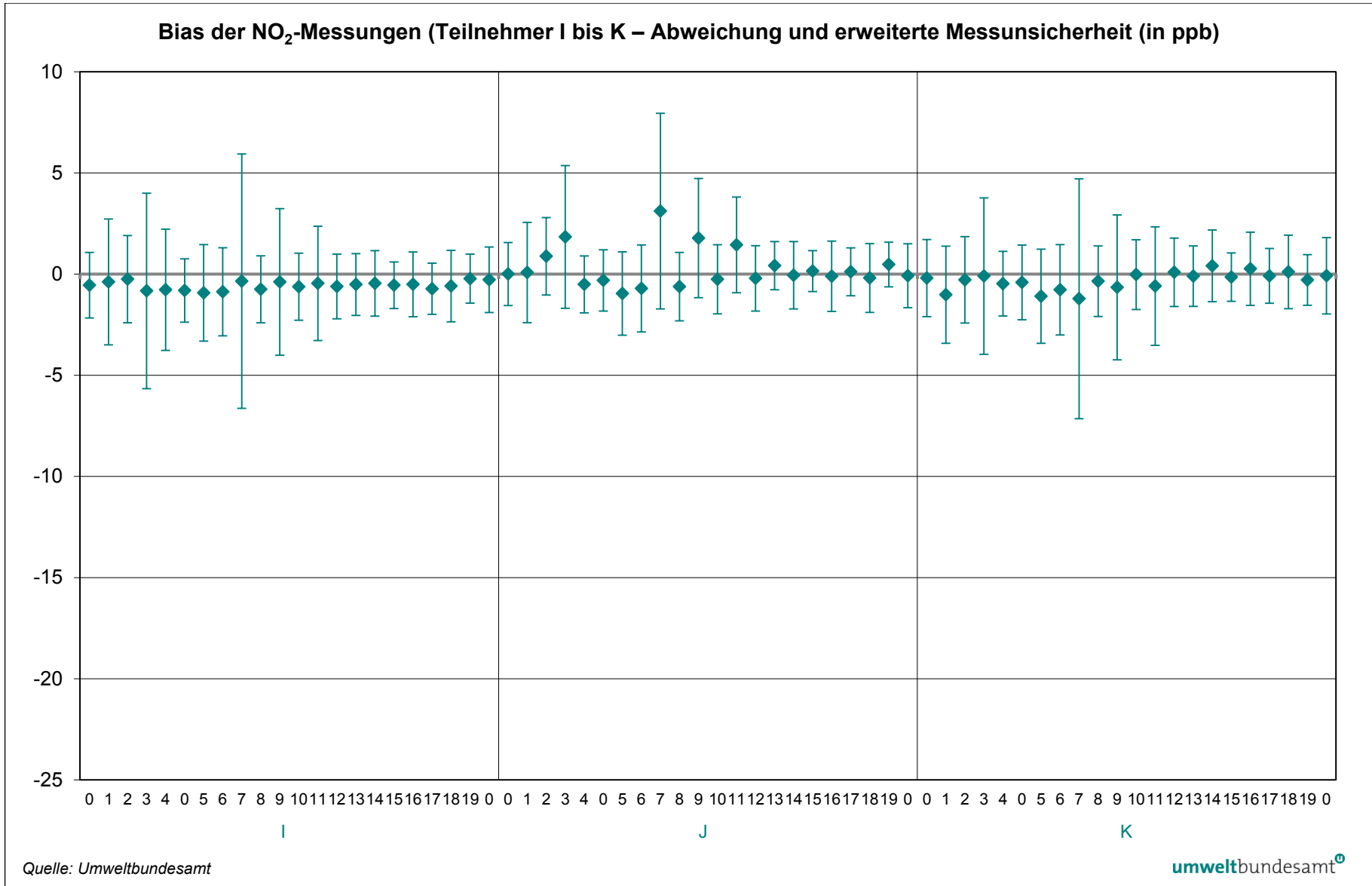


Abbildung 34: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer I bis K – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)).

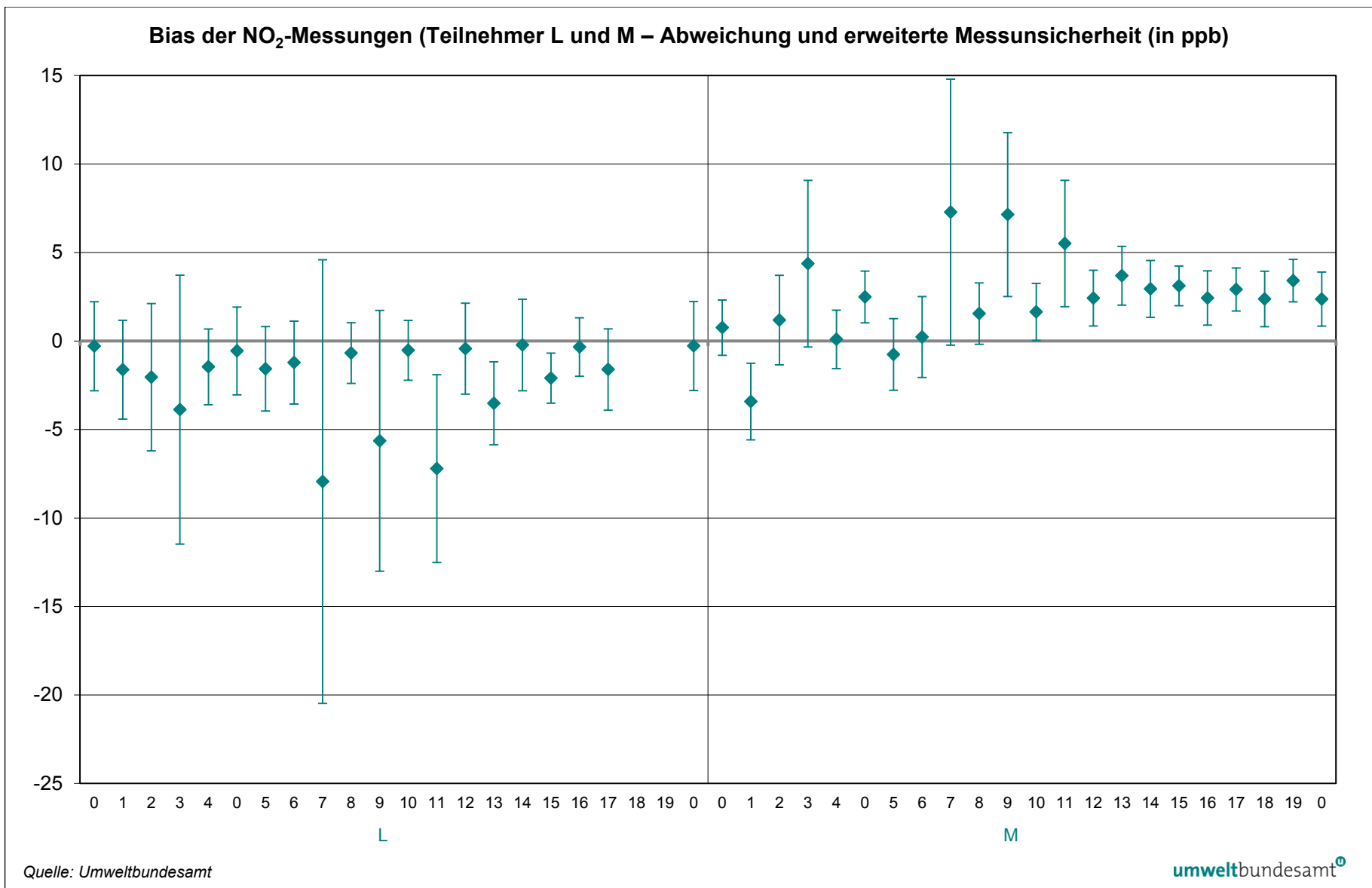


Abbildung 35: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer L und M – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in ppb)).

5 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema vorgegeben (siehe Abbildung 36.)

3 Schritte der Auswertung

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

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

Tabelle 5: Faktoren zur Berechnung der zulässigen Abweichung, Vorgabe ERLAP.

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

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

zulässige Standardabweichung

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

Aufgrund der guten Ergebnisse wurde dieses Kriterium des ERLAP aber beibehalten. Verschlechtert sich bei niedrigen Konzentrationen die Bewertung aufgrund dieses Kriteriums von a1 auf a2, so darf dies keinesfalls als signifikanter Mangel bewertet werden.

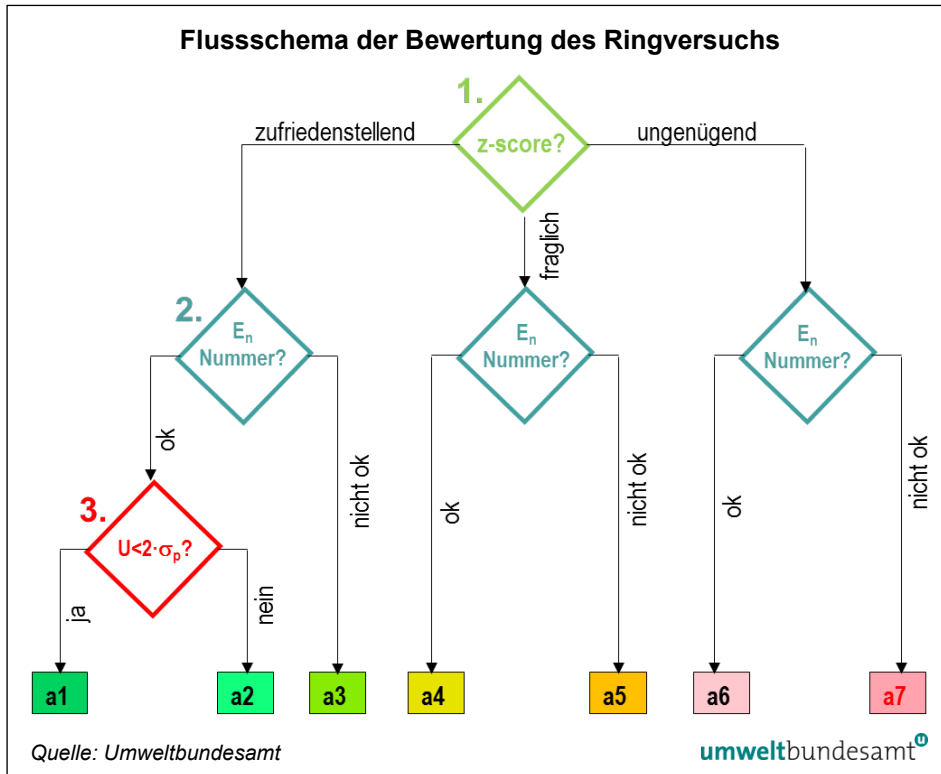


Abbildung 36:
Flussschema der
Bewertung des
Ringversuchs.

- 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 2015 sind für alle Komponenten und Konzentrationen in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
O₃-Messungen des
Ringversuchs 2015.

	Lauf Nummer	Referenz wert	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O ₃ (nmol/mol)	0	0,79	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1	a1
	1	186,36	a1	a1	a1	a1		a2	a1	a2	a1	a2	a5
	2	114,8	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a2	a3
	3	84,4	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1	a3
	4	33,9	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	16,7	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	12,0	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	51,8	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1		a3
	0 (II)	0,48	a1	a1	a1	a1		a1	a1	a1	a1	a2	a1

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen des
Ringversuchs 2015.

	Lauf Nummer	Referenz wert	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
NO (nmol/mol)	NG1	0,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	1	459,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	
	2	417,7	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	
	3	360,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	
	4	459,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	
	NG2	-0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	5	602,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1
	6	455,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1
	7	272,4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	8	228,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	115,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a3
	10	115,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	11	32,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	12	73,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	13	40,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	14	40,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	15	25,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a3	a3
	16	18,3	a2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	a2	a2	a2	a2	a1
	17	8,6	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a3	a1	a1	a1	a3
	18	18,7	a2	a1	a2	a1	a2	a2	a2	a2	a2	a2		a1
19	-0,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	
NG3	0,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

	Lauf Nummer	Referenz wert	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	1	15,2	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a5	
	2	52,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	3	110,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	
	4	13,3	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	
	NG2	0,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5
	5	4,6	a1	a2	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	6	3,4	a1	a2	a1	a5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	7	191,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1
	8	2,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	9	117,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3
	10	1,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3
	11	86,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a3
	12	1,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a5
	13	35,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a5
	14	0,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a5
	15	17,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a5
	16	1,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5
	17	12,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5
	18	1,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a5
19	19,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a5	
NG3	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a5	

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen des
Ringversuchs 2015.

Im Ringversuch 2015 haben die TeilnehmerInnen C, D, E, K für alle Komponenten und Konzentrationen, Teilnehmer G für alle NO/NO₂-Konzentrationen, neben zwei a2-Bewertungen ausschließlich a1 erhalten und weisen sehr zufriedenstellende Ergebnisse auf.

Da bei den MessnetzbetreiberInnen C, E, G und K bei der NO-Konzentration von 20 ppb die Messunsicherheit größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung war, führte dies zu zwei a2-Bewertungen (siehe Tabelle 7). Der Messnetzbetreiber D hat bei niedrigen NO₂-Konzentrationen zwei a2-Bewertungen erhalten (siehe Tabelle 8).

Teilnehmer I hat ausschließlich a1- und vier a2-Bewertungen erhalten und weist ebenfalls sehr zufriedenstellende Ergebnisse auf.

Für die Komponente NO zeigen die Messnetzbetreiber H und J bei niedrigen Konzentrationen zufriedenstellende Messergebnisse (z-score zufriedenstellend, En-Nummer nicht ok, da die Messunsicherheit unterschätzt wurde), die mit a3 bewertet werden (siehe Tabelle 7). Teilnehmer L wurde bei der NO- und NO₂-Komponente mit mehreren a3-Bewertungen beurteilt (siehe Tabelle 8).

Es wurden auch bei zwei Messnetzbetreibern fragliche Messergebnisse (E_n -Nummer liegt außerhalb des festgelegten E_n -Bereichs) verzeichnet (siehe Tabelle 6 und Tabelle 8). Dies führte zu einer a5-Bewertung; bei einem Teilnehmer wurden zwei fragliche Messergebnisse im niedrigen NO_2 -Konzentrationsbereich festgestellt. Ein Messnetzbetreiber erhielt bei den NO_2 -Konzentrationen mehrere fragliche Ergebnisse, auch bei NO_2 -Nullgas.

6 AUSBLICK

Die Ergebnisse des Ringversuchs 2015 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen.

**zufriedenstellende
Ergebnisse**

Für die Komponente O₃ war die Mehrheit der Messergebnisse sehr zufriedenstellend. Ein Messergebnis musste jedoch als „fraglich“ beurteilt werden.

Für die Komponente NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Konzentrationen eingehalten und lieferten zufriedenstellende Ergebnisse.

Nicht ganz zufriedenstellend ist die Situation bei NO₂. Für diese Komponente hat zwar der Großteil der TeilnehmerInnen sehr gute Ergebnisse erzielt, es mussten aber auch mehrfach Ergebnisse als „fraglich“ bewertet werden. Eine Verbesserung gegenüber dem Vorjahr, in dem auch Ergebnisse als „ungenügend“ und somit mit a7 bewertet wurden, ist jedoch deutlich erkennbar.

**Verbesserungs-
bedarf 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.

Im Oktober 2016 findet wieder ein Ringversuch statt, bei dem Messungen zu den Luftschadstoffen NO/NO₂, SO₂ und CO durchgeführt werden.

**weiterer
Ringversuch im
Herbst 2016**

7 LITERATURVERZEICHNIS

Rechtsnormen und Leitlinien

- AQUILA N37: 2008: Protocol for intercomparison exercise. Organisation of intercomparison exercise for gaseous air pollution for EU national air quality reference laboratories and laboratories of the WHO EURO region.
- ISO 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.
- Umweltbundesamt (2015): Böhmer, S.; Leeb, C. & Fröhlich, M.: Managementbewertung, Kalibrierstelle für Luftqualität. Bewertungszeitraum Jänner 2015 bis Dezember 2015.

ANHANG A: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

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

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

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

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

Alle Referenzwerte haben das Prüfkriterium erfüllt.

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
O ₃ 0	ppb	0,8	0,59	0,1	0,17	ok
O ₃ 1	ppb	186,4	2,23	187,5	1,90	ok
O ₃ 2	ppb	114,8	1,45	115,3	2,22	ok
O ₃ 3	ppb	84,4	1,14	84,6	1,35	ok
O ₃ 4	ppb	33,9	0,72	34,0	0,66	ok
O ₃ 5	ppb	16,7	0,63	16,5	0,85	ok
O ₃ 6	ppb	12,0	0,62	12,4	2,45	ok
O ₃ 7	ppb	51,8	0,85	48,2	11,89	ok
O ₃ 0 (II)	ppb	0,5	0,56	2,0	6,56	ok

Prüfkriterium

Tabelle 9:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für O₃.

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NO 0	ppb	0,5	0,56	0,2	0,29	ok
NO 1	ppb	459,0	4,16	460,2	6,45	ok
NO 2	ppb	417,7	3,78	419,5	6,29	ok
NO 3	ppb	360,3	3,27	361,1	5,79	ok
NO4	ppb	459,3	4,15	460,8	6,46	ok
NO 0 (II)	ppb	-0,2	0,55	0,1	0,18	ok
NO 5	ppb	602,6	5,45	600,5	12,11	ok
NO 6	ppb	455,2	4,12	456,1	6,36	ok
NO 7	ppb	272,4	2,50	270,8	6,27	ok
NO 8	ppb	228,9	2,09	229,7	3,19	ok
NO 9	ppb	115,2	1,10	115,5	2,09	ok
NO 10	ppb	115,6	1,08	116,1	1,80	ok
NO 11	ppb	32,3	0,39	32,3	0,72	ok
NO 12	ppb	73,8	0,75	74,2	1,26	ok

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

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NO 13	ppb	40,5	0,44	40,6	0,77	ok
NO 14	ppb	40,9	0,70	41,4	1,20	ok
NO 15	ppb	25,6	0,32	26,0	0,97	ok
NO 16	ppb	18,3	0,29	18,7	1,00	ok
NO 17	ppb	8,6	0,29	8,9	0,60	ok
NO 18	ppb	18,7	0,87	19,1	0,82	ok
NO 19	ppb	- 0,3	0,55	0,0	0,07	ok
NO 0 (III)	ppb	- 0,3	0,55	0,0	0,00	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NO ₂ 0	ppb	0,2	0,76	0,0	0,00	ok
NO ₂ 1	ppb	15,2	0,77	14,4	1,58	ok
NO ₂ 2	ppb	52,1	0,81	52,1	1,40	ok
NO ₂ 3	ppb	110,8	1,48	111,2	2,43	ok
NO ₂ 4	ppb	13,3	0,65	12,8	1,20	ok
NO ₂ 0 (II)	ppb	0,5	0,73	0,0	0,11	ok
NO ₂ 5	ppb	4,6	0,95	3,8	1,28	ok
NO ₂ 6	ppb	3,4	1,05	2,8	1,04	ok
NO ₂ 7	ppb	191,8	2,11	191,7	5,44	ok
NO ₂ 8	ppb	2,3	0,76	1,9	0,59	ok
NO ₂ 9	ppb	117,3	1,25	117,9	1,98	ok
NO ₂ 10	ppb	1,6	0,76	0,8	0,47	ok
NO ₂ 11	ppb	86,1	1,08	86,3	1,29	ok
NO ₂ 12	ppb	1,2	0,75	0,9	0,46	ok
NO ₂ 13	ppb	35,5	0,54	35,0	1,55	ok
NO ₂ 14	ppb	0,9	0,76	0,8	0,47	ok
NO ₂ 15	ppb	17,1	0,44	16,9	0,50	ok
NO ₂ 16	ppb	1,0	0,75	0,9	0,41	ok
NO ₂ 17	ppb	12,3	0,55	12,2	0,44	ok
NO ₂ 18	ppb	1,1	0,80	0,8	0,51	ok
NO ₂ 19	ppb	19,5	0,48	19,5	0,45	ok
NO ₂ 0 (III)	ppb	0,2	0,76	0,0	0,11	ok

ANHANG B: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse des Ringversuchs für O_3 und NO/NO_2 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 14 der Ringversuchsanlage. Die Fehlerindikatoren zeigen die erweiterte Messunsicherheit des Messwertes der Teilnehmenden.

Ergebnisse für O_3

Tabelle 11: Ergebnisse für O_3 bei Konzentration Null (Nullgas) (in ppb).

Parameter: O_3 , Konzentration 0 (Nullgas) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	
$x_i, 1$	0,39	0,06	0,10	0,10	0,40	0,10	0,00	0,20	1,90	-0,40	0,77	
$u(x_i)$	0,52	0,61	0,99	0,76	0,50	0,51	0,50	0,52	0,61	0,07	0,59	
$U(x_i)$	1,03	1,23	1,98	1,53	1,00	1,02	1,00	1,03	1,23	0,14	1,18	

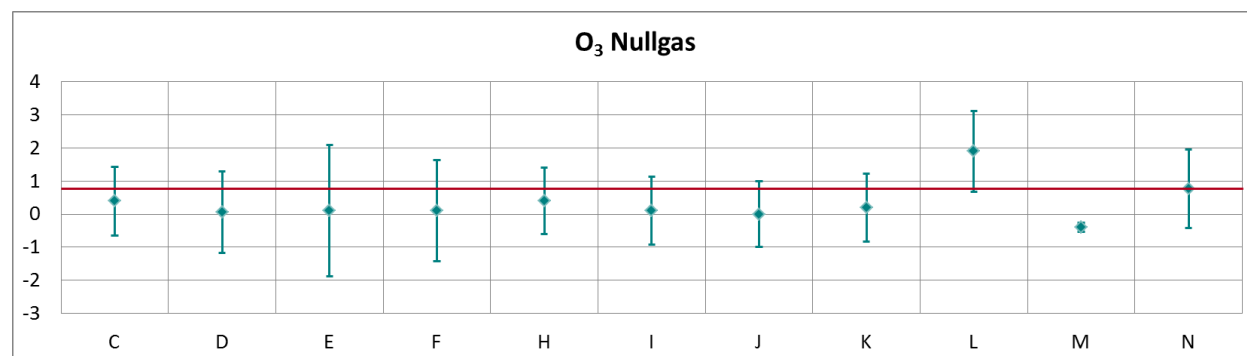


Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O_3 -Konzentration Null (Nullgas) (in ppb).

Tabelle 12: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 1 $x^* = 187,5$ $s^* = 1,90$

	Teilnehmer										
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	186,3	186,8	186,6	185,5	182,7	189,2	187,0	185,5	186,8	196,8	185,9
$x_{i,2}$	187,3	187,6	187,4	186,3	183,8	189,9	188,8	186,1	187,8	197,7	186,4
$x_{i,3}$	188,1	188,0	187,9	186,8	184,4	190,5	190,0	186,4	188,3	198,2	186,7
X_i	187,2	187,5	187,3	186,2	183,6	189,9	188,6	186,0	187,6	197,6	186,4
S_i	0,89	0,61	0,66	0,68	0,86	0,65	1,51	0,46	0,72	0,71	0,41
$u(x_i)$	2,05	2,83	2,62	2,56	4,76	1,29	4,87	2,04	5,74	2,00	2,23
$U(x_i)$	4,11	5,66	5,24	5,12	9,52	2,58	9,74	4,08	11,48	4,00	4,46

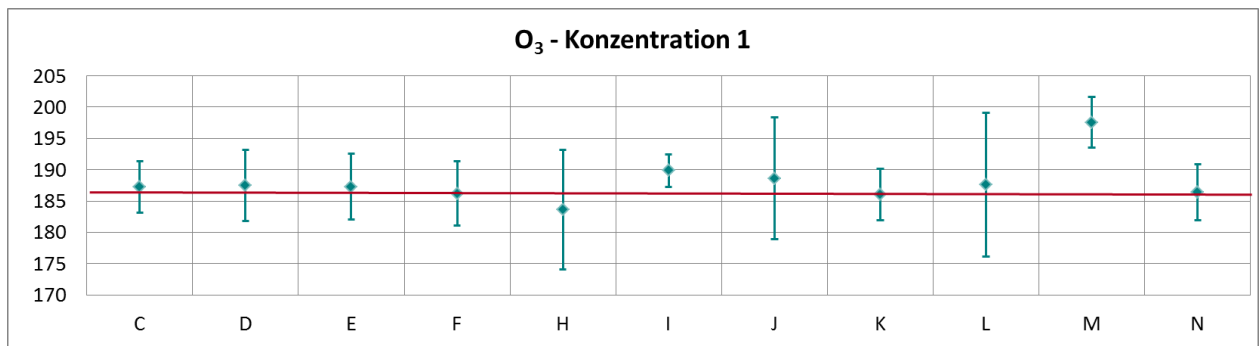


Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 13: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 2 $x^* = 115,3$ $s^* = 2,22$

	Teilnehmer										
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	115,6	115,5	115,4	114,6	112,7	117,1	117,2	114,5	116,2	121,8	115,0
$x_{i,2}$	115,7	115,5	115,5	114,8	113,2	117,3	117,5	114,6	116,4	121,9	115,0
$x_{i,3}$	115,5	115,2	115,2	114,4	112,9	116,9	117,4	114,7	116,1	121,5	114,5
X_i	115,6	115,4	115,4	114,6	112,9	117,1	117,4	114,6	116,3	121,7	114,8
S_i	0,13	0,21	0,15	0,19	0,25	0,20	0,15	0,10	0,16	0,21	0,26
$u(x_i)$	1,19	1,75	1,76	1,69	1,73	0,99	1,79	1,18	3,35	1,23	1,45
$U(x_i)$	2,37	3,49	3,52	3,37	3,46	1,98	3,58	2,35	6,70	2,46	2,90

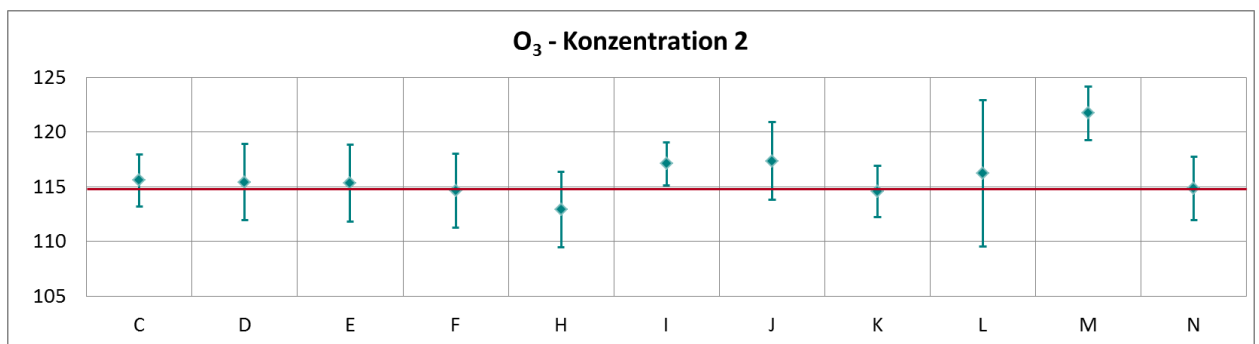


Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 14: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 3 $x^* = 84,6$ $s^* = 1,35$

	Teilnehmer										
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	84,7	84,5	84,4	83,7	82,6	85,7	85,9	83,9	85,5	88,9	84,2
$x_{i,2}$	84,9	84,7	84,7	84,0	83,1	86,0	86,3	83,9	85,8	89,2	84,5
$x_{i,3}$	85,1	84,8	84,9	84,2	83,2	86,2	86,4	84,4	85,9	89,4	84,6
X_i	84,9	84,7	84,7	84,0	83,0	86,0	86,2	84,1	85,7	89,2	84,4
S_i	0,23	0,15	0,25	0,23	0,32	0,25	0,26	0,29	0,21	0,25	0,21
$u(x_i)$	0,90	1,29	1,46	1,34	1,32	0,91	1,37	0,89	2,55	0,90	1,14
$U(x_i)$	1,79	2,57	2,92	2,68	2,64	1,82	2,74	1,78	5,10	1,80	2,28

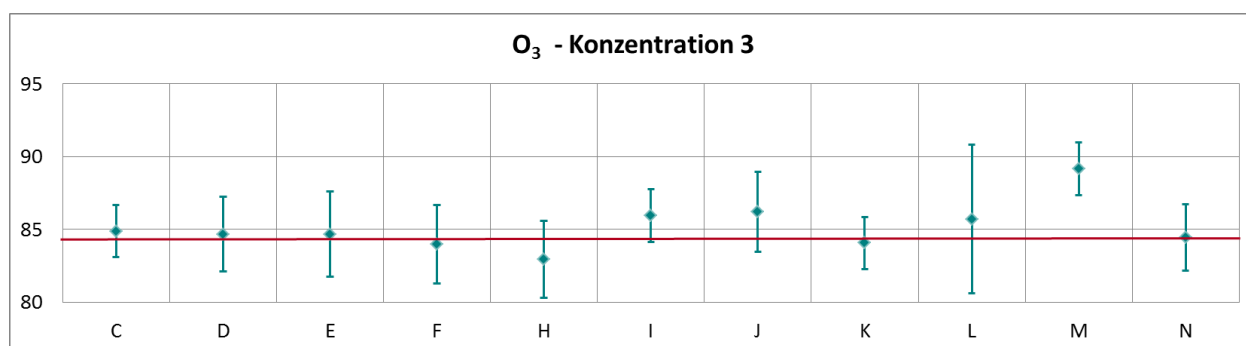


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 15: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 4 $x^* = 34,0$ $s^* = 0,66$

	Teilnehmer										
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	34,2	33,7	33,7	33,7	33,3	34,4	34,4	33,4	35,5	35,3	33,8
$x_{i,2}$	34,3	33,7	33,7	33,6	33,3	34,3	34,4	33,2	35,2	35,3	34,0
$x_{i,3}$	34,2	33,6	33,6	33,5	33,3	34,3	34,3	33,3	35,1	35,3	33,8
X_i	34,2	33,7	33,7	33,7	33,3	34,4	34,4	33,4	35,5	35,3	33,9
S_i	0,02	0,06	0,06	0,11	0,00	0,06	0,06	0,10	0,23	0,00	0,13
$u(x_i)$	0,38	0,55	1,07	0,88	0,36	0,51	0,37	0,38	1,18	0,36	0,72
$U(x_i)$	0,77	1,11	2,14	1,76	0,72	1,02	0,74	0,75	2,36	0,72	1,44

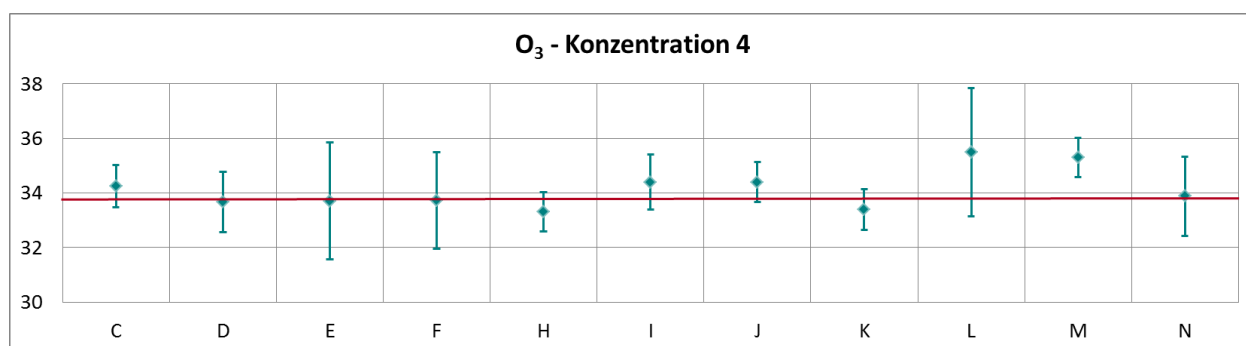


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 16: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 5 $x^* = 16,5$ $s^* = 0,85$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	16,4	16,2	16,1	16,0	16,0	16,4	16,2	15,8	17,6	16,7	16,5	
$x_{i,2}$	16,6	16,2	16,1	16,2	16,2	16,6	16,3	15,8	17,7	16,8	16,8	
$x_{i,3}$	16,7	16,2	16,2	16,2	16,1	16,6	16,4	15,9	17,8	16,9	16,7	
X_i	16,5	16,2	16,1	16,1	16,1	16,5	16,3	15,8	17,7	16,8	16,7	
S_i	0,15	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,10	0,06	0,12	0,10	0,14	
$u(x_i)$	0,27	0,31	1,01	0,79	0,35	0,35	0,35	0,27	0,63	0,18	0,63	
$U(x_i)$	0,55	0,62	2,02	1,58	0,70	0,70	0,70	0,54	1,25	0,36	1,26	

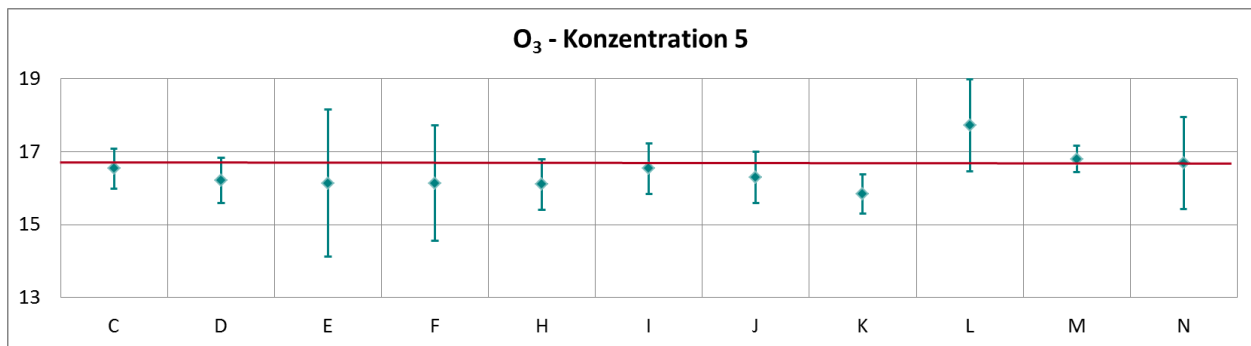


Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 17: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 6 $x^* = 12,4$ $s^* = 2,45$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	12,0	11,6	11,6	11,7	11,6	11,9	11,8	11,2	13,2	12,0	12,1	
$x_{i,2}$	12,2	11,9	11,7	11,8	11,7	12,0	12,0	11,2	13,4	12,1	12,2	
$x_{i,3}$	11,8	11,4	11,3	11,4	11,4	11,6	11,5	11,1	12,9	11,7	11,7	
X_i	12,0	11,6	11,5	11,6	11,6	11,8	11,8	11,2	13,2	11,9	12,0	
S_i	0,19	0,25	0,21	0,21	0,15	0,21	0,25	0,06	0,24	0,21	0,26	
$u(x_i)$	0,31	0,27	1,02	0,79	0,47	0,30	0,47	0,31	0,59	0,18	0,62	
$U(x_i)$	0,62	0,53	2,04	1,58	0,94	0,60	0,94	0,61	1,19	0,36	1,24	

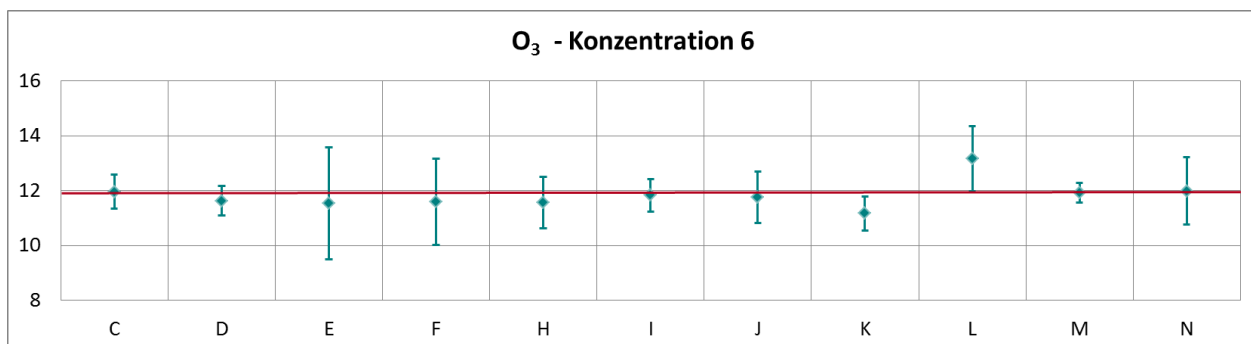


Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 18: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 7 $x^* = 48,2$ $s^* = 11,89$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	51,7	51,2	51,1	51,2	50,3	52,2	52,2	50,9	0,0	54,0	51,4	
$x_{i,2}$	52,2	51,8	51,7	51,6	50,8		52,8	50,8	0,0	54,5	52,0	
$x_{i,3}$	52,5	52,1	52,0	52,0	51,0	52,9	53,0	51,4	0,0	54,7	52,0	
X_i	52,1	51,7	51,6	51,6	50,7	52,6	52,7	51,0	0,0	54,4	51,8	
S_i	0,39	0,45	0,46	0,38	0,36	0,49	0,42	0,32	0,00	0,36	0,32	
$u(x_i)$	0,67	0,83	1,24	1,05	0,66	0,79	0,67	0,66	0,00	0,58	0,85	
$U(x_i)$	1,34	1,66	2,48	2,10	1,32	1,58	1,34	1,32	0,00	1,16	1,26	

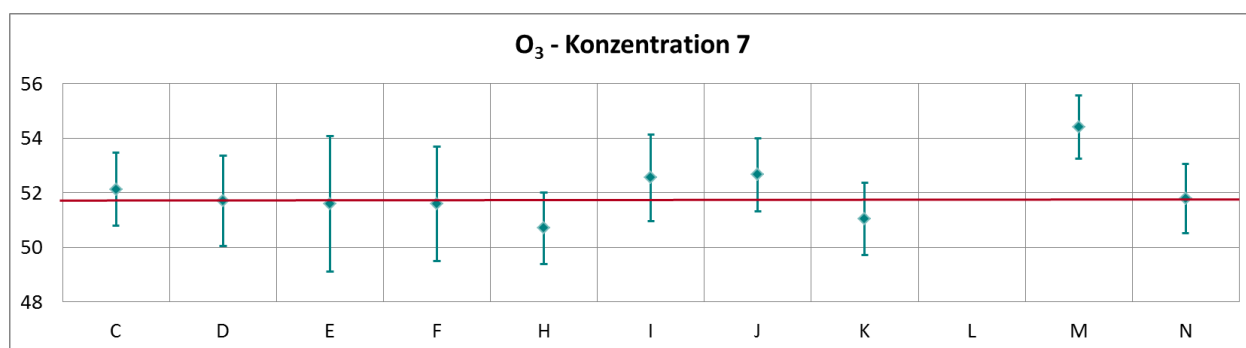


Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 19: Ergebnisse für O₃ bei Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Parameter: O₃, Konzentration 0 (NG2) $x^* = 2,03$ $s^* = 6,56$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	0,6	0,0	0,0	0,2	0,4	0,1	0,0	0,2	1,8	-0,1	0,4	
$x_{i,2}$	0,5	0,0	0,0	0,1	0,5	0,1	0,0	0,3	1,8	-0,1	0,6	
X_i	0,6	0,0	0,0	0,2	0,5	0,1	0,0	0,3	1,8	-0,1	0,5	
$u(x_i)$	0,52	0,61	0,98	0,76	0,50	0,51	0,50	0,52	0,62	0,08	0,56	
$U(x_i)$	1,05	1,21	1,96	1,52	1,00	1,02	1,00	1,05	1,24	0,16	1,12	

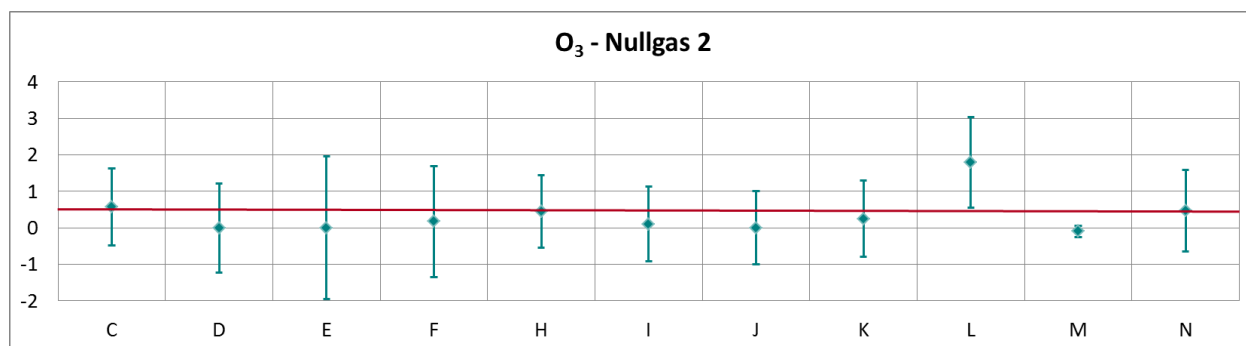


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die O₃-Konzentration Null (NG2) (in ppb).

Ergebnisse für NO/NO₂

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

Parameter: NO, Konzentration 0 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,29$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	1,15	1,17	0,60	0,70	0,10	0,10	1,00	0,10	0,00	0,00	-0,40	0,45
$x_{i,2}$	1,05	1,18	0,50	0,80	0,10	0,00	1,10	0,20	0,00	0,00	-0,40	0,48
X_i	1,10	1,18	0,55	0,75	0,10	0,05	1,05	0,15	0,00	0,00	-0,40	0,47
S_i	0,07	0,01	0,07	0,07	0,00	0,07	0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02
$u(x_i)$	0,57	0,61	0,53	0,48	0,55	0,00	0,28	0,06	0,57	0,73	0,03	0,56
$U(x_i)$	1,14	1,21	1,06	0,97	1,09	0,00	0,56	0,12	1,14	1,46	0,06	1,12

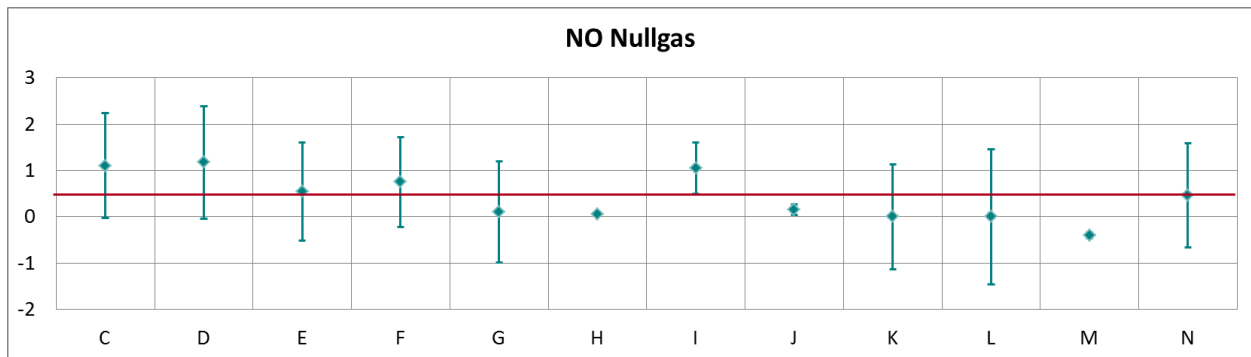


Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration bei Nullgas (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 1 $x^* = 460,2$ $s^* = 6,45$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	456,3	455,4	458,3	459,8	466,1	461,4	458,2	465,3	457,1	445,3	471,8	459,0
$x_{i,2}$	456,3	456,1	458,7	461,5	467,6	462,7	459,1	466,5	457,7	446,3	472,1	459,5
$x_{i,3}$	455,4	455,3	457,5	461,3	467,6	462,4	458,4	465,8	458,1	444,6	472,5	458,6
X_i	456,0	455,6	458,2	460,9	467,1	462,2	458,6	465,9	457,6	445,4	472,1	459,0
S_i	0,51	0,46	0,61	0,93	0,87	0,68	0,47	0,60	0,50	0,85	0,35	0,46
$u(x_i)$	4,62	7,00	2,40	3,36	4,75	0,00	5,15	3,54	4,64	12,90	7,31	4,16
$U(x_i)$	9,24	14,00	4,80	6,73	9,51	0,00	10,30	7,08	9,27	25,81	14,62	8,32

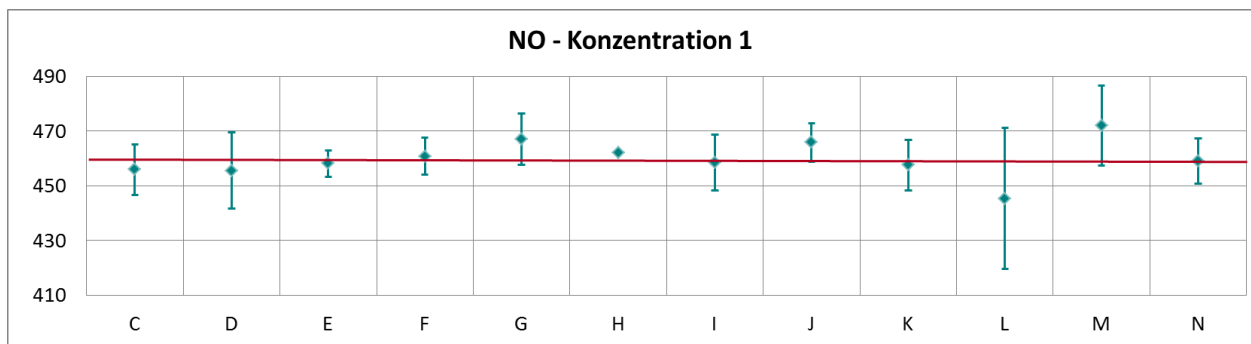


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 1 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 2 $x^* = 419,5$ $s^* = 6,29$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	415,1	414,6	417,3	420,7	426,2	421,3	418,1	425,1	416,4	403,6	430,6	417,5
$x_{i,2}$	415,3	414,7	417,8	420,3	426,0	420,8	418,3	425,1	416,6	402,8	430,3	417,6
$x_{i,3}$	415,9	415,4	418,1	420,3	426,1	420,9	418,6	425,2	416,8	402,6	430,5	418,0
X_i	415,4	414,9	417,7	420,4	426,1	421,0	418,3	425,1	416,6	403,0	430,5	417,7
S_i	0,41	0,44	0,40	0,23	0,10	0,26	0,25	0,06	0,20	0,54	0,15	0,32
$u(x_i)$	4,20	6,37	2,19	3,05	4,28	0,00	5,15	3,19	4,21	11,51	6,61	3,78
$U(x_i)$	8,40	12,74	4,38	6,11	8,56	0,00	10,30	6,38	8,42	23,02	13,22	7,56

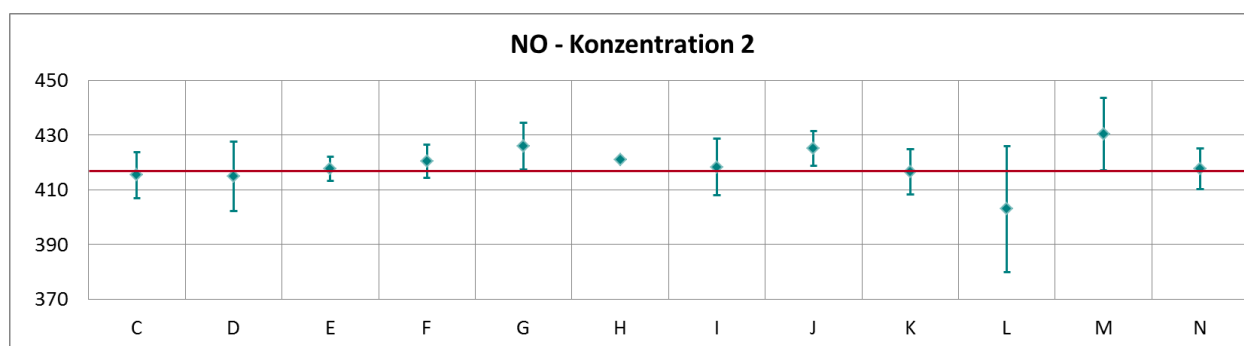


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 2 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 3 $x^* = 361,0$ $s^* = 5,79$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	358,7	357,1	360,2	361,8	367,9	362,9	360,9	367,0	358,6	345,7	370,3	360,8
$x_{i,2}$	358,3	356,3	359,7	361,2	367,2	362,1	357,7	366,1	357,9	344,7	369,6	360,2
$x_{i,3}$	358,2	356,2	359,8	361,3	366,9	361,5	359,7	366,3	357,5	344,5	369,2	360,1
X_i	358,4	356,5	359,9	361,4	367,3	362,2	359,4	366,5	358,0	345,0	369,7	360,3
S_i	0,27	0,46	0,26	0,32	0,51	0,70	1,62	0,47	0,56	0,62	0,56	0,38
$u(x_i)$	3,63	5,77	1,90	2,64	3,72	0,00	3,97	2,78	3,62	9,95	5,68	3,27
$U(x_i)$	7,25	11,55	3,80	5,29	7,43	0,00	7,94	5,56	7,24	19,90	11,36	6,54

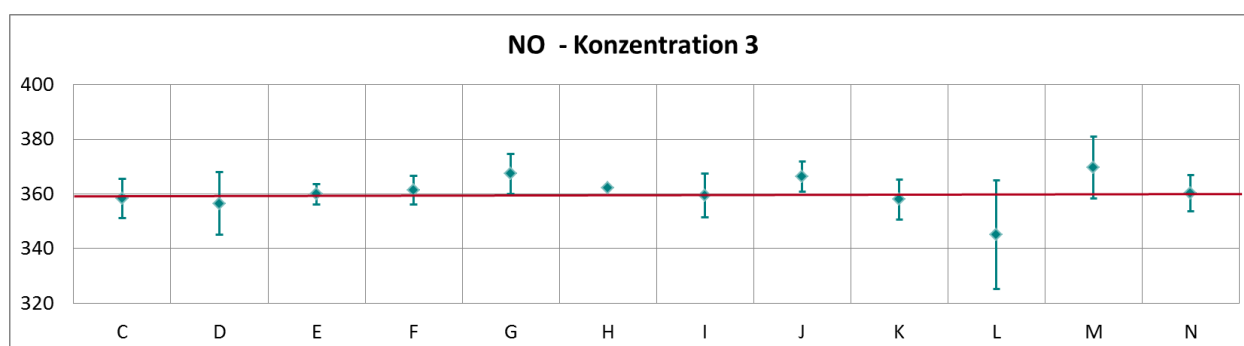


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 3 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 4 $x^* = 460,8$ $s^* = 6,46$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	456,8	456,8	459,1	460,9	467,5	460,7	459,5	466,5	456,3	440,6	471,1	459,0	
$x_{i,2}$	457,3	457,2	459,3	461,3	468,3	461,1	459,9	466,8	456,7	440,9	471,4	459,5	
$x_{i,3}$	457,6	457,4	459,5	461,7	468,5	461,2	460,1	467,1	456,8	440,5	471,6	459,4	
X_i	457,2	457,1	459,1	460,9	467,5	460,7	459,5	466,5	456,3	440,6	471,4	459,3	
S_i	0,39	0,32	0,20	0,40	0,53	0,26	0,31	0,30	0,26	0,19	0,25	0,26	
$u(x_i)$	4,61	7,01	2,33	3,35	4,72	0,00	5,15	3,52	4,61	12,35	7,24	4,15	
$U(x_i)$	9,23	14,03	4,66	6,69	9,43	0,00	10,30	7,04	9,21	24,69	14,48	8,30	

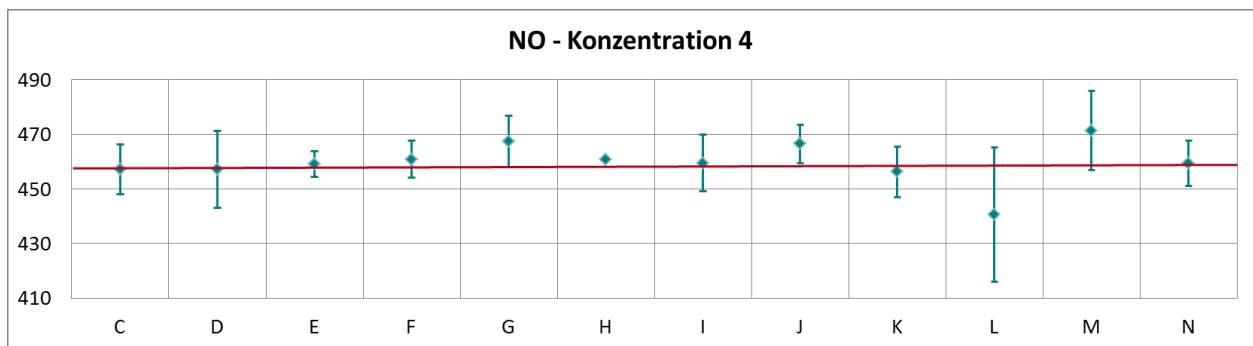


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 4 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 5 $x^* = 600,5$ $s^* = 12,11$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	599,1	599,3	601,9	604,6	613,3	603,7	602,4	611,5	598,3	576,8	616,5	602,3	
$x_{i,2}$	599,7	599,4	602,4	605,0	613,9	603,5	602,7	612,0	598,4	576,4	616,7	602,7	
$x_{i,3}$	599,7	600,3	602,3	605,3	614,2	603,4	603,0	612,1	598,0	576,2	616,1	602,7	
X_i	599,5	599,7	602,2	605,0	613,8	603,5	602,7	611,9	598,2	576,5	616,4	602,6	
S_i	0,33	0,53	0,26	0,35	0,46	0,15	0,30	0,32	0,21	0,34	0,31	0,25	
$u(x_i)$	6,04	9,27	3,02	4,36	6,17	0,00	5,80	4,61	6,02	16,09	9,45	5,45	
$U(x_i)$	12,07	18,54	6,04	8,73	12,34	0,00	11,60	9,22	12,05	32,18	18,90	10,90	

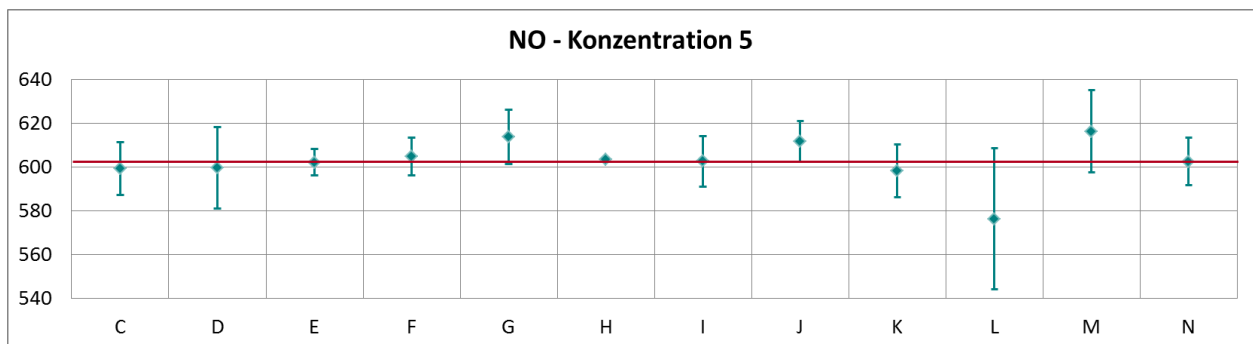


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 5 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 6 $x^* = 546,1$ $s^* = 6,36$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	452,9	453,2	454,9	456,8	463,3	455,5	455,3	462,0	450,6	433,0	465,4	454,8	
$x_{i,2}$	453,2	452,9	455,0	456,9	463,5	455,1	455,7	462,2	450,8	432,7	465,2	455,3	
$x_{i,3}$	453,3	453,6	455,0	457,0	463,6	455,6	455,8	462,3	450,8	432,3	465,3	455,4	
X_i	453,1	453,2	455,0	456,9	463,5	455,4	455,6	462,2	450,7	432,7	465,3	455,2	
S_i	0,25	0,38	0,06	0,10	0,15	0,26	0,26	0,15	0,12	0,31	0,10	0,34	
$u(x_i)$	4,58	7,47	2,31	3,31	4,65	0,00	5,15	3,47	4,55	12,11	7,14	4,12	
$U(x_i)$	9,16	14,93	4,62	6,63	9,30	0,00	10,30	6,94	9,11	24,22	14,28	8,24	

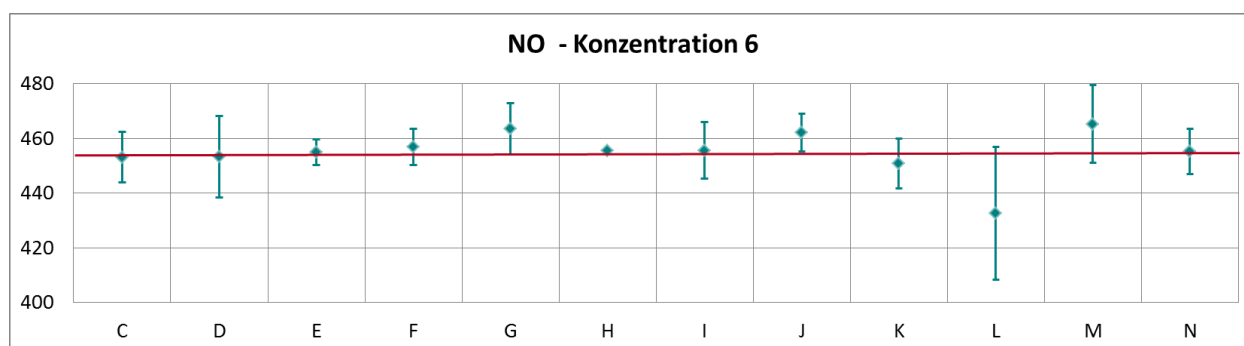


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 6 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 7 $x^* = 270,8$ $s^* = 6,27$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	272,1	268,2	272,4	273,1	278,0	271,7	273,2	277,5	270,5	256,4	277,7	273,2	
$x_{i,2}$	270,9	267,9	271,4	271,9	276,8		272,2	276,3	270,6	255,2	276,4	272,0	
$x_{i,3}$	270,7	266,8	271,1	271,5	276,5	268,2	271,9	276,0	270,6	254,9	276,1	271,9	
X_i	271,2	267,6	271,6	272,2	277,1	270,0	272,4	276,6	270,6	255,5	276,7	272,4	
S_i	0,76	0,76	0,68	0,83	0,79	2,47	0,68	0,79	0,06	0,76	0,85	0,73	
$u(x_i)$	2,84	4,32	1,58	2,04	2,89	2,15	2,71	2,21	2,83	7,64	4,26	2,50	
$U(x_i)$	5,68	8,65	3,16	4,07	5,78	4,30	5,42	4,42	5,66	15,28	8,52	5,00	

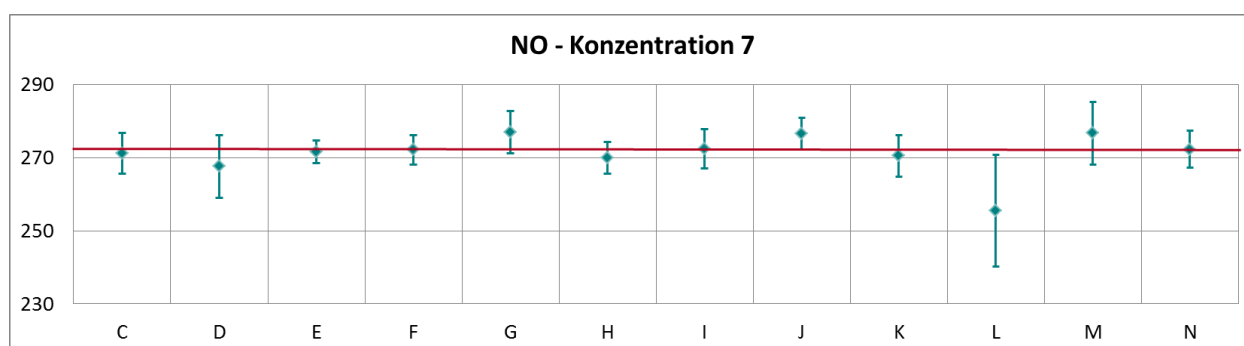


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 7 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 8 $x^* = 229,7$ $s^* = 3,19$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	227,8	228,6	228,7	230,3	233,3	229,3	229,8	232,7	226,8	215,8	235,9	228,9	
$x_{i,2}$	228,0	228,9	228,7	230,5	233,3	229,9	230,1	232,3	227,3	216,1	236,3	229,0	
$x_{i,3}$	227,5	228,4	228,1	230,0	233,3	229,8	229,8	232,2	227,4	216,2	236,3	228,9	
X_i	227,8	228,6	228,5	230,3	233,3	229,7	229,9	232,4	227,2	216,0	236,2	228,9	
S_i	0,28	0,27	0,35	0,25	0,00	0,32	0,17	0,26	0,32	0,20	0,23	0,05	
$u(x_i)$	2,33	3,54	1,32	1,72	2,36	1,75	2,41	1,78	2,32	6,16	3,64	2,09	
$U(x_i)$	4,66	7,08	2,64	3,45	4,72	3,50	4,82	3,56	4,65	12,31	7,28	4,18	

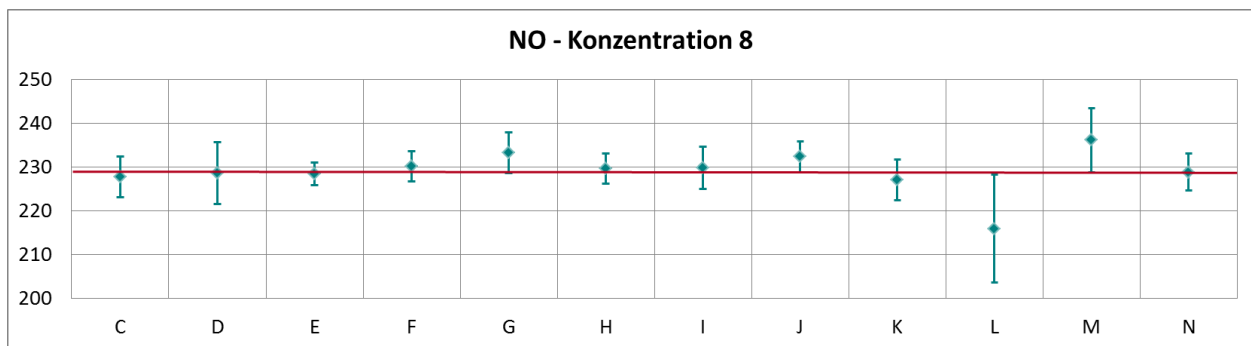


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 8 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 9 $x^* = 115,5$ $s^* = 2,09$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	115,1	114,1	115,2	116,2	118,0	116,0	116,4	117,5	114,9	108,5	119,8	115,8	
$x_{i,2}$	114,6	113,1	114,6	115,6	117,5	115,7	115,7	117,0	114,3	107,8	119,5	114,9	
$x_{i,3}$	114,5	113,1	114,4	115,6	117,5	115,8	115,5	117,1	114,4	107,8	119,8	114,9	
X_i	114,7	113,4	114,7	115,8	117,7	115,8	115,9	117,2	114,5	108,1	119,7	115,2	
S_i	0,35	0,59	0,42	0,35	0,29	0,15	0,47	0,26	0,32	0,38	0,17	0,51	
$u(x_i)$	1,31	1,80	0,94	1,00	1,27	0,94	1,32	0,96	1,31	3,35	1,86	1,10	
$U(x_i)$	2,62	3,59	1,88	2,01	2,54	1,88	2,64	1,92	2,61	6,70	3,72	2,20	

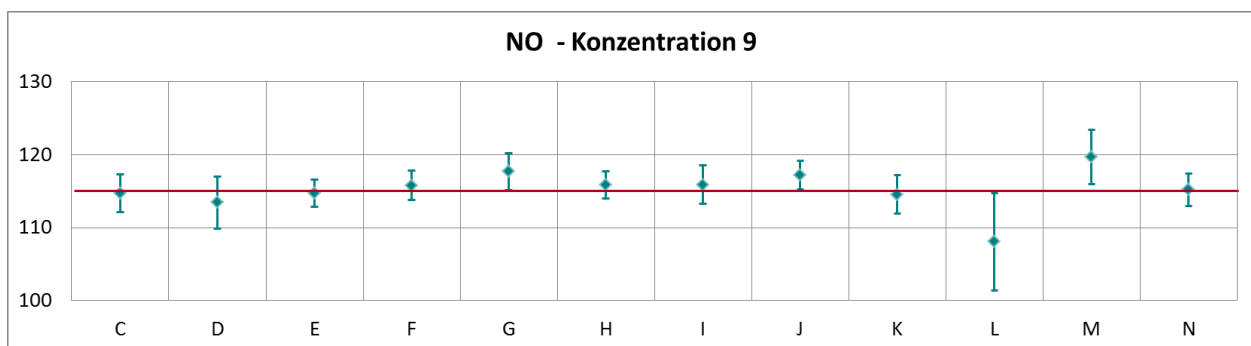


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 9 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 10 $x^* = 116,1$ $s^* = 1,80$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	114,7	115,5	115,4	116,3	117,8	115,4	115,9	117,3	113,9	106,1	118,3	115,3	
$x_{i,2}$	115,2	115,9	115,7	116,8	118,0	116,0	116,4	117,6	114,4	106,4	119,0	115,7	
$x_{i,3}$	115,2	116,0	115,7	116,8	118,1	115,7	116,6	117,7	114,7	106,5	119,2	115,8	
X_i	115,0	115,8	115,6	116,6	118,0	115,7	116,3	117,5	114,3	106,4	118,8	115,6	
S_i	0,25	0,24	0,17	0,29	0,15	0,30	0,36	0,21	0,40	0,20	0,47	0,30	
$u(x_i)$	1,26	1,81	0,85	0,97	1,24	0,93	1,32	0,95	1,25	3,12	1,86	1,08	
$U(x_i)$	2,52	3,63	1,70	1,93	2,47	1,86	2,64	1,90	2,50	6,25	3,72	2,16	

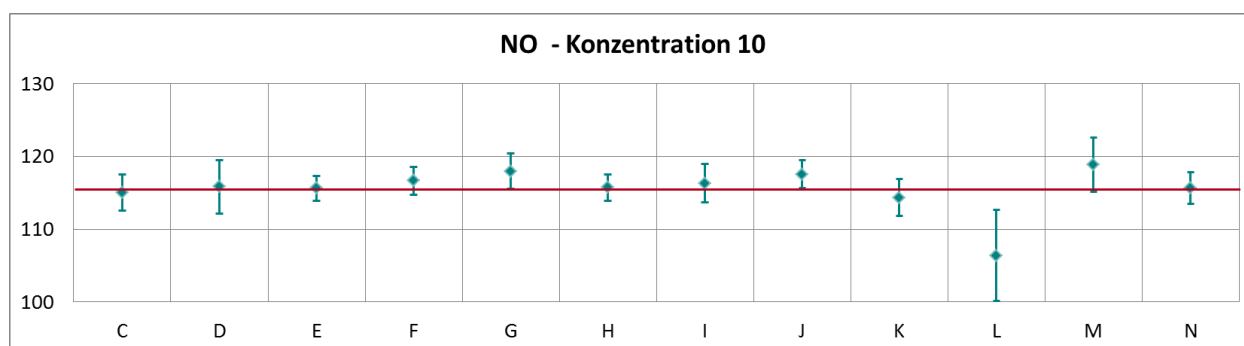


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 10 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 11 $x^* = 32,3$ $s^* = 0,72$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	32,4	31,7	32,4	32,8	33,2	32,6	32,2	33,4	31,9	29,5	33,4	32,6	
$x_{i,2}$	32,1	31,3	32,2	32,3	32,9	32,1	32,9	33,0	31,6	29,2	33,0	32,2	
$x_{i,3}$	32,0	31,2	31,9	32,2	32,8	31,9	32,6	32,7	31,8	29,0	32,8	32,1	
X_i	32,2	31,4	32,2	32,4	33,0	32,2	32,6	33,0	31,8	29,2	33,1	32,3	
S_i	0,17	0,25	0,25	0,32	0,21	0,36	0,35	0,35	0,15	0,26	0,31	0,26	
$u(x_i)$	0,58	0,55	0,60	0,57	0,56	0,41	0,60	0,41	0,57	1,04	0,52	0,39	
$U(x_i)$	1,15	1,10	1,20	1,14	1,11	0,82	1,20	0,82	1,15	2,07	1,04	0,78	

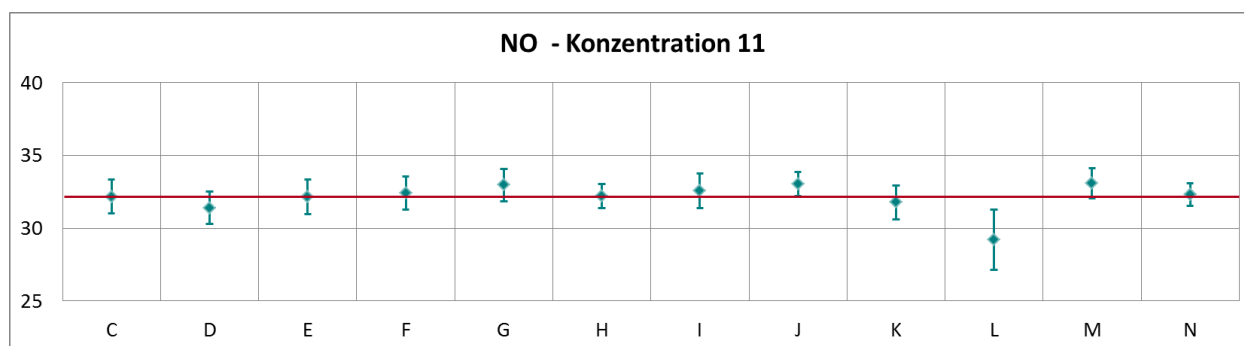


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 11 (in ppb).

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

Parameter: NO, Konzentration 12 $x^* = 74,2$ $s^* = 1,26$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	73,1	73,9	73,5	74,4	75,0	73,3	74,3	74,7	72,6	66,8	75,8	73,3	
$x_{i,2}$	73,5	74,4	74,0	74,8	75,4	73,8	74,8	75,3	72,9	67,1	76,2	73,9	
$x_{i,3}$	73,7	74,7	74,1	74,7	75,6	74,0	74,9	75,2	73,1	67,3	76,4	74,2	
X_i	73,4	74,3	73,9	74,6	75,3	73,7	74,7	75,1	72,9	67,1	76,1	73,8	
S_i	0,34	0,40	0,32	0,21	0,31	0,36	0,32	0,32	0,25	0,27	0,31	0,45	
$u(x_i)$	0,89	1,20	0,74	0,74	0,89	0,67	0,84	0,68	0,89	2,14	1,19	0,75	
$U(x_i)$	1,78	2,41	1,48	1,49	1,78	1,34	1,68	1,36	1,77	4,27	2,38	1,50	

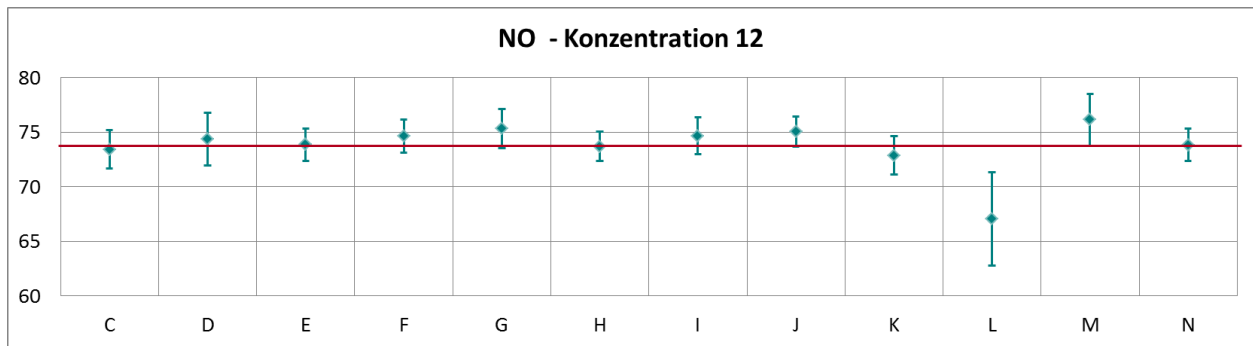


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 12 (in ppb).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO bei Konzentration 13 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 13 $x^* = 40,6$ $s^* = 0,77$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	40,4	40,6	40,6	41,0	41,5	40,5	41,2	41,3	39,6	36,5	41,7	40,6	
$x_{i,2}$	40,1	40,5	40,3	40,8	41,3	40,5	41,1	41,2	39,8	36,4	41,6	40,4	
$x_{i,3}$	40,0	40,5	40,4	40,8	41,2	40,2	41,0	41,2	39,9	36,4	41,6	40,5	
X_i	40,1	40,5	40,4	40,9	41,3	40,4	41,1	41,2	39,8	36,4	41,6	40,5	
S_i	0,22	0,06	0,15	0,12	0,15	0,17	0,10	0,06	0,15	0,09	0,06	0,13	
$u(x_i)$	0,58	0,68	0,58	0,60	0,54	0,38	0,61	0,39	0,58	1,11	0,65	0,44	
$U(x_i)$	1,17	1,36	1,16	1,20	1,09	0,76	1,22	0,78	1,16	2,22	1,30	0,88	

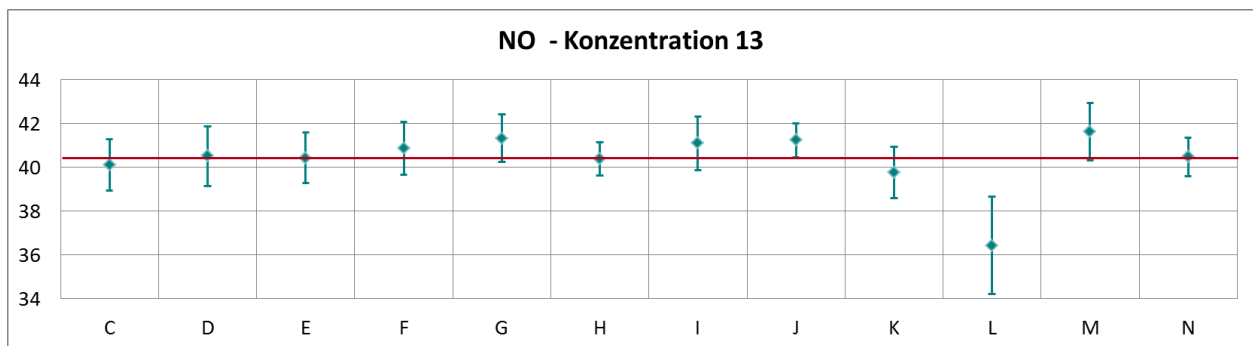


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 13 (in ppb).

Tabelle 34: Ergebnisse für NO bei Konzentration 14 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 14 $x^* = 41,4$ $s^* = 1,20$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	39,1	40,1	40,2	41,0	41,6	40,4	40,9	41,4	39,8	36,7	42,1	39,9	
$x_{i,2}$	40,4	41,4	41,7	42,2	42,7	41,9	42,1	42,8	40,6	37,7	43,3	41,2	
$x_{i,3}$	40,5	41,5	41,7	42,3	43,1	42,1	42,3	42,9	41,0	37,8	43,5	41,5	
X_i	40,0	41,0	41,2	41,8	42,5	41,5	41,8	42,4	40,5	37,4	43,0	40,9	
S_i	0,75	0,79	0,87	0,72	0,78	0,93	0,76	0,84	0,61	0,64	0,76	0,82	
$u(x_i)$	1,02	0,87	1,11	0,78	1,05	1,02	1,26	1,02	1,02	1,78	0,87	0,70	
$U(x_i)$	2,03	1,74	2,22	1,55	2,09	2,04	2,52	2,04	2,03	3,55	1,74	1,40	

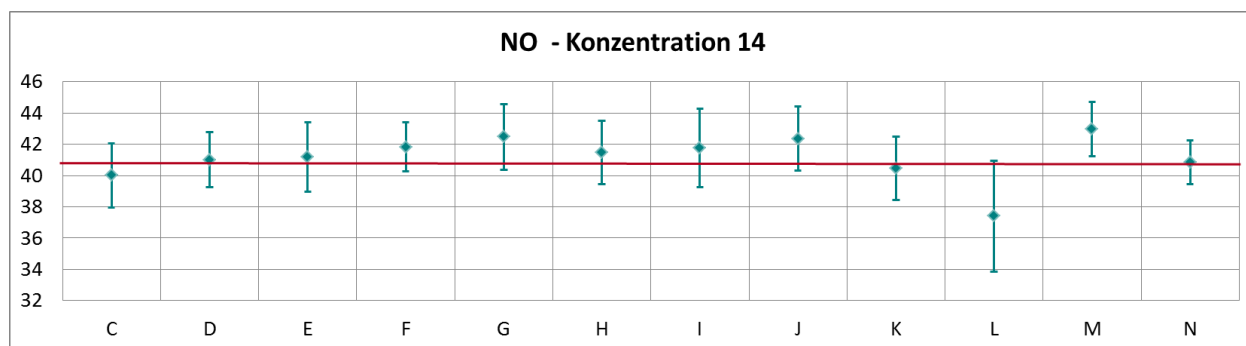


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 14 (in ppb).

Tabelle 35: Ergebnisse für NO bei Konzentration 15 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 15 $x^* = 26,0$ $s^* = 0,97$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	24,7	25,6	26,0	26,4	26,7	26,5	26,4	26,9	25,0	23,6	27,2	25,7	
$x_{i,2}$	24,8	25,6	26,1	26,3	26,7	26,4	26,4	26,7	25,5	23,6	27,1	25,5	
$x_{i,3}$	24,6	25,3	26,0	26,4	26,6	26,4	26,4	26,8	25,6	23,5	27,1	25,7	
X_i	24,7	25,5	26,0	26,4	26,7	26,4	26,4	26,8	25,4	23,6	27,1	25,6	
S_i	0,12	0,15	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,10	0,32	0,05	0,06	0,11	
$u(x_i)$	0,44	0,48	0,56	0,53	0,45	0,31	0,58	0,31	0,44	0,75	0,42	0,32	
$U(x_i)$	0,87	0,97	1,12	1,07	0,89	0,62	1,16	0,62	0,88	1,51	0,84	0,64	

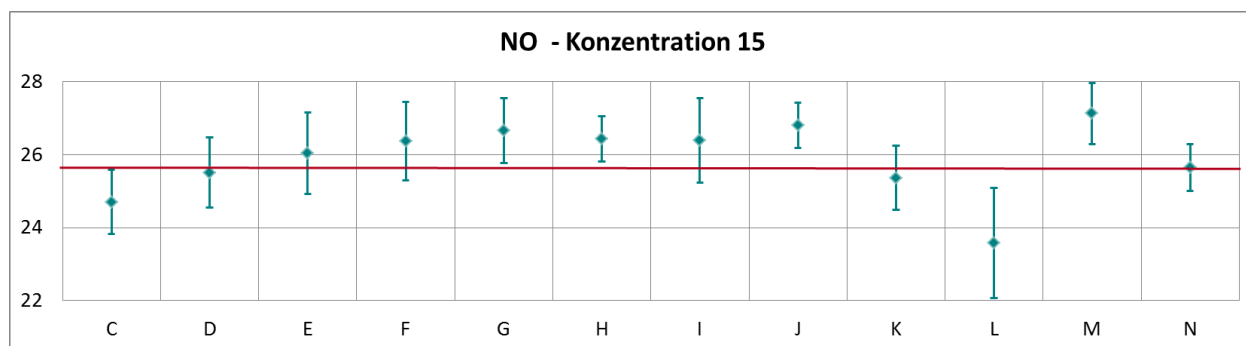


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 15 (in ppb).

Tabelle 36: Ergebnisse für NO bei Konzentration 16 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 16 $x^* = 18,7$ $s^* = 1,00$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	15,2	16,4	16,3	17,2	17,2	16,5	17,2	17,2	15,9	15,3	17,8	16,0
$x_{i,2}$	18,2	19,5	19,4	20,0	20,1	19,9	19,9	20,1	19,0	17,8	20,8	19,1
$x_{i,3}$	18,6	20,0	20,0	20,8	20,6	20,5	20,6	20,7	19,0	18,5	21,4	19,8
X_i	17,3	18,6	18,6	19,3	19,3	19,0	19,2	19,3	18,0	17,2	20,0	18,3
S_i	1,88	1,96	1,99	1,89	1,84	2,16	1,80	1,87	1,79	1,69	1,93	2,00
$u(x_i)$	1,82	0,90	2,02	0,97	1,84	1,87	2,11	1,88	1,82	2,09	0,86	0,80
$U(x_i)$	3,64	1,80	4,04	1,93	3,69	1,74	4,22	3,76	3,64	4,19	1,72	1,60

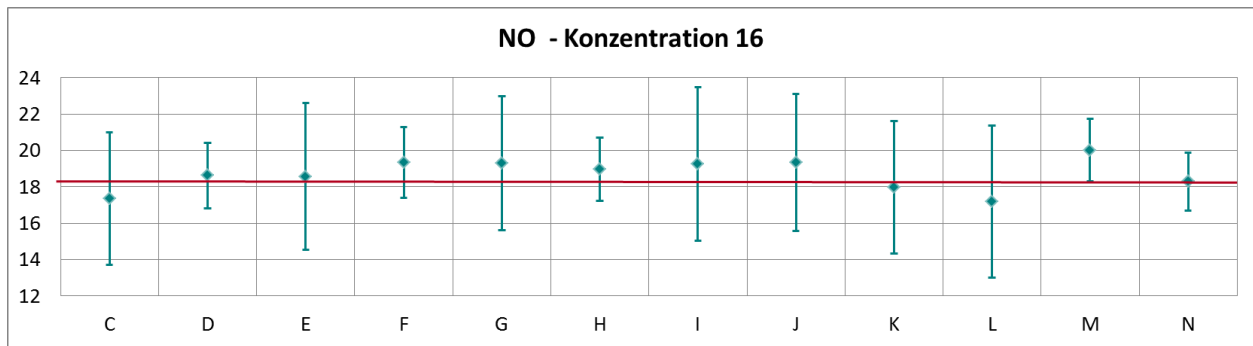


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 16 (in ppb).

Tabelle 37: Ergebnisse für NO bei Konzentration 17 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 17 $x^* = 8,9$ $s^* = 0,60$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	7,6	8,7	8,7	9,1	9,3	9,5	9,1	9,3	8,5	8,3	9,5	8,6
$x_{i,2}$	7,6	8,7	9,0	9,2	9,4	9,3	9,3	9,4	8,3	8,2	9,5	8,5
$x_{i,3}$	7,6	8,8	8,9	9,4	9,3	9,5	9,3	9,5	8,2	8,3	9,6	8,6
X_i	7,6	8,7	8,9	9,2	9,3	9,4	9,2	9,4	8,3	8,3	9,5	8,6
S_i	0,02	0,04	0,15	0,15	0,06	0,12	0,12	0,10	0,15	0,04	0,06	0,04
$u(x_i)$	0,39	0,28	0,56	0,51	0,37	0,22	0,29	0,22	0,39	0,73	0,16	0,29
$U(x_i)$	0,78	0,56	1,12	1,02	0,74	0,44	0,58	0,44	0,78	1,47	0,32	0,58

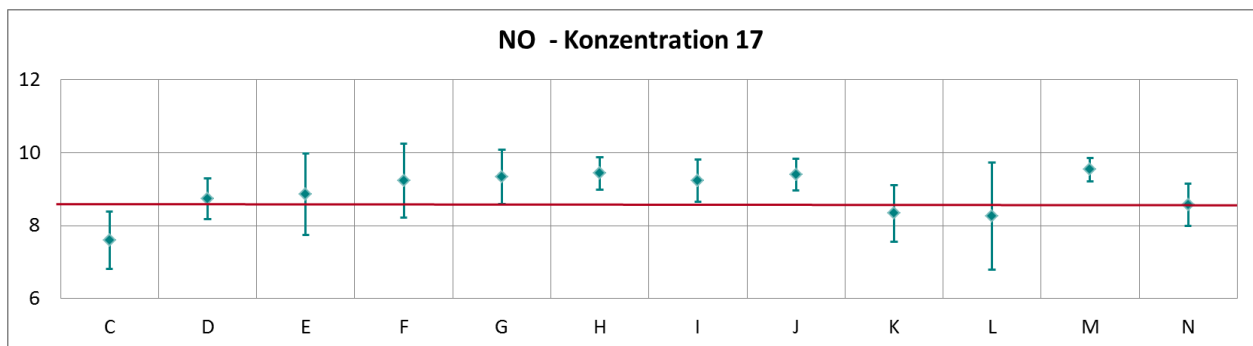


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 17 (in ppb).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO bei Konzentration 18 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 18 $x^* = 19,1$ $s^* = 0,82$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	15,7	16,9	16,8	17,4	17,7	16,8	17,5	17,5	16,1		17,6	16,5	
$x_{i,2}$	18,7	19,9	19,9	20,2	20,4	20,3	20,3	20,5	19,5		20,6	19,6	
$x_{i,3}$	19,3	20,4	20,5	20,9	21,2	21,0	21,0	21,2	19,7		21,3	20,1	
X_i	17,9	19,1	19,1	19,5	19,8	19,4	19,6	19,7	18,4		19,8	18,7	
S_i	1,93	1,87	1,99	1,85	1,83	2,25	1,85	1,97	2,02		1,97	1,93	
$u(x_i)$	1,90	0,87	2,01	0,98	1,82	1,92	1,99	1,92	1,90		0,85	0,87	
$U(x_i)$	3,80	1,75	4,02	1,96	3,65	3,84	3,98	3,84	3,80		1,70	1,74	

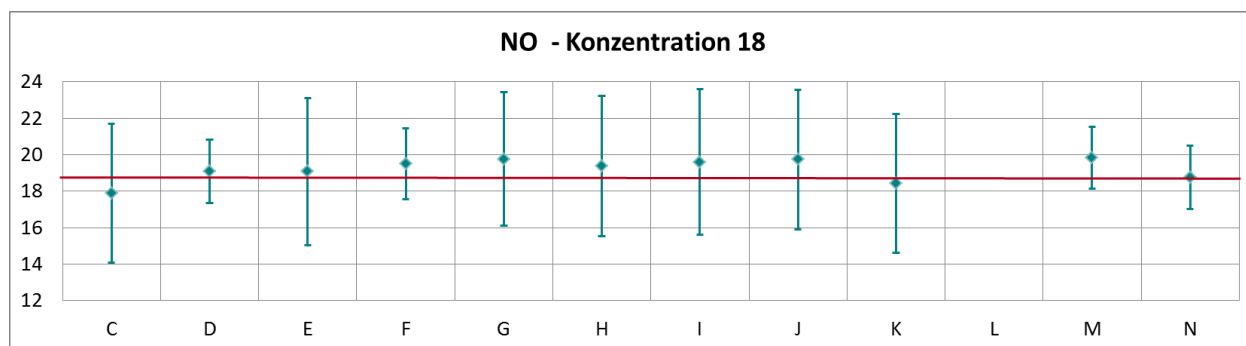


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 18 (in ppb).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO bei Konzentration 19 (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 19 $x^* = 0,0$ $s^* = 0,07$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	-1,3	-0,4	-0,1	0,1	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2		0,0	-0,3	
$x_{i,2}$	-1,3	-0,3	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,1	0,2	0,3		0,0	-0,3	
$x_{i,3}$	-1,2	-0,3	-0,3	0,1	0,0	0,3	0,3	0,2	0,3		0,1	-0,3	
X_i	-1,3	-0,3	-0,2	0,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3		0,0	-0,3	
S_i	0,06	0,05	0,12	0,08	0,00	0,06	0,10	0,00	0,06		0,06	0,04	
$u(x_i)$	0,30	0,62	0,55	0,50	0,35	0,20	0,28	0,20	0,30		0,00	0,55	
$U(x_i)$	0,61	1,23	1,10	1,00	0,69	0,40	0,56	0,40	0,61		0,00	1,10	

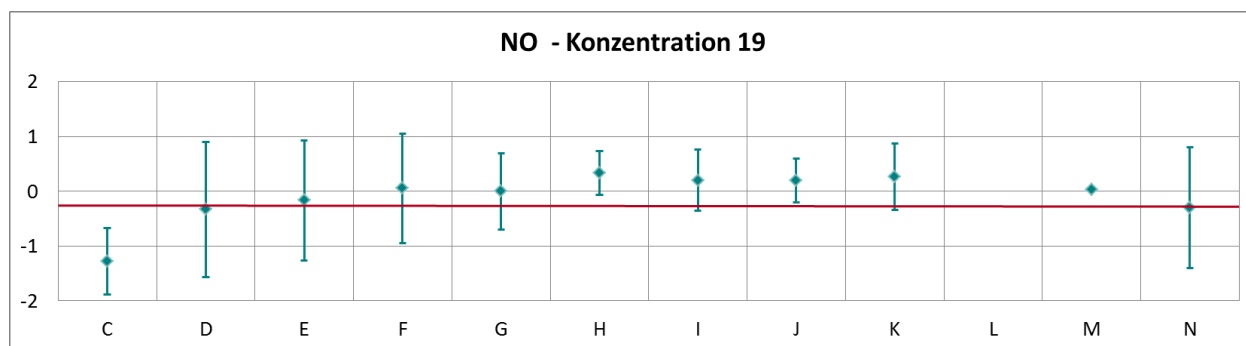


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration 19 (in ppb).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO bei Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 0 (NG2) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	-0,1	0,9	0,1	0,6	0,0	0,2	0,6	0,3	0,0	0,1	-0,3	-0,3	
$x_{i,2}$	-0,1	0,7	0,1	0,6	0,0	0,1	0,7	0,1	0,0	0,0	-0,3	-0,2	
X_i	-0,1	0,8	0,1	0,6	0,0	0,2	0,7	0,2	0,0	0,1	-0,3	-0,2	
S_i	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,14	0,00	0,07	0,00	0,06	
$u(x_i)$	0,55	0,62	0,53	0,50	0,54	0,20	0,28	0,20	0,55	0,73	0,03	0,55	
$U(x_i)$	1,11	1,25	1,06	1,01	1,08	0,40	0,56	0,40	1,11	1,46	0,06	1,10	

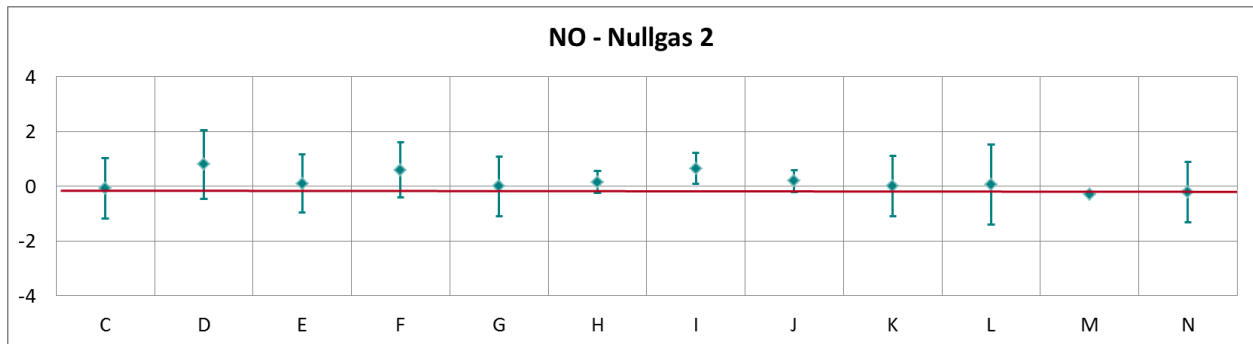


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration Null (NG2) (in ppb).

Tabelle 41: Ergebnisse bei Konzentration Null (Nullgas 3) (in ppb).

Parameter: NO, Konzentration 0 (NG3) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,0$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	-1,6	-0,3	-0,3	0,4	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	-0,5	
$x_{i,2}$	-1,7	-0,2	-0,4	0,7	0,0	0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,7	-0,5	
X_i	-1,7	-0,2	-0,4	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	-0,5	
S_i	0,09	0,07	0,07	0,21	0,00	0,07	0,14	0,00	0,00	0,07	0,28	0,03	
$u(x_i)$	0,56	0,60	0,62	0,49	0,54	0,22	0,28	0,22	0,56	0,73	0,11	0,55	
$U(x_i)$	1,12	1,21	1,24	0,98	1,08	0,44	0,56	0,44	1,12	1,46	0,22	1,10	

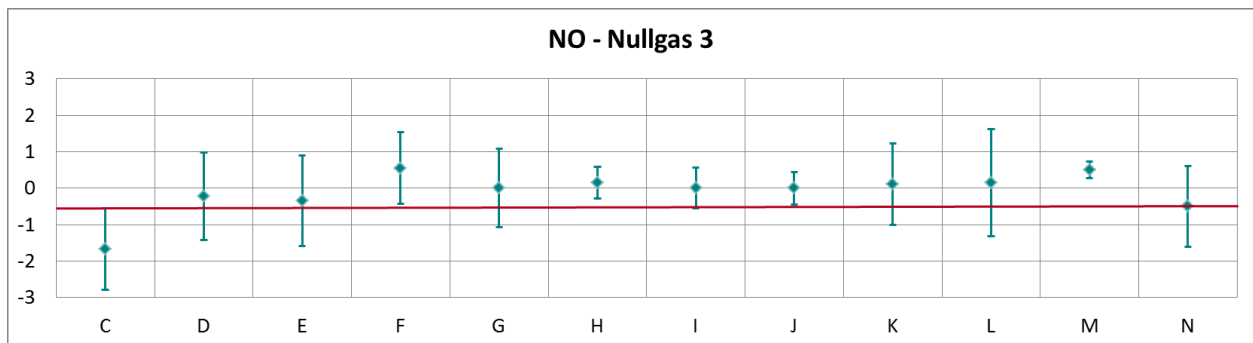


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Konzentration Null (NG3) (in ppb).

Ergebnisse für NO₂

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

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

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	0,06	-0,29	0,10	0,00	0,00	0,10	-0,30	0,30	0,00	-0,10	0,60	0,17	
$x_{i,2}$	0,18	-0,39	0,10	-0,10	0,00	0,10	-0,40	0,10	0,00	-0,10	1,30	0,22	
X_i	0,12	-0,34	0,10	-0,05	0,00	0,10	-0,35	0,20	0,00	-0,10	0,95	0,20	
S_i	0,08	0,07	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07	0,14	0,00	0,00	0,49	0,04	
$u(x_i)$	0,57	0,60	0,52	0,50	0,52	0,17	0,28	0,17	0,57	1,00	0,18	0,76	
$U(x_i)$	1,15	1,21	1,04	1,01	1,04	0,34	0,56	0,34	1,15	2,00	0,36	1,52	

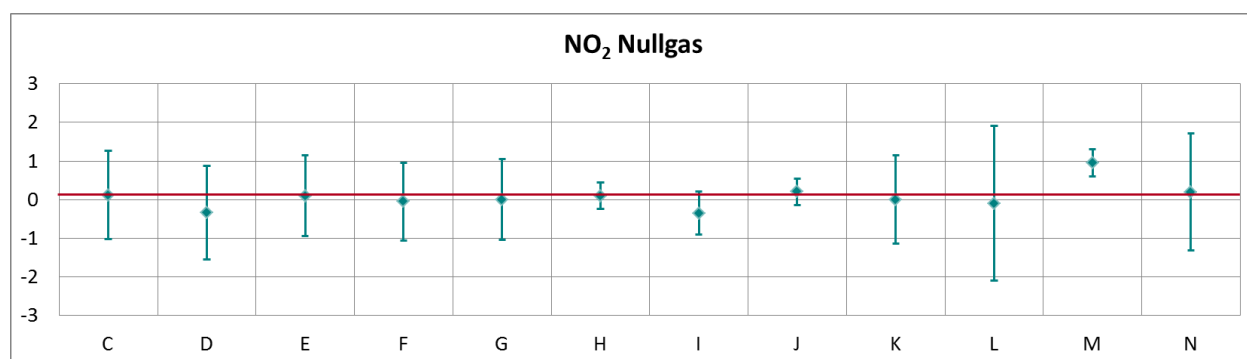


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration bei Null (Nullgas) (in ppb).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 1 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 1 $x^* = 14,4$ $s^* = 1,58$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	15,2	17,4	16,8	13,1	15,2	17,6	15,4	15,9	15,9	14,3	11,5	16,0	
$x_{i,2}$	14,3	16,6	16,0	12,3	14,2	14,9	14,8	15,2	13,6	13,2	11,5	15,2	
$x_{i,3}$	13,5	15,8	15,0	11,8	13,5	13,9	14,1	14,6	12,9	13,1	12,2	14,3	
X_i	14,3	16,6	15,9	12,4	14,3	15,5	14,8	15,2	14,1	13,5	11,7	15,2	
S_i	0,82	0,81	0,90	0,66	0,85	1,91	0,65	0,65	1,57	0,67	0,40	0,85	
$u(x_i)$	0,88	0,55	1,02	1,12	0,89	0,97	1,35	0,97	0,92	1,16	0,76	0,77	
$U(x_i)$	1,77	1,10	2,04	2,23	1,78	1,94	2,70	1,94	1,84	2,33	1,52	1,54	

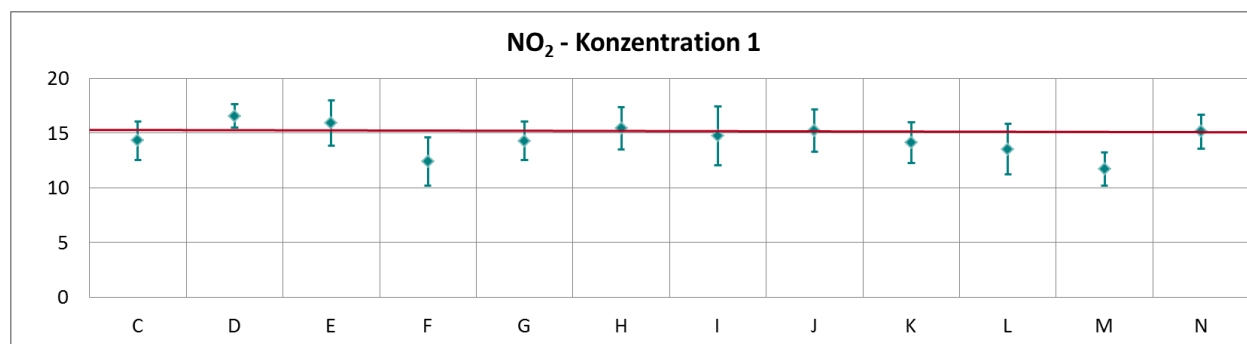


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 1 (in ppb).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 2 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 2 $x^* = 52,1$ $s^* = 1,40$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	51,4	54,3	52,4	50,3	52,3	52,0	51,9	52,8	51,7	49,9	52,9	52,1
$x_{i,2}$	51,4	54,3	52,5	50,3	52,4	52,9	51,8	53,0	52,1	50,1	53,3	52,0
$x_{i,3}$	51,3	54,3	52,6	50,4	52,5	53,1	51,9	53,2	51,7	50,2	53,7	52,3
X_i	51,4	54,3	52,5	50,3	52,4	52,7	51,9	53,0	51,8	50,1	53,3	52,1
S_i	0,05	0,02	0,10	0,06	0,10	0,59	0,06	0,20	0,23	0,18	0,40	0,17
$u(x_i)$	0,69	0,98	0,65	0,99	0,63	0,50	0,71	0,51	0,70	1,92	0,97	0,81
$U(x_i)$	1,38	1,97	1,30	1,97	1,26	1,00	1,42	1,02	1,39	3,84	1,94	1,62

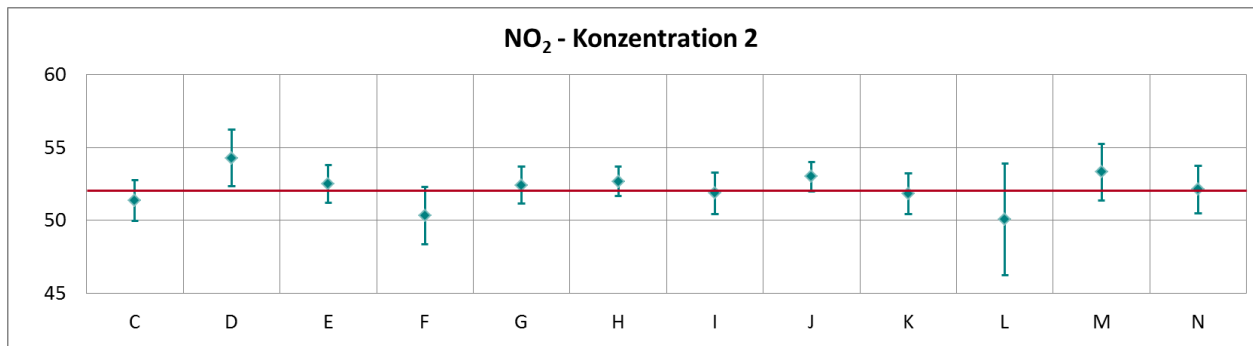


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 2 (in ppb).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 3 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 3 $x^* = 111,2$ $s^* = 2,43$

	Teilnehmer											
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
$x_{i,1}$	108,8	113,1	110,5	109,1	111,8	111,6	110,0	112,2	110,0	106,4	114,7	110,3
$x_{i,2}$	109,3	113,8	111,1	109,1	112,0	112,8	109,6	112,7	111,0	107,0	115,2	110,9
$x_{i,3}$	109,5	114,1	111,4	109,9	112,5	112,8	110,2	112,9	111,0	107,2	115,5	111,2
X_i	109,2	113,6	111,0	109,4	112,1	112,4	109,9	112,6	110,7	106,9	115,1	110,8
S_i	0,34	0,51	0,46	0,46	0,36	0,69	0,31	0,36	0,58	0,44	0,40	0,46
$u(x_i)$	1,23	1,89	0,95	0,99	1,24	0,96	1,91	0,96	1,24	3,50	1,83	1,48
$U(x_i)$	2,46	3,79	1,90	1,98	2,47	1,92	3,82	1,92	2,48	7,00	3,66	2,96

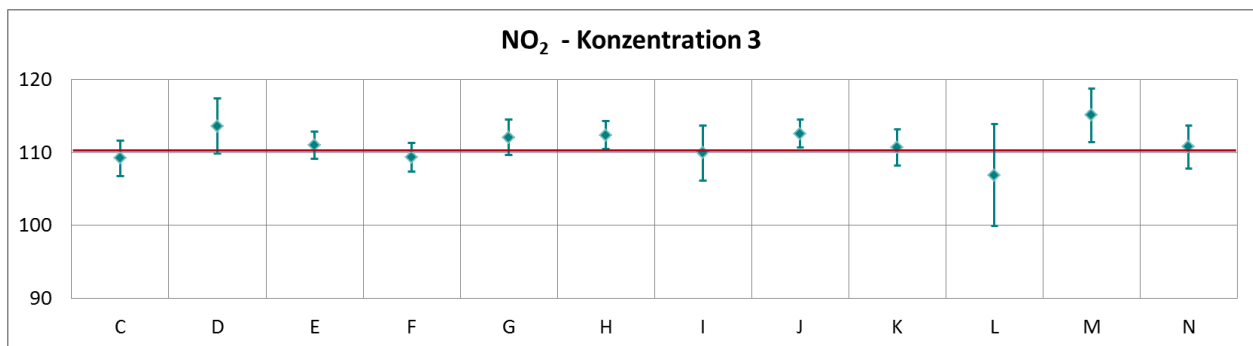


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 3 (in ppb).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 4 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 4 $x^* = 12,8$ $s^* = 1,0$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	12,0	14,3	13,7	10,3	12,4	14,7	12,6	13,0	13,0	12,0	13,5	13,2	
$x_{i,2}$	11,9	14,1	13,5	10,2	12,1	14,2	12,5	12,6	12,8	11,6	13,4	13,3	
$x_{i,3}$	11,8	13,9	13,5	9,9	12,0	14,8	12,5	12,8	12,7	11,9	13,3	13,4	
X_i	11,9	14,1	13,7	10,3	12,4	14,7	12,6	13,0	13,0	12,0	13,4	13,3	
S_i	0,12	0,19	0,12	0,21	0,21	0,32	0,06	0,20	0,15	0,20	0,10	0,07	
$u(x_i)$	0,46	0,40	0,57	1,07	0,43	0,27	1,35	0,27	0,47	0,85	0,51	0,65	
$U(x_i)$	0,93	0,81	1,14	2,14	0,86	0,54	2,70	0,54	0,93	1,70	1,02	1,30	

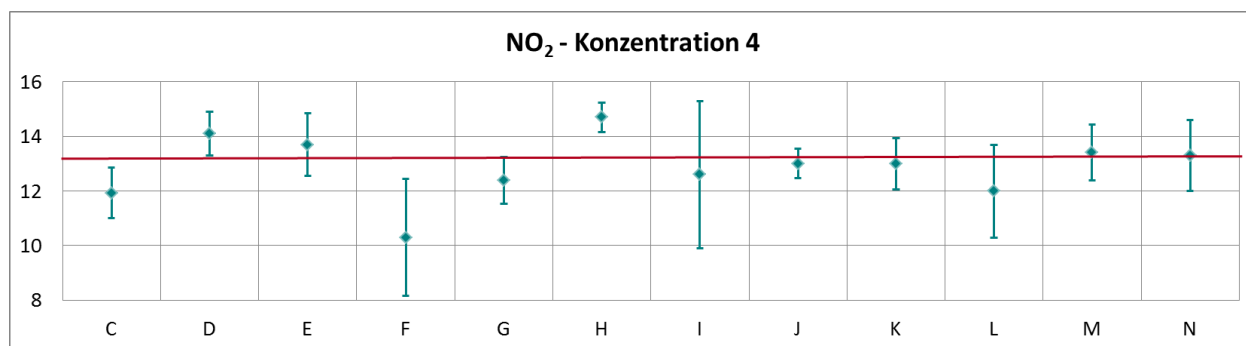


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 4 (in ppb).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 5 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 5 $x^* = 3,8$ $s^* = 1,28$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	3,2	6,1	5,3	1,1	3,5	5,7	4,1	4,1	4,0	3,4	4,3	5,1	
$x_{i,2}$	2,6	5,4	4,8	0,3	3,1	5,6	3,6	3,5	3,0	3,0	3,6	4,4	
$x_{i,3}$	2,9	4,7	4,6	0,0	2,9	5,4	3,3	3,3	3,5	2,7	3,6	4,3	
X_i	2,9	5,4	4,9	0,5	3,2	5,6	3,7	3,6	3,5	3,0	3,8	4,6	
S_i	0,28	0,67	0,36	0,57	0,31	0,15	0,40	0,42	0,50	0,36	0,40	0,44	
$u(x_i)$	0,67	1,80	0,64	0,99	0,60	0,40	0,72	0,40	0,67	0,72	0,35	0,95	
$U(x_i)$	1,34	3,60	1,28	1,98	1,21	0,80	1,44	0,80	1,34	1,44	0,70	1,90	

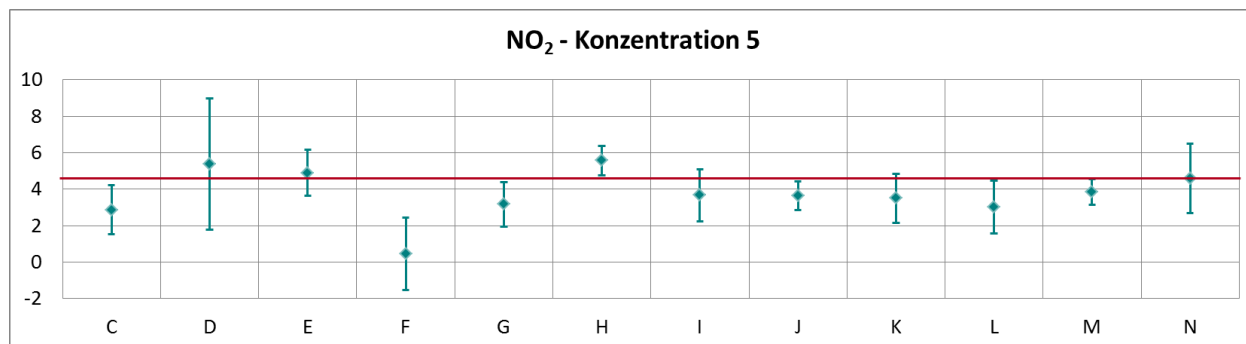


Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 5 (in ppb).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 6 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 6 $x^* = 2,8$ $s^* = 1,04$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	2,0	3,8	3,7	0,2	2,3	3,8	2,6	2,7	2,8	2,1	3,6	3,5	
$x_{i,2}$	2,0	4,8	3,7	0,3	2,1	4,0	2,5	2,6	2,7	2,1	3,6	3,3	
$x_{i,3}$	1,9	3,6	3,6	0,4	2,1	3,9	2,4	2,7	2,3	2,2	3,6	3,4	
X_i	2,0	4,1	3,7	0,3	2,2	3,9	2,5	2,7	2,6	2,2	3,6	3,4	
S_i	0,08	0,62	0,06	0,10	0,12	0,10	0,10	0,06	0,26	0,05	0,00	0,07	
$u(x_i)$	0,38	2,11	0,57	0,98	0,35	0,23	0,29	0,23	0,38	0,52	0,45	1,05	
$U(x_i)$	0,77	4,22	1,14	1,96	0,69	0,46	0,58	0,46	0,77	1,04	0,90	2,10	

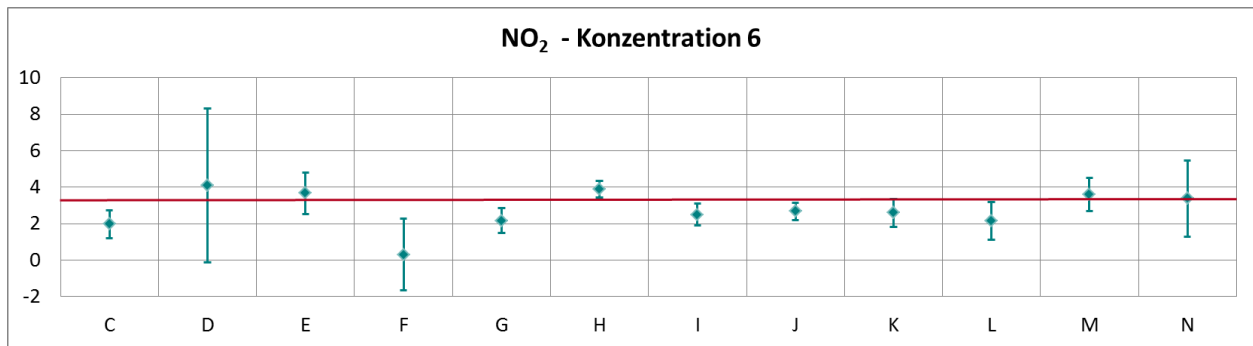


Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 6 (in ppb).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 7 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 7 $x^* = 191,7$ $s^* = 5,44$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	189,0	195,8	191,2	191,0	193,9	192,6	190,6	194,0	190,0	182,9	197,9	190,8	
$x_{i,2}$	190,2	196,0	192,3	192,3	195,2		191,7	195,2	191,0	184,0	199,5	192,2	
$x_{i,3}$	190,5	197,4	192,9	192,7	195,5	190,1	192,1	195,6	190,8	184,8	199,9	192,5	
X_i	189,9	196,4	192,1	192,0	194,9	191,4	191,5	194,9	190,6	183,9	199,1	191,8	
S_i	0,74	0,83	0,86	0,89	0,85	1,77	0,78	0,83	0,53	0,92	1,06	0,89	
$u(x_i)$	2,08	3,48	1,36	1,06	2,11	1,63	2,33	1,18	2,08	5,90	3,11	2,11	
$U(x_i)$	4,15	6,96	2,72	2,11	4,22	3,26	4,66	2,36	4,16	11,80	6,22	4,22	

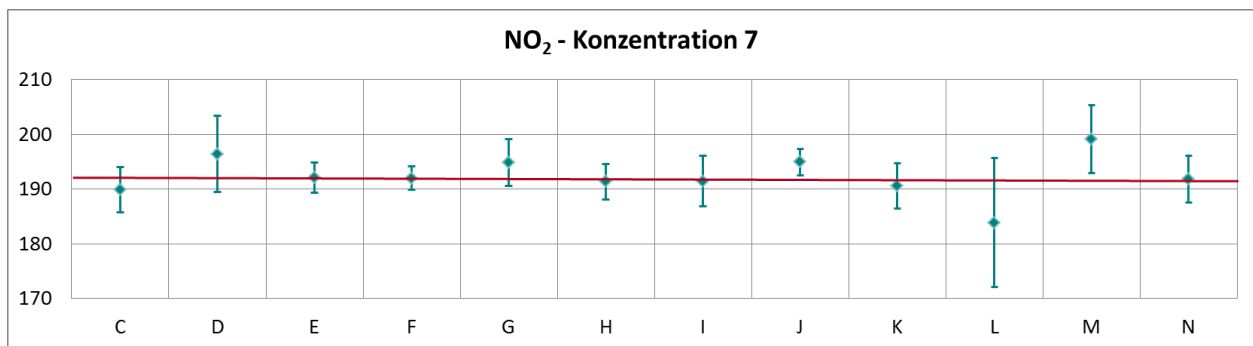


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 7 (in ppb).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 8 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 8 $x^* = 1,9$ $s^* = 0,59$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	2,0	2,4	2,7	0,7	1,6	2,6	1,8	2,0	2,1	1,9	4,2	2,6	
$x_{i,2}$	1,7	2,1	2,4	0,2	1,4	2,4	1,5	1,6	1,9	1,6	3,8	2,2	
$x_{i,3}$	1,5	2,0	2,3	0,3	1,3	2,2	1,4	1,5	1,9	1,4	3,6	2,2	
X_i	1,7	2,2	2,5	0,4	1,4	2,4	1,6	1,7	2,0	1,6	3,9	2,3	
S_i	0,26	0,23	0,21	0,26	0,15	0,20	0,21	0,26	0,12	0,22	0,31	0,24	
$u(x_i)$	0,43	0,63	0,60	0,70	0,37	0,37	0,33	0,37	0,43	0,39	0,42	0,76	
$U(x_i)$	0,86	1,26	1,20	1,39	0,74	0,74	0,66	0,74	0,86	0,79	0,84	1,52	

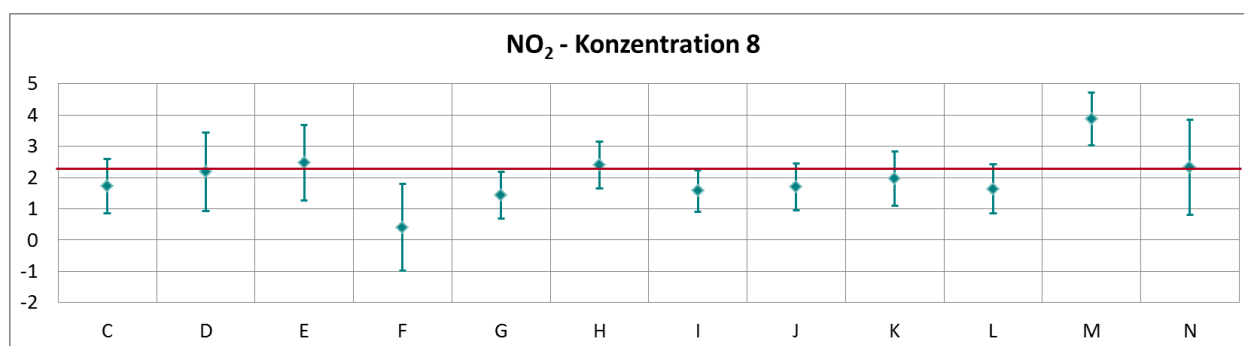


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 8 (in ppb).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 9 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 9 $x^* = 117,9$ $s^* = 1,98$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	116,1	119,1	116,8	117,2	119,2	118,2	116,6	118,7	116,0	111,3	124,0	117,0	
$x_{i,2}$	116,3	119,7	117,1	117,9	119,5	119,0	117,1	119,3	117,0	111,9	124,6	117,5	
$x_{i,3}$	116,3	119,6	117,3	117,9	119,5	119,1	117,1	119,3	117,0	111,9	124,8	117,4	
X_i	116,2	119,5	117,1	117,7	119,4	118,8	116,9	119,1	116,7	111,7	124,5	117,3	
S_i	0,09	0,35	0,25	0,40	0,17	0,49	0,29	0,35	0,58	0,30	0,42	0,26	
$u(x_i)$	1,28	1,90	0,86	0,74	1,27	0,98	1,31	0,78	1,28	3,47	1,95	1,25	
$U(x_i)$	2,55	3,81	1,72	1,48	2,53	1,96	2,62	1,56	2,56	6,93	3,90	2,50	

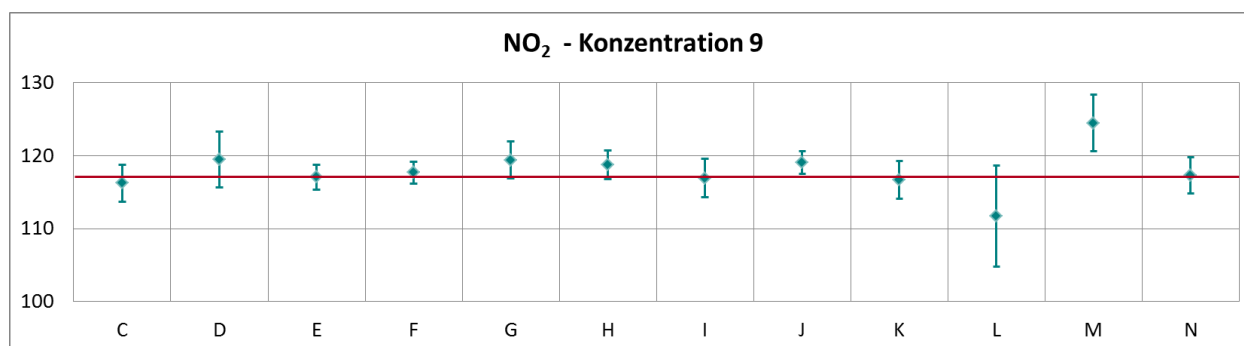


Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 9 (in ppb).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 10 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 10 $x^* = 1,3$ $s^* = 0,38$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	1,6	1,5	1,9	0,8	1,3	1,5	1,2	1,7	1,8	1,3	2,9	1,9	
$x_{i,2}$	1,4	1,3	1,6	0,3	1,0	1,1	0,9	1,3	1,5	1,0	3,5	1,5	
$x_{i,3}$	1,2	1,2	1,5	0,3	0,8	1,0	0,8	1,0	1,4	0,9	3,3	1,5	
X_i	1,4	1,3	1,7	0,5	1,0	1,2	1,0	1,3	1,6	1,1	3,2	1,6	
S_i	0,19	0,18	0,21	0,29	0,25	0,26	0,21	0,35	0,21	0,21	0,31	0,23	
$u(x_i)$	0,41	0,68	0,59	0,59	0,40	0,39	0,33	0,39	0,41	0,37	0,27	0,76	
$U(x_i)$	0,81	1,37	1,18	1,18	0,81	0,78	0,66	0,78	0,81	0,74	0,54	1,52	

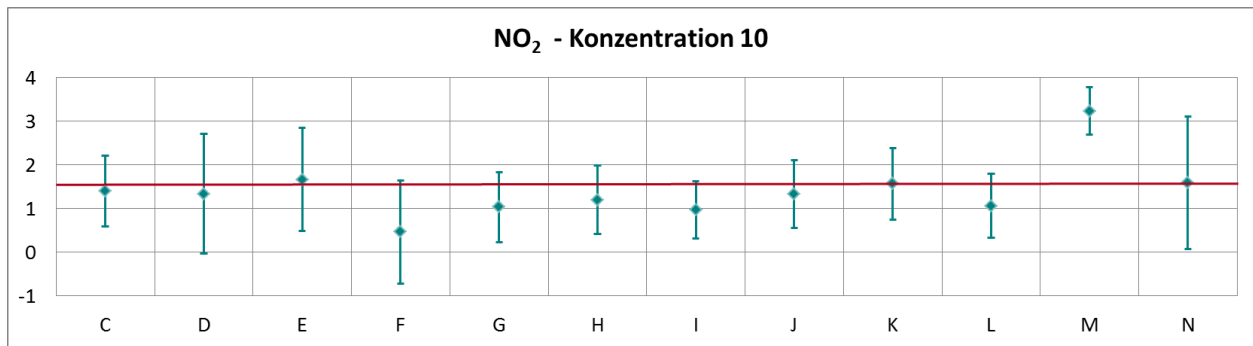


Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 10 (in ppb).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 11 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 11 $x^* = 86,3$ $s^* = 1,29$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	85,3	86,8	85,6	86,2	87,0	85,5	85,3	87,1	84,9	78,6	91,3	85,8	
$x_{i,2}$	85,5	87,3	86,0	86,6	87,4	85,8	85,7	87,6	85,7	78,9	91,6	86,2	
$x_{i,3}$	85,8	87,5	86,3	86,9	87,6	86,1	85,9	87,9	85,9	79,1	91,9	86,3	
X_i	85,6	87,2	86,0	86,6	87,3	85,8	85,6	87,5	85,5	78,9	91,6	86,1	
S_i	0,26	0,37	0,35	0,35	0,31	0,30	0,31	0,40	0,53	0,23	0,30	0,29	
$u(x_i)$	0,99	1,38	0,77	0,63	0,97	0,75	0,91	0,48	0,99	2,42	1,42	1,08	
$U(x_i)$	1,98	2,76	1,54	1,26	1,95	1,50	1,82	0,96	1,98	4,85	2,84	2,16	

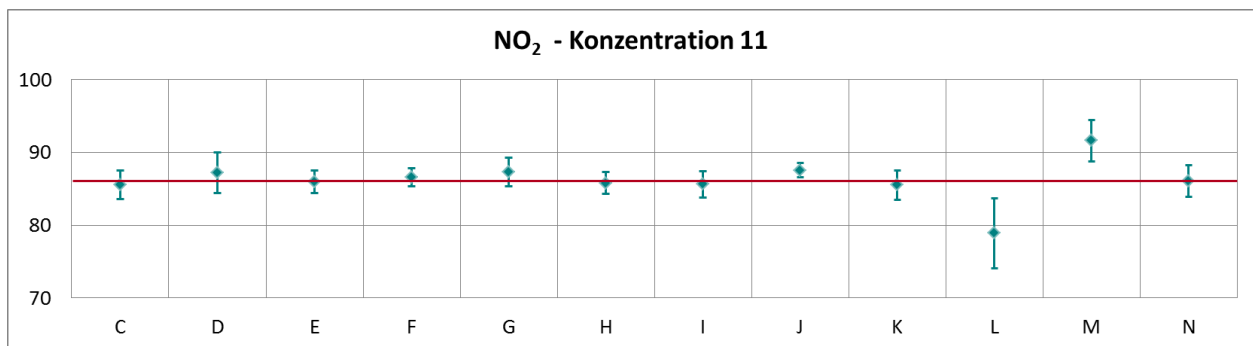


Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 11 (in ppb).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 12 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 12 $x^* = 0,9$ $s^* = 0,46$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	1,2	1,0	1,3	0,5	0,8	1,2	0,8	1,2	1,5	1,0	3,8	1,4	
$x_{i,2}$	1,0	0,8	1,2	0,3	0,6	0,9	0,5	0,8	1,3	0,8	3,6	1,1	
$x_{i,3}$	0,9	0,6	1,1	0,2	0,5	0,5	0,4	0,9	1,0	0,5	3,4	1,0	
X_i	1,0	0,8	1,2	0,3	0,6	0,9	0,6	1,0	1,3	0,7	3,6	1,2	
S_i	0,14	0,20	0,10	0,15	0,15	0,35	0,21	0,21	0,25	0,21	0,20	0,23	
$u(x_i)$	0,39	0,64	0,56	0,50	0,37	0,30	0,28	0,30	0,39	1,04	0,24	0,75	
$U(x_i)$	0,78	1,28	1,12	1,00	0,74	0,60	0,56	0,60	0,78	2,09	0,48	1,50	

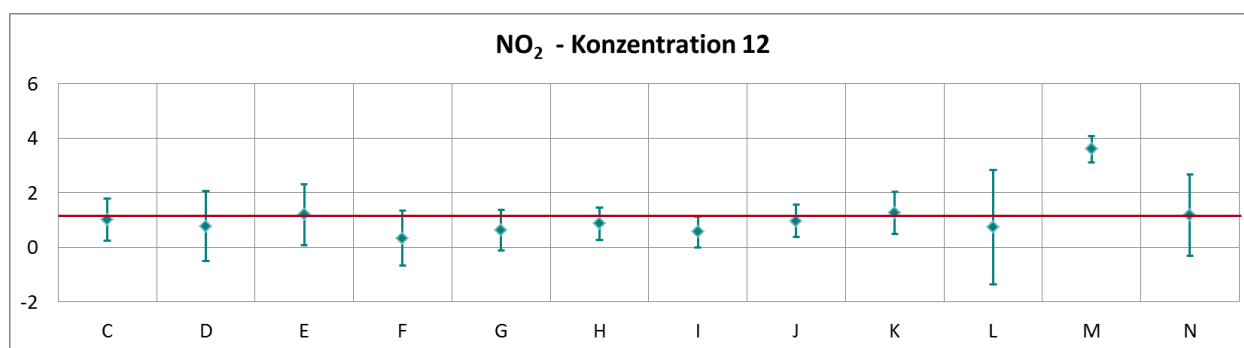


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 12 (in ppb).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 13 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 13 $x^* = 35,0$ $s^* = 1,55$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	35,0	35,5	35,3	35,1	35,7	35,1	34,9	35,8	35,4	32,0	39,1	35,3	
$x_{i,2}$	35,3	35,7	35,5	35,3	35,6	35,0	35,0	36,0	35,4	32,0	39,2	35,6	
$x_{i,3}$	35,3	35,6	35,5	35,3	35,7	34,9	35,0	35,9	35,3	32,0	39,2	35,5	
X_i	35,2	35,6	35,4	35,2	35,7	35,0	35,0	35,9	35,4	32,0	39,2	35,5	
S_i	0,16	0,07	0,12	0,12	0,06	0,10	0,06	0,10	0,03	0,02	0,06	0,16	
$u(x_i)$	0,51	0,63	0,58	0,60	0,49	0,34	0,54	0,25	0,52	1,04	0,63	0,54	
$U(x_i)$	1,03	1,27	1,16	1,11	0,99	0,68	1,08	0,50	1,03	2,08	1,26	1,08	

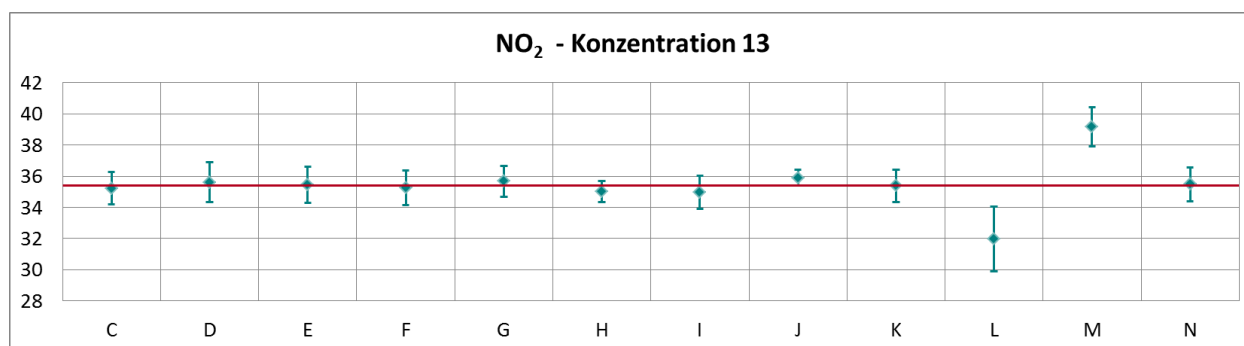


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 13 (in ppb).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 14 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 14 $x^* = 0,8$ $s^* = 0,47$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	1,5	0,9	1,4	0,6	0,8	0,6	0,7	1,1	1,5	1,0	4,2	0,9	
$x_{i,2}$	1,1	0,5	1,0	0,2	0,5	0,2	0,3	0,7	1,3	0,5	3,7	0,9	
$x_{i,3}$	0,9	0,5	0,9	0,0	0,2	0,2	0,2	0,6	1,0	0,4	3,5	0,8	
X_i	1,2	0,6	1,1	0,3	0,5	0,3	0,4	0,8	1,3	0,6	3,8	0,9	
S_i	0,31	0,28	0,26	0,31	0,30	0,23	0,26	0,26	0,25	0,28	0,36	0,04	
$u(x_i)$	0,46	0,68	0,63	0,52	0,47	0,34	0,28	0,34	0,46	1,05	0,26	0,76	
$U(x_i)$	0,91	1,36	1,26	1,03	0,94	0,68	0,56	0,68	0,91	2,09	0,52	1,52	

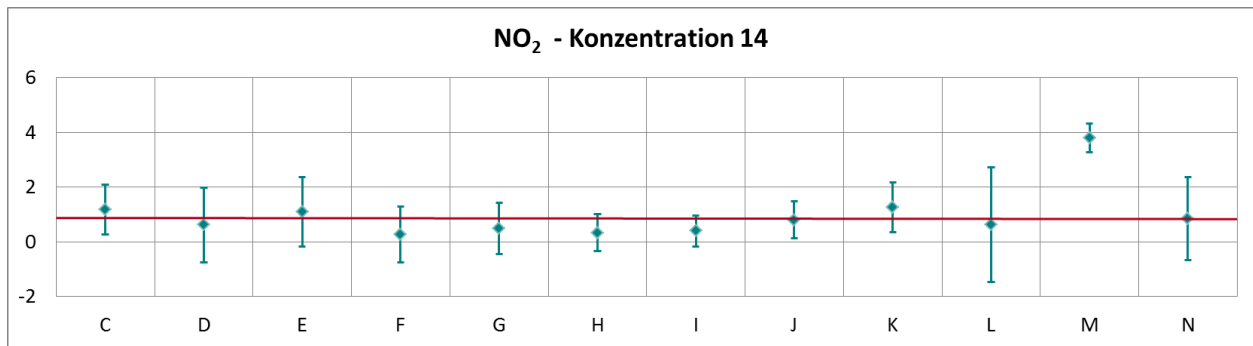


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 14 (in ppb).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 15 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 15 $x^* = 16,9$ $s^* = 0,50$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	17,2	16,8	17,1	16,5	17,0	16,2	16,6	17,2	17,0	15,0	20,3	17,0	
$x_{i,2}$	17,3	16,9	17,1	16,7	16,9	16,4	16,6	17,3	16,9	15,0	20,2	17,2	
$x_{i,3}$	17,2	17,0	17,2	16,5	17,0	16,5	16,5	17,3	17,0	15,0	20,2	17,1	
X_i	17,2	16,9	17,1	16,6	17,0	16,4	16,6	17,3	17,0	15,0	20,2	17,1	
S_i	0,04	0,12	0,06	0,12	0,06	0,15	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06	0,10	
$u(x_i)$	0,41	0,42	0,54	0,53	0,39	0,24	0,37	0,25	0,41	0,55	0,35	0,44	
$U(x_i)$	0,81	0,84	1,08	1,07	0,77	0,48	0,74	0,50	0,81	1,11	0,70	0,88	

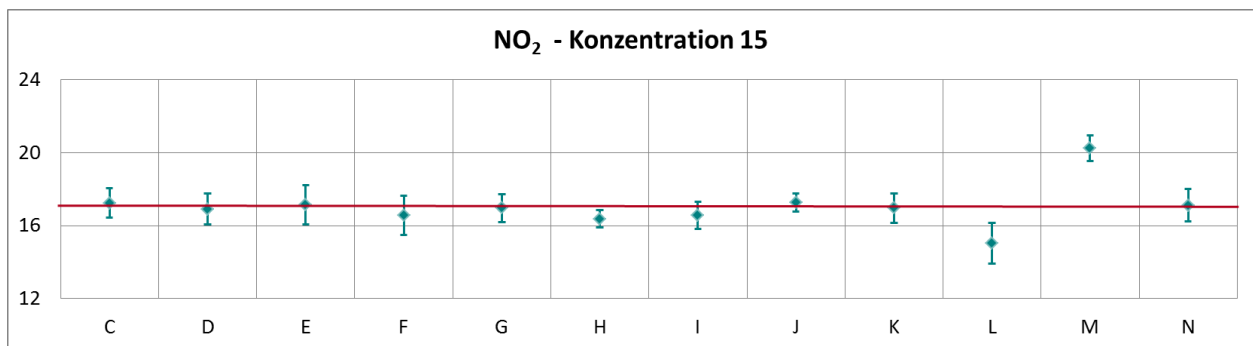


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 15 (in ppb).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 16 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 16 $x^* = 0,9$ $s^* = 0,41$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	1,8	1,2	1,6	0,9	1,1	1,1	0,9	1,4	1,7	1,1	3,9	1,5	
$x_{i,2}$	1,3	0,4	1,1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,8	1,2	0,6	3,3	0,9	
$x_{i,3}$	1,0	0,3	0,8	0,1	0,4	0,3	0,2	0,5	0,9	0,3	3,1	0,7	
X_i	1,3	0,6	1,2	0,5	0,7	0,7	0,5	0,9	1,3	0,7	3,4	1,0	
S_i	0,39	0,49	0,40	0,40	0,36	0,40	0,36	0,46	0,40	0,37	0,42	0,40	
$u(x_i)$	0,51	0,65	0,65	0,53	0,50	0,44	0,28	0,44	0,51	0,35	0,16	0,75	
$U(x_i)$	1,01	1,30	1,30	1,05	1,00	0,88	0,56	0,88	1,01	0,70	0,32	1,50	

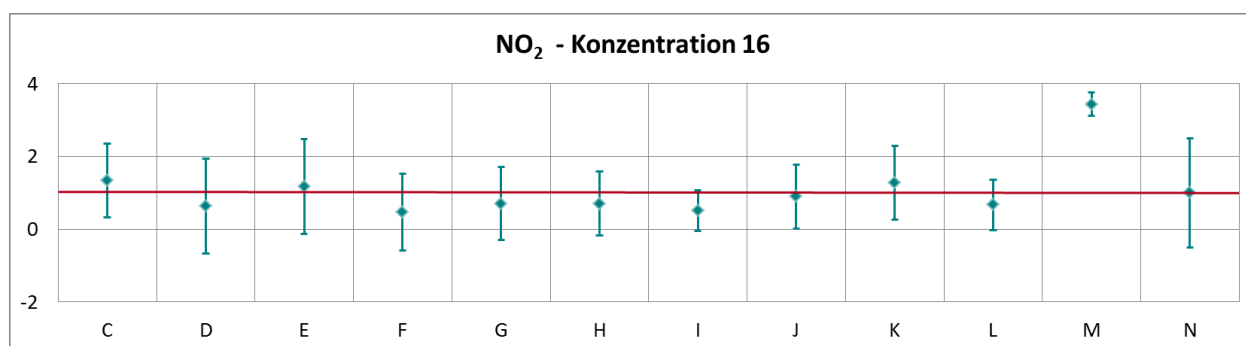


Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 16 (in ppb).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 17 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 17 $x^* = 12,2$ $s^* = 0,44$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	12,5	12,2	12,3	12,1	12,3	11,8	11,9	12,5	12,3	10,8	15,3	12,3	
$x_{i,2}$	12,6	12,2	12,3	12,2	12,2	11,9	11,1	12,4	12,2	10,7	15,2	12,3	
$x_{i,3}$	12,5	12,1	12,4	11,9	12,1	11,9	11,8	12,4	12,2	10,7	15,2	12,3	
X_i	12,5	12,2	12,3	12,1	12,2	11,9	11,6	12,4	12,2	10,7	15,2	12,3	
S_i	0,04	0,06	0,06	0,15	0,10	0,06	0,44	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	
$u(x_i)$	0,40	0,36	0,56	0,50	0,40	0,22	0,31	0,22	0,39	1,01	0,26	0,55	
$U(x_i)$	0,79	0,71	1,12	1,01	0,80	0,44	0,62	0,44	0,79	2,01	0,52	1,10	

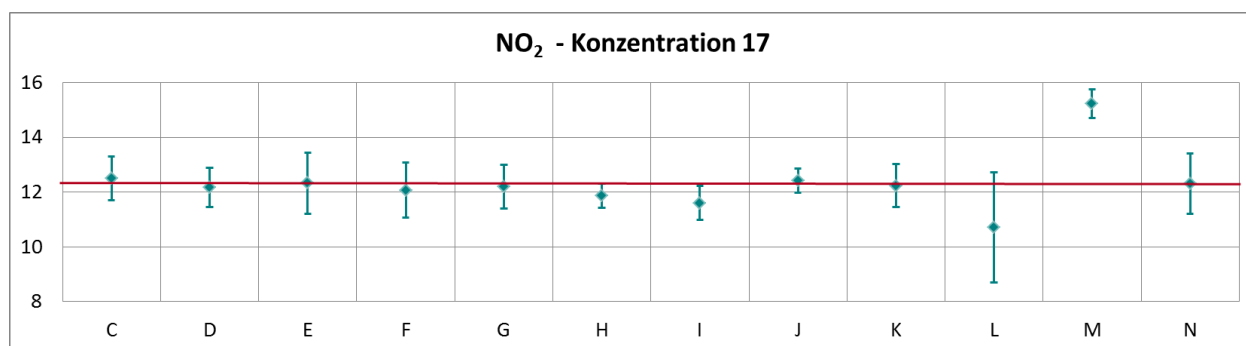


Abbildung 85: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 17 (in ppb).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 18 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 18 $x^* = 0,8$ $s^* = 0,51$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	1,7	1,0	1,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,3	1,6		3,9	1,5	
$x_{i,2}$	1,2	0,5	0,9	0,4	0,5	0,5	0,4	0,8	1,1		3,4	1,0	
$x_{i,3}$	1,0	0,3	0,8	0,0	0,3	0,4	0,1	0,6	0,9		3,1	0,8	
X_i	1,3	0,6	1,1	0,4	0,6	0,6	0,5	0,9	1,2		3,5	1,1	
S_i	0,36	0,35	0,44	0,40	0,36	0,32	0,46	0,36	0,36		0,40	0,36	
$u(x_i)$	0,50	0,63	0,65	0,51	0,49	0,38	0,45	0,38	0,50		0,19	0,76	
$U(x_i)$	1,00	1,25	1,30	1,02	0,97	0,76	0,90	0,76	1,00		0,38	1,52	

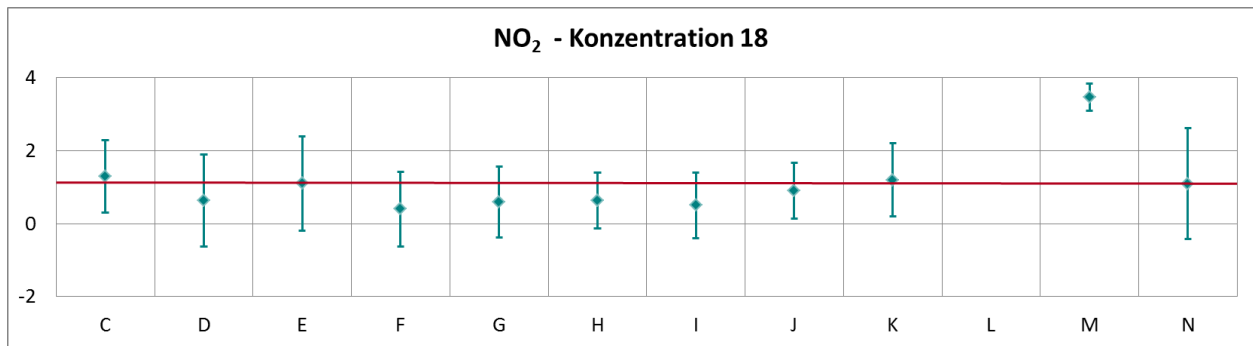


Abbildung 86: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 18 (in ppb).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration 19 (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 19 $x^* = 19,5$ $s^* = 0,45$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	19,9	19,5	19,7	19,5	19,8	19,3	19,2	20,1	19,2		22,9	19,5	
$x_{i,2}$	19,9	19,5	19,6	19,5	19,7	19,2	19,3	19,9	19,1		22,9	19,4	
$x_{i,3}$	19,8	19,6	19,7	19,5	19,6	19,2	19,2	19,8	19,2		22,8	19,5	
X_i	19,9	19,5	19,7	19,5	19,7	19,2	19,2	19,9	19,2		22,9	19,5	
S_i	0,08	0,04	0,06	0,00	0,10	0,06	0,06	0,15	0,06		0,06	0,03	
$u(x_i)$	0,41	0,43	0,57	1,04	0,40	0,26	0,37	0,27	0,40		0,36	0,48	
$U(x_i)$	0,81	0,86	1,14	2,07	0,80	0,52	0,74	0,54	0,80		0,72	0,96	

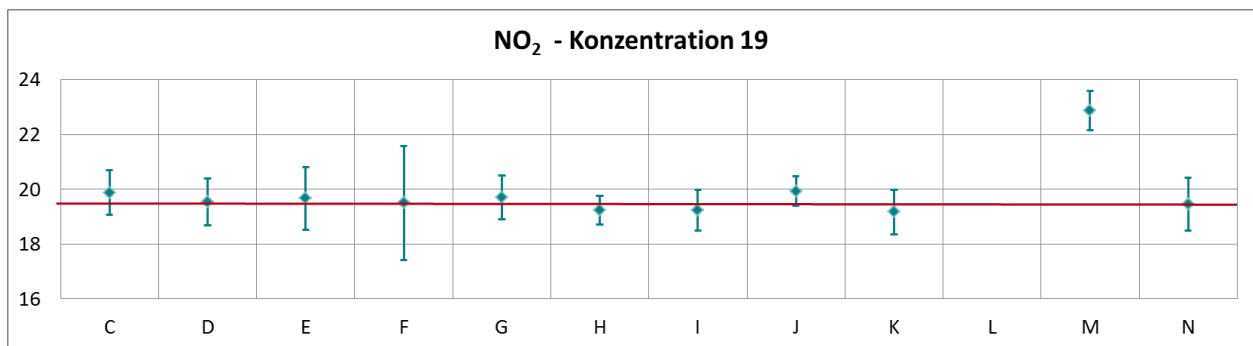


Abbildung 87: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration 19 (in ppb).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration Null (Nullgas 2) (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 0 (NG2) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,11$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	0,4	-0,4	0,3	-0,1	0,1	0,0	-0,3	0,1	0,1	-0,1	2,9	0,6	
$x_{i,2}$	0,3	-0,2	0,2	-0,2	0,0	0,1	-0,4	0,2	0,0	-0,1	3,0	0,4	
X_i	0,4	-0,3	0,3	-0,2	0,1	0,1	-0,4	0,2	0,1	-0,1	3,0	0,5	
S_i	0,02	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,00	0,07	0,13	
$u(x_i)$	0,56	0,66	0,52	0,51	0,51	0,20	0,28	0,20	0,56	1,00	0,06	0,73	
$U(x_i)$	1,13	1,31	1,04	1,01	1,03	0,40	0,56	0,40	1,13	2,00	0,12	1,46	

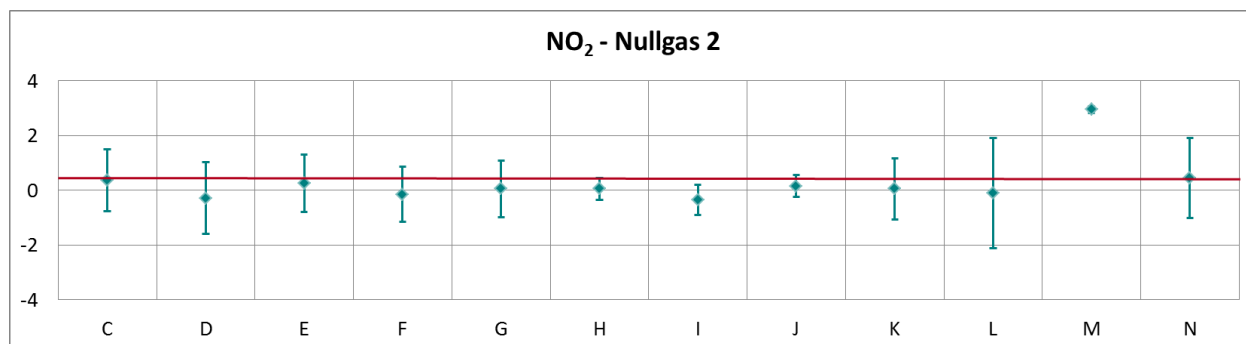


Abbildung 88: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration Null (NG2) (in ppb).

Tabelle 63: Ergebnisse für NO₂ bei Konzentration Null (Nullgas 3) (in ppb).

Parameter: NO₂, Konzentration 0 (NG3) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,11$

	Teilnehmer												
	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
$x_{i,1}$	0,6	-0,3	0,3	-0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	-0,1	2,5	0,2	
$x_{i,2}$	0,6	-0,4	0,4	-0,2	0,1	0,0	-0,3	0,0	0,1	-0,1	2,6	0,2	
X_i	0,6	-0,3	0,4	-0,2	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,1	-0,1	2,6	0,2	
S_i	0,01	0,11	0,07	0,00	0,07	0,00	0,28	0,14	0,00	0,00	0,07	0,00	
$u(x_i)$	0,56	0,60	0,64	0,48	0,54	0,22	0,28	0,22	0,56	1,00	0,07	0,76	
$U(x_i)$	1,12	1,20	1,28	0,96	1,08	0,44	0,56	0,44	1,12	2,00	0,14	1,52	

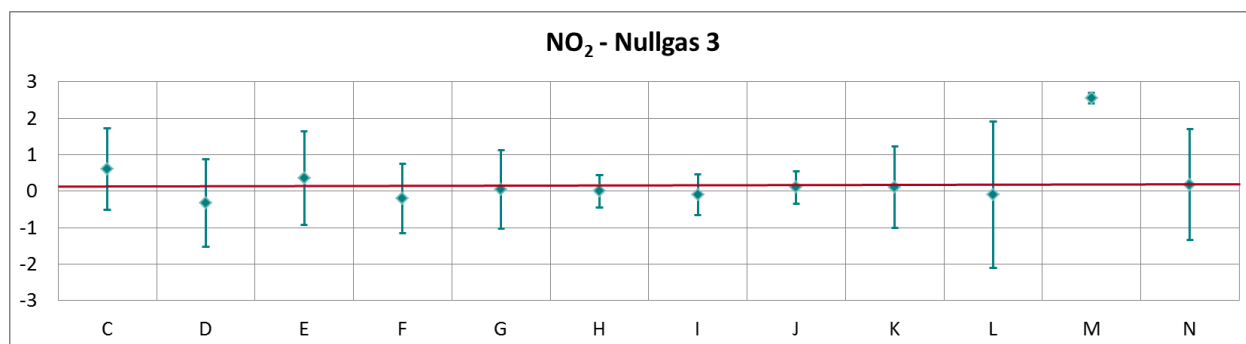


Abbildung 89: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO₂-Konzentration Null (NG3) (in ppb).

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

30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: MA22 Wiener Umweltschutzabteilung

Name der Teilnehmerin: Ing. Christina Kellner

Kontakt: 0676 8118 73777

Telefonnummer: 0676 8118 73777

E-Mail: christina.kellner@wien.gv.at

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

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	909,4 ppb/915,8 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	
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: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$ **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: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$

**Ringversuch für NO/NO₂ und O₃,
30. November bis 4. Dezember 2015**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Salzburg

Name des Teilnehmers: Ing. Martin Loibichler

Kontakt: Ing. Martin Loibichler

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

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

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

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	NO: 633 ppb/NO _x : 638 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: Horiba

Modell: APNA-370

Baujahr: 2011

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorgaben UBA 2010

2. 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,
30. November bis 4. Dezember 2015**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der OÖ Landesregierung

Namen der Teilnehmer: Stummer Manfred, Gabrysch Mario

Kontakt: Stummer Manfred, Gabrysch Mario

Telefonnummer: 0732/7720-13602 (Labor)

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

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

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	PGG NO/NO _x 915/920 ppb Flasche NO/NO _x 796/801 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	PGG im Kalibrierpunkt 10,71 ppb
Hersteller	Horiba, Linde
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, QMSOP-GA-001/LG

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo Electron
 Modell: 49C-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: QMSOP-GA-001/LG

**Ringversuch für NO/NO₂ und O₃,
30. November bis 4. Dezember 2015**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Landesagentur für Umwelt Bozen (LfU Bozen)

Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer; Oswald Vigl

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

Telefonnummer: +39 0471 417144

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

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

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Prüfgasflasche

Konzentration	795 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	11 % (1,4 %)
Hersteller	VSL Dutch Metrology Institute
Konzentration zertifiziert durch	VSL
Verdünnungsmethode	keine

Verwendetes Nullgas: Nullluftpatrone und Nullluftgenerator API701

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 (s.n. WL107V36)

Baujahr: 2008

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero und Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49i (s.n. 817231050)

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: Nullluftpatrone und Nullluftgenerator API701

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 43i (s.n. 817231050)

Baujahr: 2008

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero und Span

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

**Ringversuch für NO/NO₂ und O₃,
30. November bis 4. Dezember 2015**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: NUA-Umweltanalytik GmbH

Namen des Teilnehmers: Anton Tanzberger

Kontakt:

Telefonnummer: 0664/307 35 36

E-Mail: anton.tanzberger@nua.co.at

Rechnungsanschrift: NUA Umweltanalytik GmbH
Südstadtzentrum 4
A-2344 Maria Enzersdorf

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Prüfgasflasche

Konzentration	ca. 800 ppb NO
Erweiterte Unsicherheit (U)	2 %
Hersteller	Messer
Konzentration zertifiziert durch	UBA
Verdünnungsmethode	ja

Verwendetes Nullgas: Horiba Standard; AK, NK, MKS

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: Vorgaben UBA

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃
30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 15

Namen der Teilnehmer: Gerhard Schrempf, Adolf Roth

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

Telefonnummer: +4367686664167 oder +433168774167

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

Rechnungsanschrift: Amt der Steiermärkischen Landesregierung
 Abteilung 15 Energie, Wohnbau, Technik
 Referat Luftreinhalteung
 Landhausgasse 7
 8010 Graz

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Konzentration	NO 709 nmol/mol/NO _x 714 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U)	siehe Kalibrierschein
Hersteller	Air Liquide
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien (11.03.2015)
Verdünnungsmethode	--

Verwendetes Nullgas: --

1.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T 200

Baujahr: 2014

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß UBA-Vorgabe

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: API

Modell: T703

Baujahr:2014

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: intern Aktivkohle + Silikagel

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T400

Baujahr: 2014

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: gemäß UBA-Vorgabe

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃
30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Burgenländischen Landesregierung.

Name des Teilnehmers: Michael Fericsak

Kontakt: Amt der Burgenländischen Landesregierung,
 Abt.5/III- Natur- und Umweltschutz, Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt

Telefonnummer: 02682 600 2834

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

Rechnungsanschrift: Amt der Burgenländischen Landesregierung.
 Abteilung 5/III – Natur- und Umweltschutz
 (Luftgüteüberwachung)
 Europaplatz 1, 7000 Eisenstadt

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	940 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	1,5
Hersteller	Horiba
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien
Verdünnungsmethode	Gasflasche

Verwendetes Nullgas: 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: APNA370

Baujahr: 2012

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA, Abschätzung

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49CPS

Baujahr: 1999

2.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

Verwendetes Nullgas: mit Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: 400T

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA, Abschätzung

**Ringversuch für NO/NO₂ und O₃,
30. November bis 4. Dezember 2015**

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: LRG Tirol

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

Kontakt: Luftgüte – Messdienst, 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	NO: 640 ppb/NO ₂ : 5 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U)	3 %
Hersteller	Verdünnung: Fa. Horiba/Prüfgas: Fa. Linde
Konzentration zertifiziert durch	UBA Wien am 12.02.2015
Verdünnungsmethode	TMD

Verwendetes Nullgas: getrocknete Luft, Purafil, Aktivkohle und Silicagel

1.2 Vorgehen beim Ringversuch

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2006

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (NP + EP)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollenrezept (nach Wolf)

2. O₃**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Hersteller: EAS Envimet

Modell: API T 703

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: --

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2014

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (NP + EP)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Weihnachtsstollenrezept (nach Wolf)

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃
30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Kärntner Landesregierung.

Name des Teilnehmers: Ing. Franz Hohenwarter

Kontakt: 0463/8053618072

Telefonnummer: 0664/8053618072

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

Rechnungsanschrift: Amt der Kärntner Landesregierung.
 Abteilung 8 Umwelt und Technik
 Flatschacherstraße 70, 9020 Klagenfurt

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	798,9 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U)	+/- 11,98 nmol/mol
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		
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: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Thermo

Modell: 49C-PS

Baujahr: 2001

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: Thermo

Modell: E 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: $u_i = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃
30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

Name der Teilnehmer: Thomas Nöst, Philip Leonhardt

Kontakt: Thomas Nöst

Telefonnummer: 0316/873 302050

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?

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

Konzentration	798 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: 2012

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

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: T 703

Baujahr: 2012

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: E 49 i

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

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
30. November bis 4. Dezember 2015

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: iC consulenten

Name des Teilnehmers: Martin Koller

Kontakt:

Telefonnummer: +43 664 601 69 217

E-Mail: m.koller@ic-group.com

Rechnungsanschrift: iC consulenten Ziviltechniker GesmbH
 Schönbrunner Straße 297, 1120 Wien

1. NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Konzentration	909,9 ppb NO
Erweiterte Unsicherheit (U)	+/- 13,65 ppb NO
Hersteller	MLU/Recordum
Konzentration zertifiziert durch	UBA
Verdünnungsmethode	Massflowcontroller

Verwendetes Nullgas: Über Silicagel, Purafil und Aktivkohle aufgereinigte Umgebungsluft.

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: T42i

Baujahr: 2011

1.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (0 und 909,9 ppb NO)

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Für die Unsicherheit der Messung über Mittelwert und die Standardabweichung.

Für die kombinierte Unsicherheit durch quadratische Addition der Messunsicherheiten, des Kalibrators, der Kalibrierung und der Messung während des Ringversuchs.

2. O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Hersteller: Horiba

Modell: OZGU-370SE

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: Umgebungsluft welche mit Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb getrocknet und gereinigt wird

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA-370

Baujahr: 2007

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Mittelwert und Standardabweichung

ANHANG D: BESCHREIBUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE AM NEUEN STANDORT HANDELSKAI

Nach der Schließung des Standortes Strebersdorf durch die Bundesanstalt für Verkehr wurde als neuer Standort für die Ringversuchsanlage der Gebäudekomplex Handelskai 102–112, im 20. Wiener Gemeindebezirk ausgesucht.

Durch diesen Standort konnte sichergestellt werden, dass eine angemessene Räumlichkeit, die den technischen Anforderungen an die Abwicklung des Ringversuches entspricht, zur Verfügung steht. Das Umweltbundesamt stellt sicher, dass die Umgebungsbedingungen das Eignungsprüfungsprogramm bzw. die geforderte Qualität der Abläufe nicht gefährden.

Neben einer Klimatisierung des hellen Raumes stehen Nebenräume für die Anlagensteuerung und Herstellung des Gasgemisches für das technische Personal und ein separater Besprechungsraum für alle TeilnehmerInnen zur Verfügung. Durch die große Quadratmeteranzahl des Raumes, in dem der Ringversuch stattfindet, ist es nun möglich, zwei weitere Plätze für TeilnehmerInnen zur Verfügung zu stellen.

Eine Zufahrtsmöglichkeit über ein überdachtes Parkdeck zum Standort erleichtert den Transport von Messgeräten. Die zusätzliche Nähe des Umweltbundesamtes und die gute Erreichbarkeit mit den öffentlichen Verkehrsmitteln sprechen für die Auswahl des Standortes (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2015).

*Abbildung 90:
Anordnung der
Arbeitsplätze und
Aufbau der verwendeten
Messgeräte.
(© Umweltbundesamt)*





Abbildung 91:
Großes Platzangebot
der Räumlichkeiten
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 92:
Nebenräume für
die Anlagensteuerung
und Datensicherung,
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 93:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen.
(© Umweltbundesamt)

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 2015“ sind die Resultate dieses Ringversuchs zusammengefasst. Getestet wurde die Kompetenz bei der Messung von Ozon (O₃) und Stickoxide (NO und NO₂).

Die Messergebnisse 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 bietet das Umweltbundesamt in regelmäßigen Abständen den BetreiberInnen von nationalen und internationalen Luftgütemessnetzen, sowie Messgeräte-HerstellerInnen, ZivilingenieurInnen und Labors für Immissionsmessungen die Gelegenheit, die Messgenauigkeit ihrer Anlagen zu unterschiedlichen Luftschadstoffen in Ringversuchen zu überprüfen.

2015 fand erstmals der Ringversuch für Immissionsmessungen an der neuen Ringversuchsanlage am Handelskai statt.