

**Eignungsprüfung zur
Immissionsmessung 2023
Auswertung der Eignungsprüfung
für NO/NO₂, CO und SO₂**

**Proficiency Testing for
Gaseous Air Pollutants 2023
Evaluation for NO/NO₂, CO and SO₂**

BERICHT/REPORT

Ausgabe/Edition 1 – 20.03.2024

Dieser Report umfasst 174 Seiten.
This report comprises 174 pages.



Anbieter von Eignungsprüfungen
Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5
1090 Wien
Telefon: +43-(0)1-31304-5514
Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Für die Eignungsprüfung wird das Verfahren VA 110_PT „Eignungsprüfungen für gasförmige Luftschadstoffe mit dem Ausgabedatum 07.05.2020 verwendet.

Autor:innen

Nicole Klösch
Andreas Wolf
Marina Fröhlich

Gesamtverantwortliche Leitung Eignungsprüfungen (IM)

Siegmund Böhmer
Telefon: +43 664 9668676

Koordination Eignungsprüfungen

Nicole Klösch
Telefon: +43 664 9668600
Stv. Marina Fröhlich
Telefon: +43 664800135862

Genehmigung/Freigabe des Berichts

gesamtverantwortliche Leitung Eignungsprüfungen: Siegmund Böhmer

Art des Berichts und Ausgabedatum:

Endbericht; März 2024

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, 2023
Alle Rechte vorbehalten

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	6
1 EINLEITUNG.....	7
2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG.....	8
3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE	12
4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	14
5 AUSWERTUNG DER DATEN.....	22
5.1 z'-score Auswertung	22
5.2 E_n-Nummer Auswertung	30
5.3 Bias und Messunsicherheit.....	37
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	50
ANHÄNGE.....	51
ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	52
A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit.....	53
A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen.....	54
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	55
ANHANG C: BERICHTETE WERTE	58
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	110
ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS-ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	166
E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte	166
E2 Herstellung der Prüfgegenstände	166
E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen	166
E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität	167
E4.1 Eignungsprüfungsrounde 6.-10.11.2023.....	167
E4.2 Eignungsprüfungsrounde 13.-17.12.2023.....	168
E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte.	169
ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN- NUMMERN.....	171

ZUSAMMENFASSUNG

Im November 2023 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor für Luftqualität Eignungsprüfungen für Betreiber:innen von Immissionsmessnetzen. Diese dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Es wurden Messungen der Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO_2), Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffoxide (NO/NO_2) durchgeführt.

Die Ergebnisse aller 14 Teilnehmer:innen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien für Luftqualität vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37. Der Referenzwert wurde vom Umweltbundesamt ermittelt und gegen den „robusten Mittelwert“ der Ergebnisse der Teilnehmer:innen (gemäß ISO 13528) getestet.

Bewertet wurden die Einhaltung eines allgemeinen (z' -score) und eines individuellen (E_n -Nummer) Schwellenwertes sowie die Messunsicherheit der Ergebnisse.

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2023 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der Teilnehmer:innen wieder.

Für die Komponente NO haben alle Messgeräte der Eignungsprüfung 2023 vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt und die Bestnote (a1) erhalten (siehe Tabelle 7 und Tabelle 11).

Für die Komponente CO haben bis auf zwei Messgeräte alle Messgeräte vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse (a1) erzielt. Bei einem Messgerät wird die Messunsicherheit viermal bei niedrigen Stoffmengenanteilen größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung angegeben und daher mit a2 bewertet (siehe Tabelle 10). Das zweite Messgerät liegt bei Nullgas einmal außerhalb des E_n -Kriteriums (a3-Bewertung; siehe Tabelle 6).

Für die Komponente NO_2 haben alle Messgeräte bis auf drei vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Bei geringen Stoffmengenanteilen hat ein Messgerät zwei a3-Bewertung und ein weiteres Messgerät viermal a3-Bewertung erhalten. Bei ebenfalls geringen Stoffmengenanteilen wurde das vierte Messgerät zwei Mal mit a3 und einmal mit a5 bewertet.

Auch bei SO_2 haben alle bis auf zwei Messgeräte vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Ein Messgerät liegt bei höheren Stoffmengenanteilen zweimal außerhalb des E_n -Kriteriums (a3-Bewertung) und bei hohen Stoffmengenanteilen einmal außerhalb des E_n -Kriteriums mit zusätzlich fraglichen z' -score (a5-Bewertung). Das zweite Messgerät liegt viermal bei mittleren bis hohen Stoffmengenanteilen außerhalb des E_n -Kriteriums und zwei Mal bei mittleren Stoffmengenanteilen außerhalb des E_n -Kriteriums mit fraglichen z' -score (a5-Bewertung).

Hervorzuheben ist, dass Bewertungen bis inklusive a3 gute, den Anforderungen vollständig erfüllende Messergebnisse darstellen. Das Ausmaß der zufriedenstellenden Ergebnisse zeigt, dass sich die Messergebnisse bei den gasförmigen Eignungsprüfungen seit 2010 stetig verbessert haben bzw. dass der hohe Qualitätsstandard gehalten werden konnte.

Die nächste Eignungsprüfungsrounde für die Luftschadstoffe NO, NO_2 und O_3 ist für den Oktober 2024 geplant.

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung

Auswerteverfahren

Bewertungskriterien

Ergebnisse Komponente NO

Ergebnisse Komponente CO

Ergebnisse Komponente NO_2

Ergebnisse Komponente SO_2

nächste Eignungsprüfung im Herbst 2024

SUMMARY

interlaboratory comparison	Beginning of November 2023 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparison for air quality network operators. The tests were carried out at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants sulphur dioxide (SO ₂), carbon monoxide (CO), and nitrogen oxides (NO and NO ₂).
evaluation of measurement results	The results of all 14 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 run was assessed by Umweltbundesamt; its robustness was evaluated against the participant's results (according to ISO 13528).
criteria for evaluation	The compliance with a common criterion (z'-score) and an individual criterion (E _n -number as well as the measurement uncertainty of the results were evaluated. Overall, the results of the proficiency testing 2023 are satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.
results of NO	For the NO component, all measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1; see Table 7 and 11).
results of CO	For the CO component, all but two measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1). In the case of one measuring instrument, the measurement uncertainty is reported four times at mole fractions greater than the standard deviation for conformity assessment and is therefore assessed as a2. The second measuring instrument is outside the E _n criterion at zero gas (a3 rating).
results of NO₂	For the component NO ₂ , all but three measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1 rating). At low mole fractions, one measuring instrument received two a3 ratings and another measurement instrument four a3 ratings. The third measuring instrument was rated twice with a3 and once with a5.
results of SO₂	For SO ₂ all but two measuring instruments obtained completely satisfactory (a1) results. One measuring instrument is twice outside the E _n criterion (a3 evaluation) for generally high mole fractions and once outside the E _n criterion for high mole fractions with an additional questionable z'-score (a5 evaluation). The second measuring device is four times outside the E _n criterion for medium to high mole fractions (a3) and twice for medium mole fractions outside the E _n criterion with a questionable z'-score and rated as a5. In general, it is stressed, that results of the proficiency testing down to a3 represent good monitoring results fulfilling the requirements. Results have improved steadily since 2010 or maintained at the same high quality level as in previous years.
next proficiency testing round	The next proficiency testing round for NO, NO ₂ and O ₃ will take place in October 2024.

1 EINLEITUNG

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

Ziel einer Eignungsprüfung 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 Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien für Luftqualität. 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 Immisionsdaten – so sind die Anforderungen an die Daten, die Messnetze und die Qualitätssicherung ident zu den Anforderungen eines einzigen nationalen Messnetzes.

Vom 6. bis 10.11.2023 und von 13. bis 17.11.2023 wurden die Messsysteme von 14 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt. Die Ergebnisse beider Eignungsprüfungen werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

Das Umweltbundesamt hat vom 27. bis 30.03.2023 im ERLAP – dem europäischen Referenzlabor für Luftschadstoffe im Joint Research Centre in Ispra – an einer Eignungsprüfung für nationale Referenzlaboratorien für Luftqualität für SO₂, CO, O₃, NO und NO₂ erfolgreich mit durchgehender a1 Bewertung teilgenommen. Damit können die Ergebnisse der vorliegenden Eignungsprüfung mit denen der anderen europäischen Referenzlaboratorien und dem ERLAP verknüpft werden.

Der Bericht gibt einen Überblick über den Ablauf der Eignungsprüfung, die teilnehmenden Organisationen und die eingesetzten Messgeräte. Die Bewertung und Auswertung der Ergebnisse werden in den Kapiteln 4 und 5 dargestellt und beschrieben.

Die Rückführung der Referenzwerte ist in Anhang A angeführt, die Ergebnisse der Validierung der Referenzwerte der Eignungsprüfung sind im Anhang B beschrieben. In Anhang C und Anhang D sind die berichteten Werte und die von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen. Anhang E behandelt die Vorbereitung der Ringversuchsanlage für gasförmige Luftschadstoffe bei der Eignungsprüfung und in Anhang F sind die z'-scores und E_n-Nummern der teilnehmenden Organisationen zusammengestellt.

Die Identität, die Ergebnisse und die übermittelten technischen Informationen (Anhang D – Fragebögen zum Ringversuch) der teilnehmenden Organisationen unterliegen ausdrücklich nicht der Vertraulichkeit und werden im Bericht veröffentlicht.

**Ziele einer
Eignungsprüfung**

**gemessene
Luftschadstoffe**

**Aufbau
des Berichtes**

2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG

Die Eignungsprüfung 2023 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai 102–112 im 20. Wiener Gemeindebezirk statt.

Abbildung 1:
Lageplan der
Ringversuchsanlage.
(Quelle: Stadt Wien –
ViennaGIS;
www.wien.gv.at/viennagis)



Teilnehmer:innen

An den Eignungsprüfungen nahmen Messtechniker:innen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Burgenland, Oberösterreich, Steiermark, Salzburg, Kärnten und Tirol teil. Außerdem waren Vertreter:innen der iC consulanten Ziviltechniker GesmbH, des Laboratorium für Umweltanalytik GmbH (LUA), des LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen), die TU Graz (Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik), das Umweltbundesamt Messnetz sowie die Messstelle für Immission der Infraserv GmbH & Co. Höchst KG vertreten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:
Platznummern und
Buchstabencodes der
teilnehmenden
Organisationen.

Organisationen	Platznummer	Buchstabencode Auswertungen
Umweltbundesamt Referenzwert	1	A
*	2	B
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	3	C
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	3	D
Amt der Burgenländischen Landesregierung	4	E
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	5	F
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	5	G
Amt der Tiroler Landesregierung	6	H
Amt der Salzburger Landesregierung	7	I
LUA - Laboratorium für Umweltanalytik GmbH	7	J
LfU Bozen	8	K
iC consulanten Ziviltechniker GesmbH	9	L
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG	9	M
TU Graz	10	N
Messnetz Umweltbundesamt	11	O
Amt der Kärntner Landesregierung	11	P
*	12	Q
*	13	R
Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)	14	S

Anmerkung: -* nicht besetzter Arbeitsplatz

Den teilnehmenden Organisationen wurde mit den Namen/Organisationen fix nummerierter Arbeitsplätze an der Ringversuchsanlage zugewiesen (siehe Tabelle 1). Durch das Verteilen von Fragebögen wurden Angaben zu den verwendeten Messgeräten und Kalibrierstandards eingeholt. Vor dem Messbeginn jeder Komponente der Eignungsprüfung hatten die Teilnehmer:innen Gelegenheit, die Messgeräte mit ihren Standards zu kalibrieren. Alle verwendeten ihre eigene unabhängige Datenerfassung, wie sie auch im normalen Messbetrieb eingesetzt wird.

Ablauf und Aufbau der Eignungsprüfung

An den Arbeitsplätzen 1 und 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut und betrieben. Für die Eignungsprüfung vom 6.-10.11.2023 sowie vom 13.-17.11.2023 wurde jeweils am Messplatz 1 der Referenzwert von NO/NO₂, SO₂ und CO ermittelt.

Die Ergebnisse der Messungen der Teilnehmer:innen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, anzugeben.

Tabelle 2: Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.

Organisationen	Gerätetyp NO _x	Gerätetyp SO ₂	Gerätetyp CO
Umweltbundesamt (Referenz Platz 1)	APNA-370	TEI 43cTL	APMA 360CE
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA-370	API T100	APMA-370
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA-370	-	APMA 370
Amt der Burgenländischen Landesregierung	API T200	APSA-370	APMA 370
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA-370	TE 43i-TL	APMA 370
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	API T200	APSA 370	APMA 370
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA-370	APSA 370	APMA 370
Amt der Salzburger Landesregierung	APNA-370	TE 43i	APMA-370
LUA - Laboratorium für Umweltanalytik GmbH	APNA-370	APSA 370	APMA-370
LfU Bozen	APNA-370	TE 43i-TLE	APMA 370
iC consulente Ziviltechniker GesmbH	API T200	-	-
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG	-	-	APMA-370
TU Graz	APNA 370	-	-
Messnetz Umweltbundesamt	API T200U	API T100U	APMA 370
Amt der Kärntner Landesregierung	API T200	API T100	APMA 370
Umweltbundesamt (Homogenität, Platz 14)	APNA-370	TEI 43i TLE	APMA-370

*Abbildung 2:
Ringanlage mit
aufgebauten Geräten
(© Umweltbundesamt)*



Während der Eignungsprüfung waren die Messgasleitungen der Messgeräte an die Ringleitung angeschlossen, welche jeweils 1,5 bzw. 2 Stunden mit unterschiedlichen Stoffmengenanteilen von NO und NO₂, SO₂ und CO beschickt wurde. Den detaillierten zeitlichen Ablauf der Eignungsprüfung gibt Tabelle 3 und Tabelle 4 wieder.

*Abbildung 3:
Freie Zugangs-
möglichkeit zu allen
Anschlüssen an den
Geräterückseiten.
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 4:
Konzentriertes Arbeiten
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)*





*Abbildung 5:
Vertreter:innen der
teilnehmenden
Organisationen und
Personal der
Eignungsprüfungsstelle
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 6:
Vertreter:innen
der teilnehmenden
Organisationen und
Personal der
Eignungsprüfungsstelle
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 7:
Vertreter:innen
der teilnehmenden
Organisationen
(© Umweltbundesamt)*

3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE

Der genaue zeitliche Verlauf sowie die Stoffmengenanteile sind in den nachfolgenden Tabellen für die Eignungsprüfungsrounde dargestellt.

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschaadstoffe (6.–10.11.2023).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	CO
			nmol/mol	μmol/mol				
6.11.2023 09:00			Aufbau/Einlaufen					
			Kalibrierung					
7.11.2023 11:00	NO/NO _x NG1	01:30	Start NO/NO _x /O ₃	0				
7.11.2023 12:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480		
7.11.2023 14:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480		
7.11.2023 16:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480		
7.11.2023 18:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480		
7.11.2023 20:30	NO/NO _x 5	02:00		370	40	410		
7.11.2023 22:30	NO/NO _x 6	02:00		230	180	410		
8.11.2023 00:30	NO/NO _x 7	02:00		200	10	210		
8.11.2023 02:30	NO/NO _x 8	02:00		110	100	210		
8.11.2023 04:30	NO/NO _x 9	02:00		30	30	60		
8.11.2023 06:30	NO/NO _x 10	02:00		160	150	310		
8.11.2023 08:30	NO/NO _x 11	02:00		40	20	60		
8.11.2023 10:30	NO/NO _x 12	02:00		290	20	310		
8.11.2023 12:30	NO/NO _x 13	02:00		400	10	410		
8.11.2023 14:30	NO/NO _x 14	02:00		30	15	45		
8.11.2023 16:30	NO/NO _x NG2	01:00		0				
8.11.2023 17:30	SO ₂ /CO NG1	01:30	Start SO ₂ /CO	0				
8.11.2023 19:00	SO ₂ /CO 1	02:00					20	4
8.11.2023 21:00	SO ₂ /CO 2	02:00					120	15
9.11.2023 23:00	SO ₂ /CO 3	02:00					80	10
9.11.2023 01:00	SO ₂ /CO 4	02:00		500	10	510	-	10
9.11.2023 03:00	SO ₂ /CO 5	02:00					160	18
9.11.2023 05:00	SO ₂ /CO 6	02:00					10	2
9.11.2023 07:00	SO ₂ /CO 7	02:00					40	6
9.11.2023 09:00	SO ₂ /CO 8	02:00					100	12
9.11.2023 11:00	SO ₂ /CO 9	02:00					60	8
9.11.2023 13:00	SO ₂ /CO NG2	01:30		0				
9.11.2023 14:30		02:00	Ende/Kalibrierung					

Tabelle 4: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschadstoffe (13.-17.11.2023).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	CO
				nmol/mol	μmol/mol			
13.11.2023 09:00			Aufbau Einlaufen					
			Kalibrierung					
14.11.2023 11:00	NO/NO _x NG1	01:30	Start NO/NO _x	0				
14.11.2023 12:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480		
14.11.2023 14:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480		
14.11.2023 16:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480		
14.11.2023 18:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480		
14.11.2023 20:30	NO/NO _x 5	02:00		370	40	410		
14.11.2023 22:30	NO/NO _x 6	02:00		230	180	410		
15.11.2023 00:30	NO/NO _x 7	02:00		200	10	210		
15.11.2023 02:30	NO/NO _x 8	02:00		110	100	210		
15.11.2023 04:30	NO/NO _x 9	02:00		30	30	60		
15.11.2023 06:30	NO/NO _x 10	02:00		160	150	310		
15.11.2023 08:30	NO/NO _x 11	02:00		40	20	60		
15.11.2023 10:30	NO/NO _x 12	02:00		290	20	310		
15.11.2023 12:30	NO/NO _x 13	02:00		400	10	410		
15.11.2023 14:30	NO/NO _x 14	02:00		30	15	45		
15.11.2023 16:30	NO/NO _x NG2	01:00		0				
15.11.2023 17:30	SO ₂ /CO NG1	01:30	Start SO ₂ /CO	0				
15.11.2023 19:00	SO ₂ /CO 1	02:00					20	4
15.11.2023 21:00	SO ₂ /CO 2	02:00					120	15
15.11.2023 23:00	SO ₂ /CO 3	02:00					80	10
16.11.2023 01:00	SO ₂ /CO 4	02:00		500	10	510	-	10
16.11.2023 03:00	SO ₂ /CO 5	02:00					160	18
16.11.2023 05:00	SO ₂ /CO 6	02:00					10	2
16.11.2023 07:00	SO ₂ /CO 7	02:00					40	6
16.11.2023 09:00	SO ₂ /CO 8	02:00					100	12
16.11.2023 11:00	SO ₂ /CO 9	02:00					60	8
16.11.2023 13:00	SO ₂ /CO NG2	01:30		0				
16.11.2023 14:30		02:00	Ende/Kalibrierung					

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

Herstellung der Gasmischungen

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

3 Schritte der Auswertung

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema in Form eines Flussschemas vorgegeben (siehe Abbildung 8). 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'-scores 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 teilnehmenden Organisationen berichtete Messunsicherheit kleiner als die Vorgabe, so wird das bestmögliche Resultat in der Eignungsprüfung 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
Standardabweichung σ_p ,
Vorgabe ERLAP.*

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

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

zulässige Standardabweichung

Die zulässige Standardabweichung für Null bzw. einen niedrigen Stoffmengenanteil von NO₂ ist – da der NO₂-Stoffmengenanteil 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 niedrigem Stoffmengenanteil die Bewertung aufgrund dieses Kriteriums von a1 auf a2, so darf dies keinesfalls als signifikanter Mangel bewertet werden.

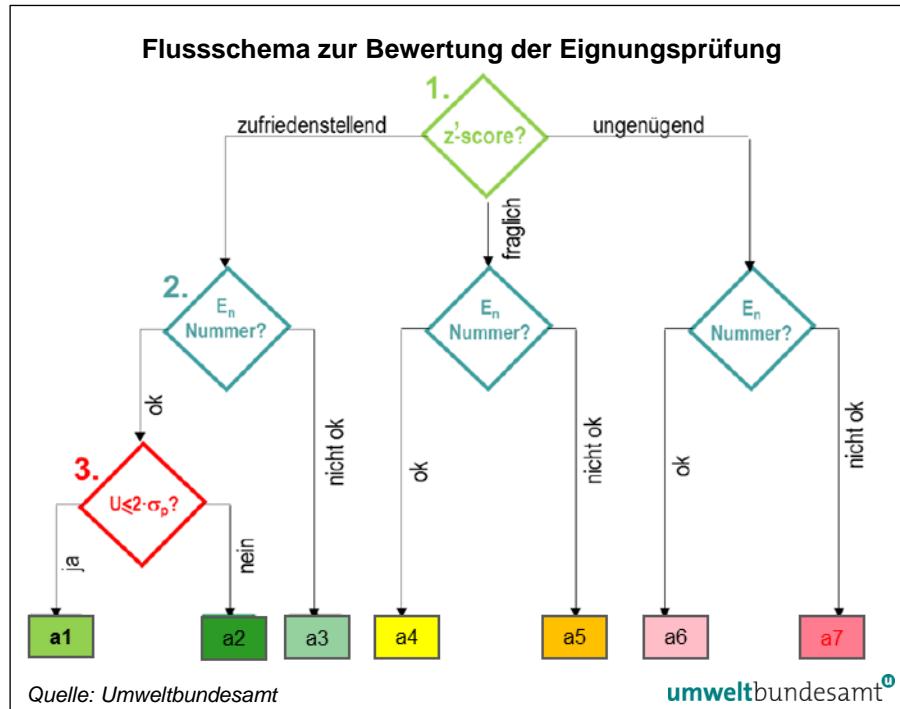


Abbildung 8:
Flussschema
zur Bewertung
der Eignungsprüfung

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

Beurteilungsschema

Die Ergebnisse der Teilnehmer:innen der Eignungsprüfung 2023 sind für alle Komponenten und die für die Bewertung herangezogenen Stoffmengenanteile in den folgenden Tabellen dargestellt.

*Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
CO-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(6.-10.11.2023).*

CO (µmol/mol)	Lauf Nummer	Referenz wert	C	E	F	H	I	K	P
			a1						
NG1	0.01		a1						
CO 1	4.09		a1						
CO 2	15.27		a1						
CO 3	10.22		a1						
CO 4	10.22		a1						
CO 5	18.40		a1						
CO 6	2.07		a1						
CO 7	6.14		a1						
CO 8	12.27		a1						
CO 9	8.19		a1						
NG2	-0.02		a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1

*Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(6.-10.11.2023).*

NO (nmol/mol)	Lauf Nummer	Referenz wert	C	E	F	H	I	K	L	N	P
			a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NG1	0.1		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 1	474.5		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 2	423.9		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 3	364.8		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 4	476.0		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 5	373.4		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 6	234.9		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 7	202.3		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 8	111.0		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 9	27.9		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 10	163.6		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 11	39.7		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 12	292.0		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 13	403.5		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 14	29.9		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1

Lauf Nummer	Referenz wert	C	E	F	H	I	K	L	N	P
		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0.1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 1	12.2	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 2	63.9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 3	123.3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 4	12.3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 5	44.2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 6	182.4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 7	11.2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 8	102.5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 9	33.2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 10	151.7	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 11	21.2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 12	22.1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 13	11.7	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 14	15.6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(6.-10.11.2023).

Lauf Nummer	Referenz wert	C	E	F	H	I	K	P
		a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
SO ₂ (nmol/mol)	NG1	0.0	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 1	17.0	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 2	110.3	a1	a5	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 3	72.8	a1	a3	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 5	149.3	a1	a3	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 6	8.6	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 7	35.0	a1	a3	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 8	91.4	a1	a3	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 9	53.7	a1	a5	a1	a1	a1	a1
	NG2	0.0	a1	a1	a1	a1	a1	a1

Tabelle 9:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(6.-10.11.2023).

*Tabelle 10:
Evaluierung der
Ergebnisse der
CO-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(13.-17.11.2023).*

CO (µmol/mol)	Lauf Nummer	Referenz wert	D	G	J	M	O
			D	G	J	M	O
NG1	0.01	a1	a1	a2	a1	a1	a1
CO 1	4.16	a1	a1	a2	a1	a1	a1
CO 2	15.49	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 3	10.38	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 4	10.39	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 5	18.67	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 6	2.13	a1	a1	a2	a1	a1	a1
CO 7	6.26	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 8	12.49	a1	a1	a1	a1	a1	a1
CO 9	8.34	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NG2	-0.03	a1	a1	a2	a1	a1	a1

*Tabelle 11:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(13.-17.11.2023).*

NO (nmol/mol)	Lauf Nummer	Referenz wert	D	G	J	O
			D	G	J	O
NG1	0.2	a1	a1	a1	a1	a1
NO 1	464.7	a1	a1	a1	a1	a1
NO 2	411.8	a1	a1	a1	a1	a1
NO 3	353.6	a1	a1	a1	a1	a1
NO 4	465.4	a1	a1	a1	a1	a1
NO 5	363.7	a1	a1	a1	a1	a1
NO 6	224.8	a1	a1	a1	a1	a1
NO 7	197.2	a1	a1	a1	a1	a1
NO 8	105.6	a1	a1	a1	a1	a1
NO 9	26.0	a1	a1	a1	a1	a1
NO 10	155.7	a1	a1	a1	a1	a1
NO 11	38.1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 12	285.8	a1	a1	a1	a1	a1
NO 13	395.8	a1	a1	a1	a1	a1
NO 14	28.8	a1	a1	a1	a1	a1

	Lauf Nummer	Referenz wert	D	G	J	O
			a1	a1	a1	a1
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0.1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 1	11.0	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 2	62.7	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 3	121.9	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 4	11.1	a1	a3	a1	a1
	NO ₂ 5	43.4	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 6	181.9	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 7	10.8	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 8	102.5	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 9	33.4	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 10	151.8	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 11	21.5	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 12	22.1	a1	a3	a1	a1
	NO ₂ 13	11.5	a1	a5	a1	a1
	NO ₂ 14	15.7	a1	a1	a1	a1

Tabelle 12:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(13.-17.11.2023).

	Lauf Nummer	Referenz wert	D	G	J	O
			a1	a1	a1	a1
SO ₂ (nmol/mol)	NG1	0.0	X		a1	a1
	SO ₂ 1	16.6	X		a1	a1
	SO ₂ 2	110.5	X		a3	a1
	SO ₂ 3	72.8	X		a1	a1
	SO ₂ 5	149.5	X		a5	a1
	SO ₂ 6	8.3	X		a1	a1
	SO ₂ 7	34.7	X		a1	a1
	SO ₂ 8	91.3	X		a3	a1
	SO ₂ 9	53.3	X		a1	a1
	NG2	0.1	X		a1	a1

Tabelle 13:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2023
(13.-17.11.2023).

Bei der Eignungsprüfung 2023 haben die teilnehmenden Organisationen C, H, I, K, L, M, O, P ausnahmslos für alle Komponenten und Stoffmengenanteile, an denen sie teilgenommen haben, die Bewertung a1 erhalten. Wobei die teilnehmende Organisation L nur bei NO und NO₂ und Organisation M nur für die Komponente CO teilgenommen hat. Teilnehmer:in D hat für alle Komponenten die

Ergebnisse

beste Bewertung (a1) erhalten, jedoch aufgrund eines Gerätedefektes keine SO₂ – Werte abgegeben. Auch Teilnehmer:in F hat ausnahmslos a1-Bewertungen für alle Komponenten erhalten, jedoch für NO drei Werte aufgrund von einem Defekt der Messzelle nicht übermittelt.

Die teilnehmende Organisation N hat nur für NO und NO₂ teilgenommen und bei der Komponenten NO₂ beim niedrigen Stoffmengenanteil vier a3-Bewertung (En-Nummer nicht ok) erhalten. Für NO wurden durchgängig a1- Bewertungen erreicht.

Bei der Eignungsprüfung hat Teilnehmer:in G für die Komponente CO und NO durchgehende die Bestnote erhalten. Neben zwei a3-Bewertungen und einer a5-Bewertung bei niedrige NO₂-Stoffmengenanteilen wurden durchgängig a1-Bewertungen erhalten. Das SO₂ Messgerät wies einen technisches Defekt auf, der zu nicht nachvollziehbaren Ergebnissen führte, sodass keine SO₂-Werte abgegeben wurden.

Teilnehmer:in J hat bei der Komponente NO durchgehend bei allen Stoffmengenanteilen a1 Bewertungen, für die Komponente CO wurden bei niedrigen Stoffmengenanteilen vier a2-Bewertung erhalten (Messunsicherheit war größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung; (Messunsicherheit ($> \sigma_{PT}$) wurde überschätzt). Für die NO₂-Komponente hat Teilnehmer:in J zwei a3-Bewertungen bei generell niedrigen Stoffmengenanteilen erhalten. Bei tendenziell höheren Stoffmengenanteilen von SO₂ hat die teilnehmende Organisation zwei a3-Bewertungen (En-Nummer nicht ok) und eine a5-Bewertung (z'-score fraglich und En-Nummer nicht ok).

Die teilnehmende Organisation E hat für die Komponenten NO durchgehend die Bestnote (a1-Bewertung) erhalten. Für NO₂ hat die teilnehmende Organisation E zwei a2 erhalten (Messunsicherheit ist größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung). Neben einer a3-Bewertung für CO bei Nullgas, wurden bei den anderen CO-Stoffmengenanteilen durchgehend eine a1-Bewertung erhalten. Bei tendenziell höheren bis mittleren Stoffmengenanteilen von SO₂ hat der/die Teilnehmer:in vier a3-Bewertungen und zwei a5-Bewertung erhalten.

Für die Komponenten NO und CO haben alle Messgeräte der Eignungsprüfung 2023 vollkommen (a1) bis zufriedenstellende (a3) Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7 sowie Tabelle 10 und Tabelle 11). Bei der Komponente SO₂ und NO₂ gab es auch vier fragliche Ergebnisse (z'-score fraglich und En-Nummer nicht ok; siehe Tabelle 9, Tabelle 12 und Tabelle 13)

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse für die Mischungen von NO und NO₂ in Zusammenhang zu stellen und grafisch abzubilden, bietet der Youden Plot. Dafür werden die z'-scores für NO und NO₂ von jeder teilnehmenden Organisation für jeden Durchgang kombiniert. Aus Abbildung 9 sind daher systematische Abweichungen und Verbesserungspotenziale abzulesen. Liegt das z'-score über der x-Achse, so liegt eine Überschätzung von NO₂ vor, liegt es unterhalb der x-Achse so werden die NO₂-Werte unterschätzt, links der y-Achse wird NO unterschätzt, rechts der y-Achse wird NO überschätzt.

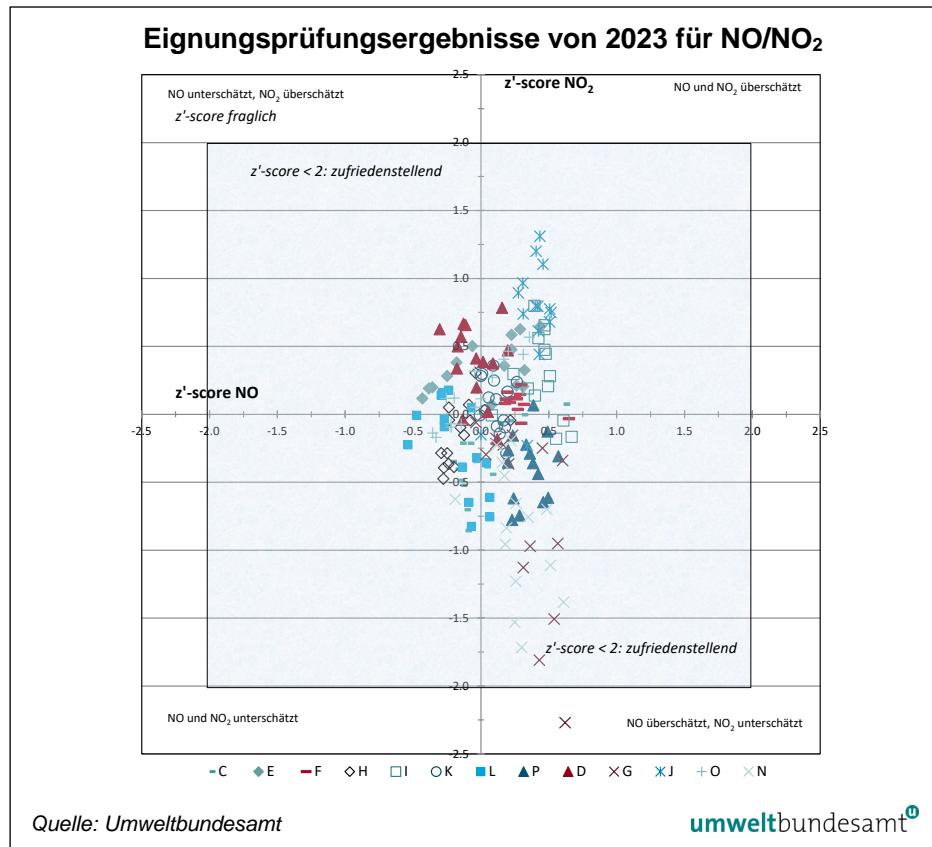


Abbildung 9:
Eignungsprüfungsergebnisse von 2023 für NO/NO₂ – dargestellt in Form des Youden Plots

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2023 ist gut: Die z'-scores liegen bei allen Stoffmengenanteilen, außer einem (NO₂: Durchgang 13; teilnehmende Organisation G) innerhalb des Bereiches von –2 bis +2. Das gute Gesamtergebnis ist auch grafisch deutlich zu erkennen, da der größte Anteil der Ergebnisse der teilnehmenden Organisationen nahe um das Zentrum streut.

Gutes Gesamtergebnis

Wird ausschließlich das auf externen Vorgaben (Sigma PT) beruhende z'-score herangezogen, so sind für die Bewertungen jeder Konzentrationsstufe a1 bis a3 von mindestens 80% des Gesamtdatensatzes pro Komponente als „bestanden“ anzusehen.

Anmerkung:

Da jedoch die Ermittlung der Messunsicherheit einen integralen Bestandteil von Luftgütemessdaten darstellt - bedingt durch die Vorgaben der Luftqualitätsrichtlinie und des IG-L - wird die En Nummer zu einer differenzierteren Bewertung der Ergebnisse in den Tabellen 6 bis 13 herangezogen.

5 AUSWERTUNG DER DATEN

Das „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37 über die Organisation und Auswertung von Eignungsprüfungen für nationale Referenzlaboratorien für Luftqualität sieht zwei statistische Kenngrößen vor: das z'-score und die E_n -Nummer (gemäß ISO 13528).

5.1 z'-score Auswertung

Ermittlung des Schwellenwertes	Mit dem z'-score wird überprüft, ob die Differenz zwischen einem gemessenen Stoffmengenanteil und dem Referenzwert (Bias) einen allgemeinen Schwellenwert nicht überschreitet. Der Schwellenwert orientiert sich an den Qualitätsanforderungen für die Messmethoden, wie sie in den europäischen Normen EN 14211, EN 14212, EN 14625 und EN 14626 beschrieben sind, und wird nach den Vorgaben des ERLAP ermittelt. Die Qualitätsanforderungen der Normen dienen wiederum dazu, die Einhaltung der gesetzlich geforderten Datenqualitätsziele, insbesondere der Messunsicherheit, zu gewährleisten.
zulässige Messunsicherheit	Die maximal zulässige erweiterte Messunsicherheit für Kalibriergase für die laufende Qualitätssicherung beträgt lt. den europäischen Normen 5 %; Nullgas darf kein Signal höher als die Nachweisgrenze der jeweiligen Komponente liefern. Daher wird eine zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung (σ_p) für jede Komponente durch lineare Interpolation berechnet. Die Interpolation erfolgt durch die maximal zulässige Abweichung von 2,5 % am Kalibrierpunkt (75 % des Zertifizierungsbereiches) und eine Abweichung in Höhe der Nachweisgrenze am Nullpunkt. Für NO_2 ist die Anforderung von $b = 1 \text{ nmol/mol}$ deutlich strenger als für alle anderen Komponenten, da es sich ja um die Differenz aus zwei Messwerten handelt. Dies wurde im Rahmen von AQUILA-Sitzungen bereits mehrmals angesprochen, jedoch bisher vom ERLAP nicht geändert. Bei geringen Stoffmengenanteilen von NO_2 können daher durch Überschreiten von σ_p schlechtere Bewertungen auftreten, die nicht maßgeblich für die Bewertung der Kompetenz der teilnehmenden Organisation sind.

Tabelle 14:
Berechnung der zulässigen Standardabweichung für die Konformitätsbewertung.

Gas	$\sigma_p = a \cdot c + b$	
	a	b (nmol/mol)
SO_2	0,022	1
CO	0,024	100
NO	0,024	1
NO_2	0,020	1
O_3	0,020	1

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 einer Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente
- X Referenzwert der jeweiligen Stufe des Stoffmengenanteils 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 Achsenabschnitt der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt

Ist $|z'| < 2$, so wird das Ergebnis als „zufriedenstellend“, für $2 \leq |z'| < 3$ als „fraglich“ und für $|z'| \geq 3$ als „ungenügend“ bewertet.

In den folgenden Abbildungen wird das ermittelte z'-score für jede Komponente, jeden Konzentrationsdurchgang und jede teilnehmende Organisation dargestellt. Ergebnisse, außerhalb des Bereiches von -2 bis +2, müssen als „fraglich“ bewertet werden.

z'-score-Ergebnisse

Für CO und NO lag der z'-score bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2 und wurde damit für alle Teilnehmer:innen und Stoffmengenanteile als „zufriedenstellend“ bewertet. Für die Komponente SO₂ lag der z'-score bei 3 Stoffmengenanteilen, für NO₂ bei einem Stoffmengenanteil außerhalb des Bereiches von -2 bis +2 und wurde als fraglich bewertet (siehe Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung 21).

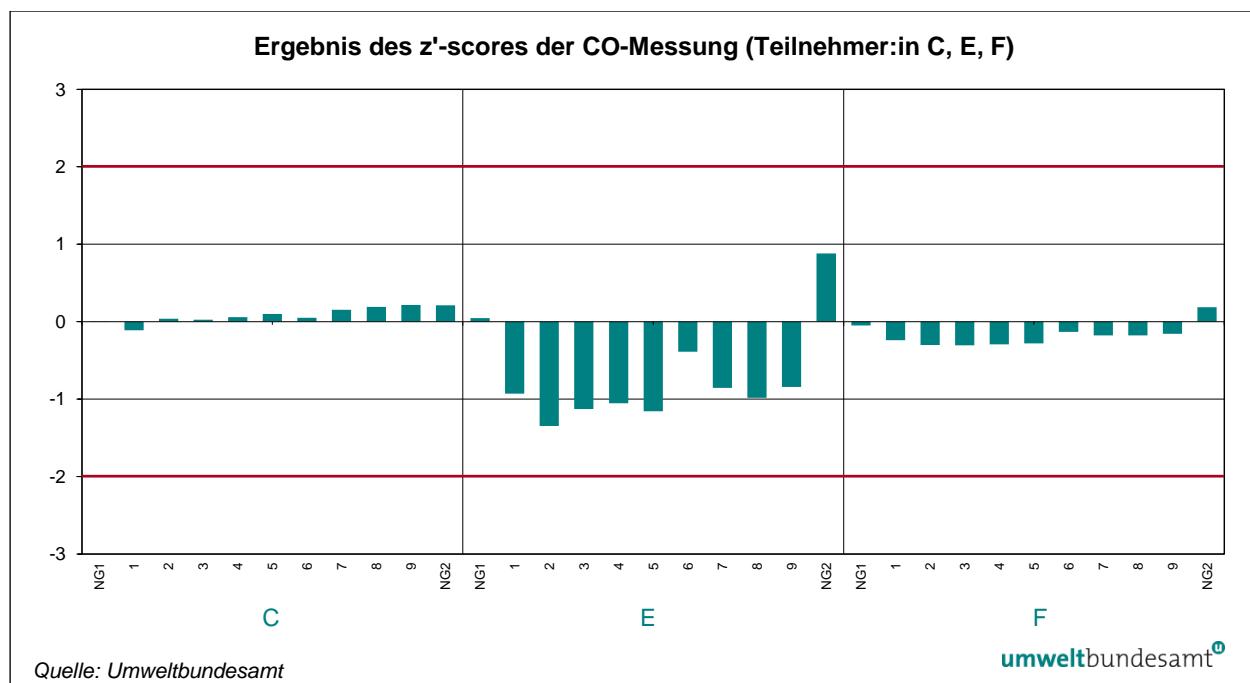


Abbildung 10: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F).

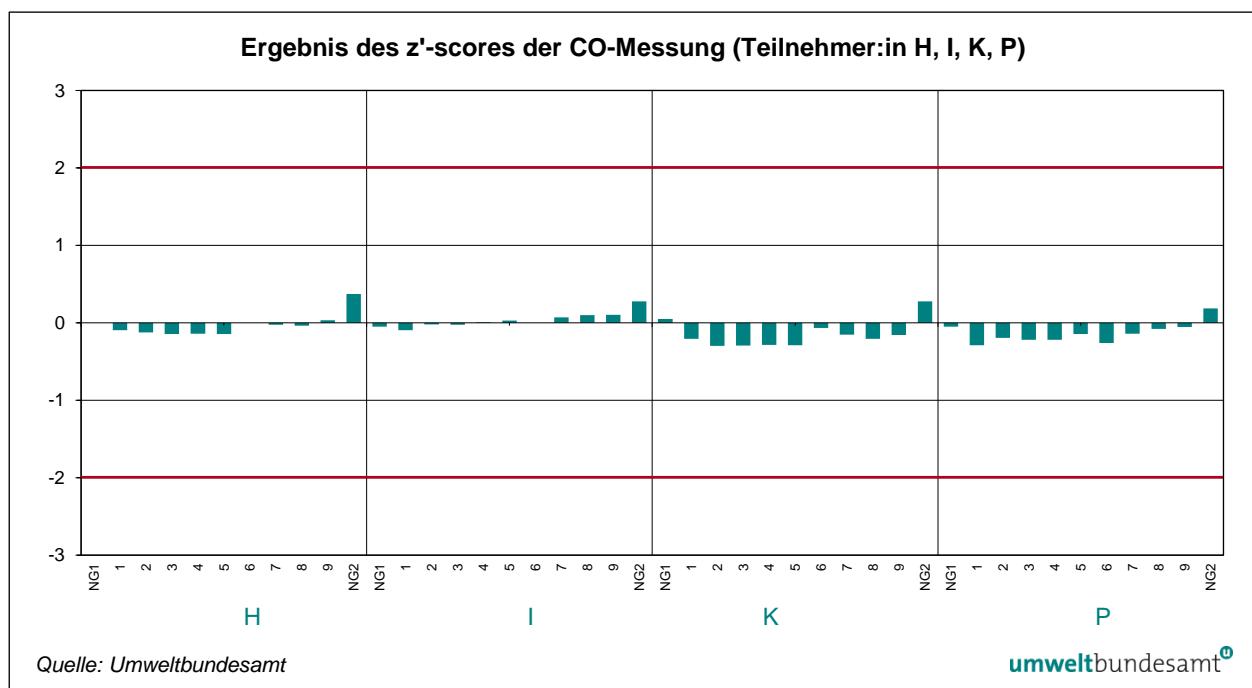


Abbildung 11: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P).

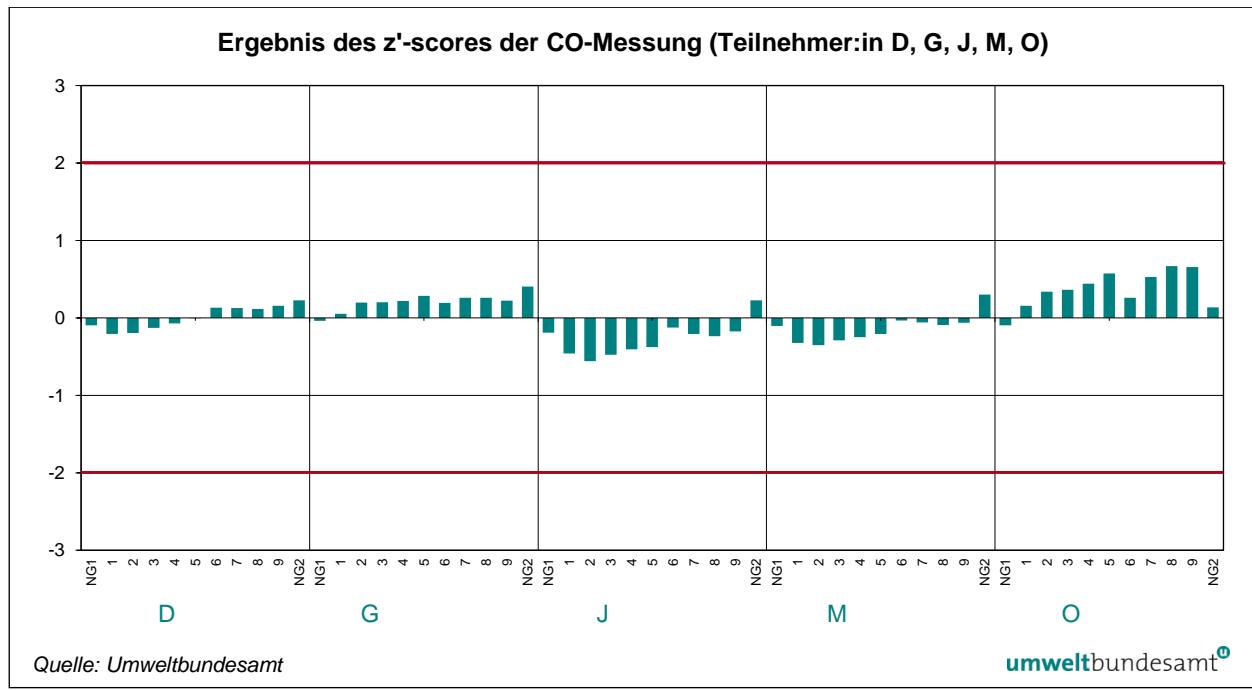


Abbildung 12: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, M, O).

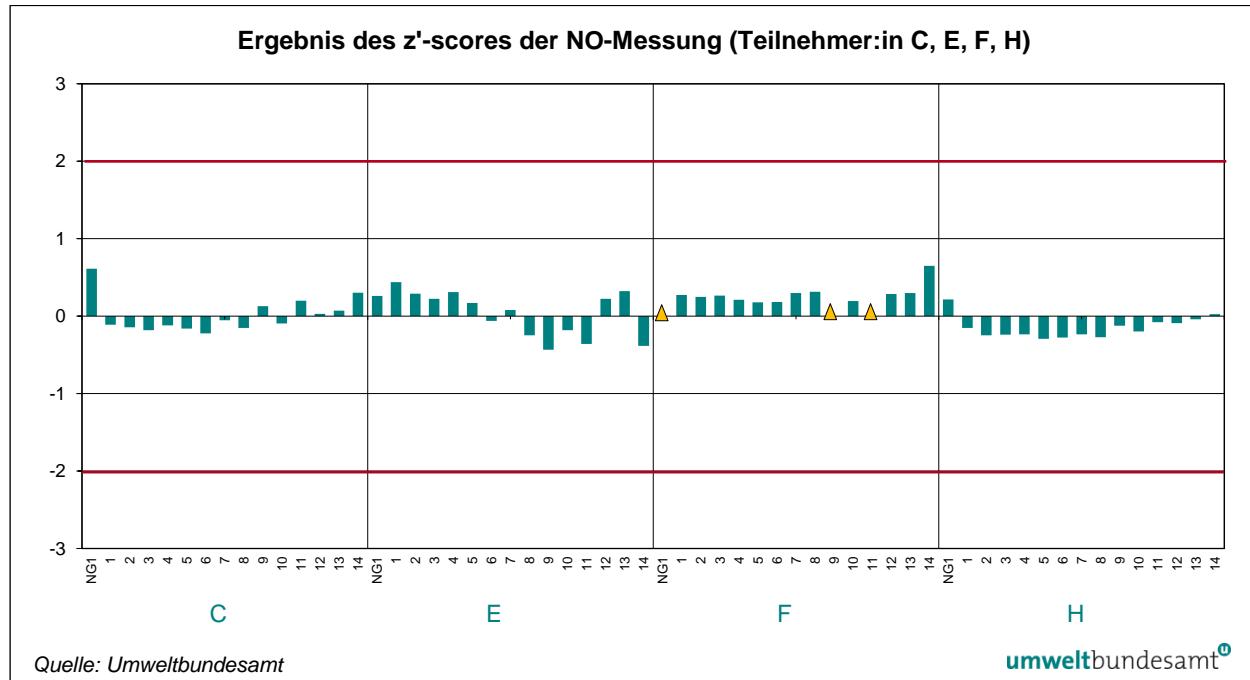


Abbildung 13: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H)

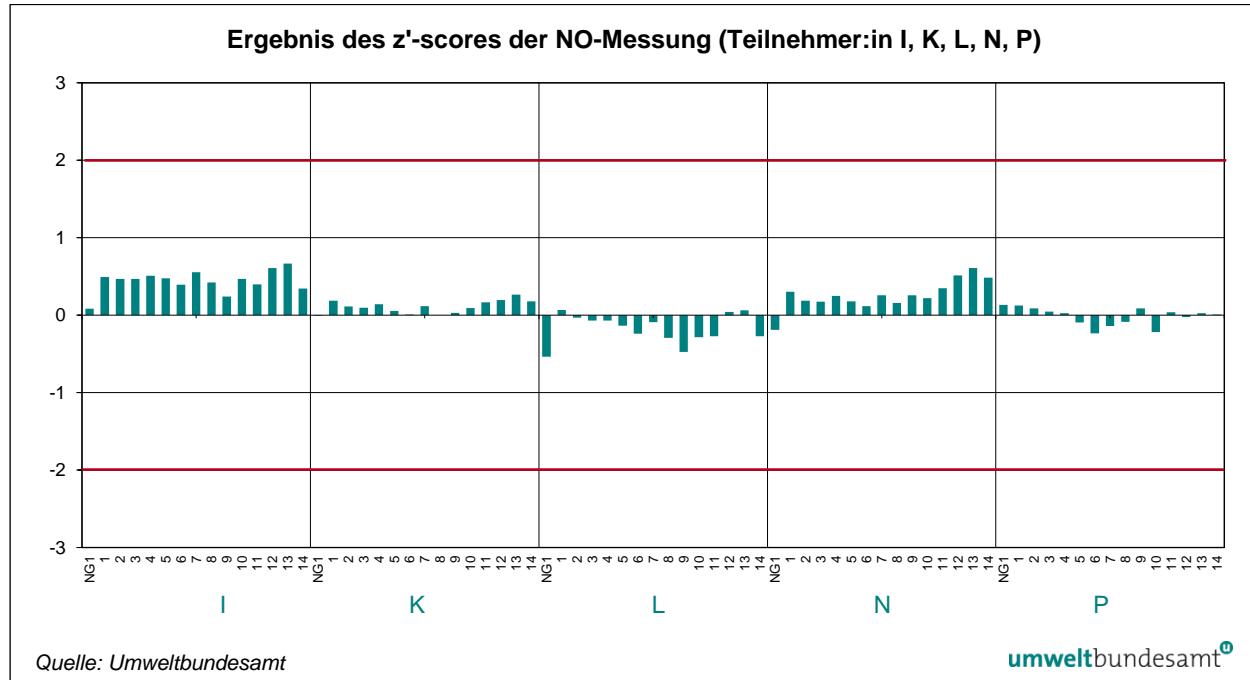


Abbildung 14: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P).

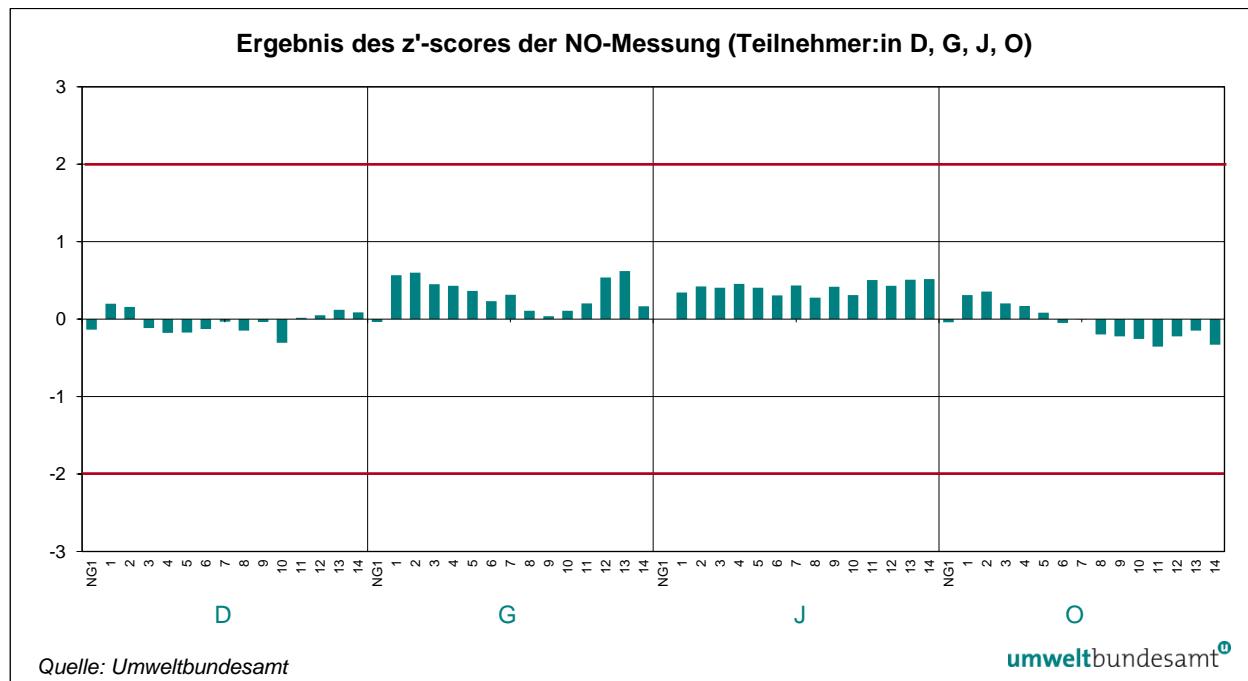


Abbildung 15: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O).

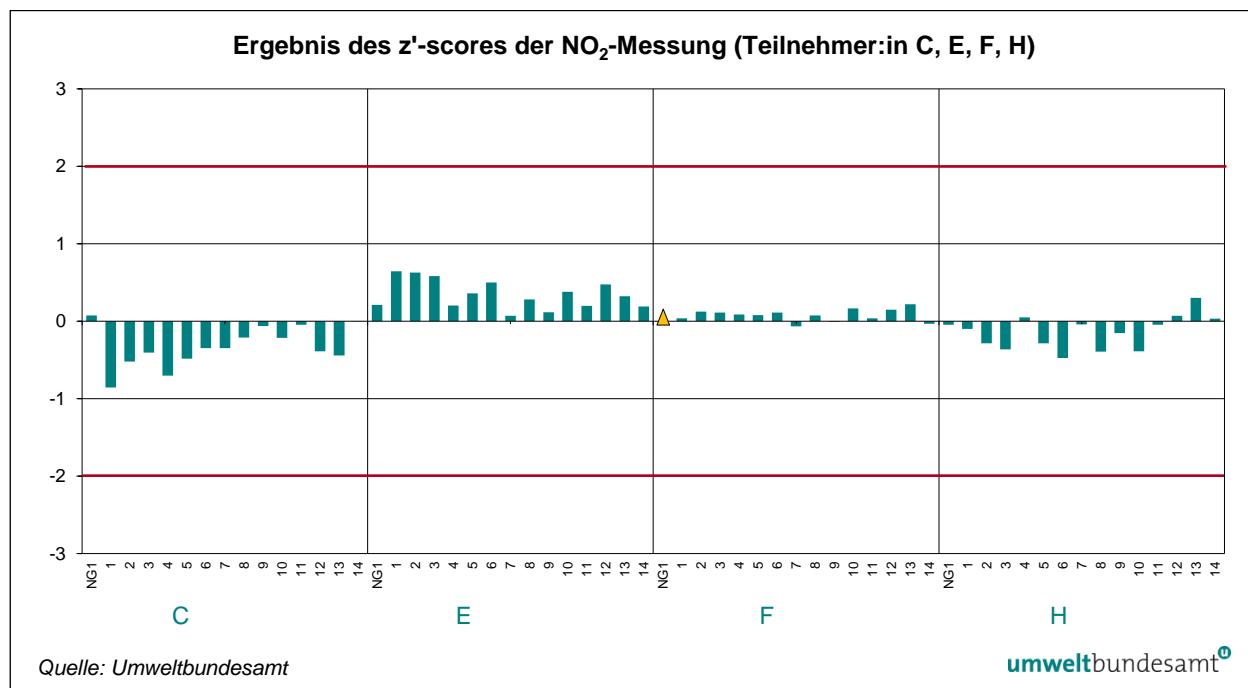
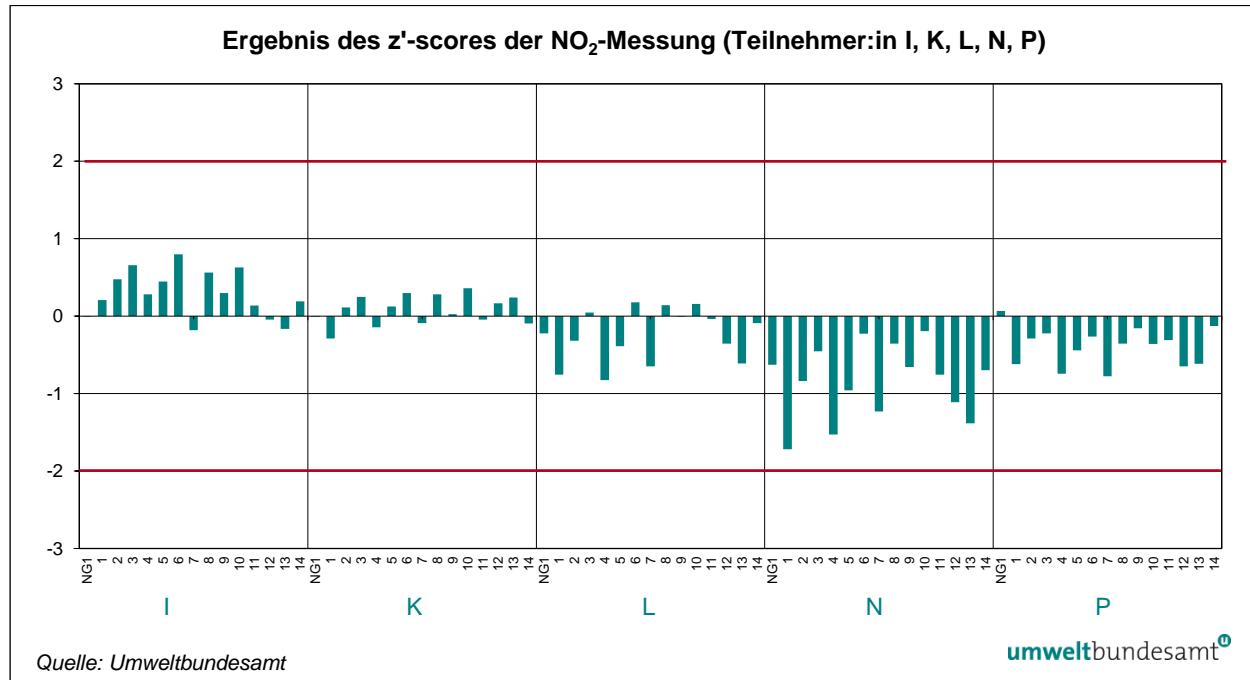
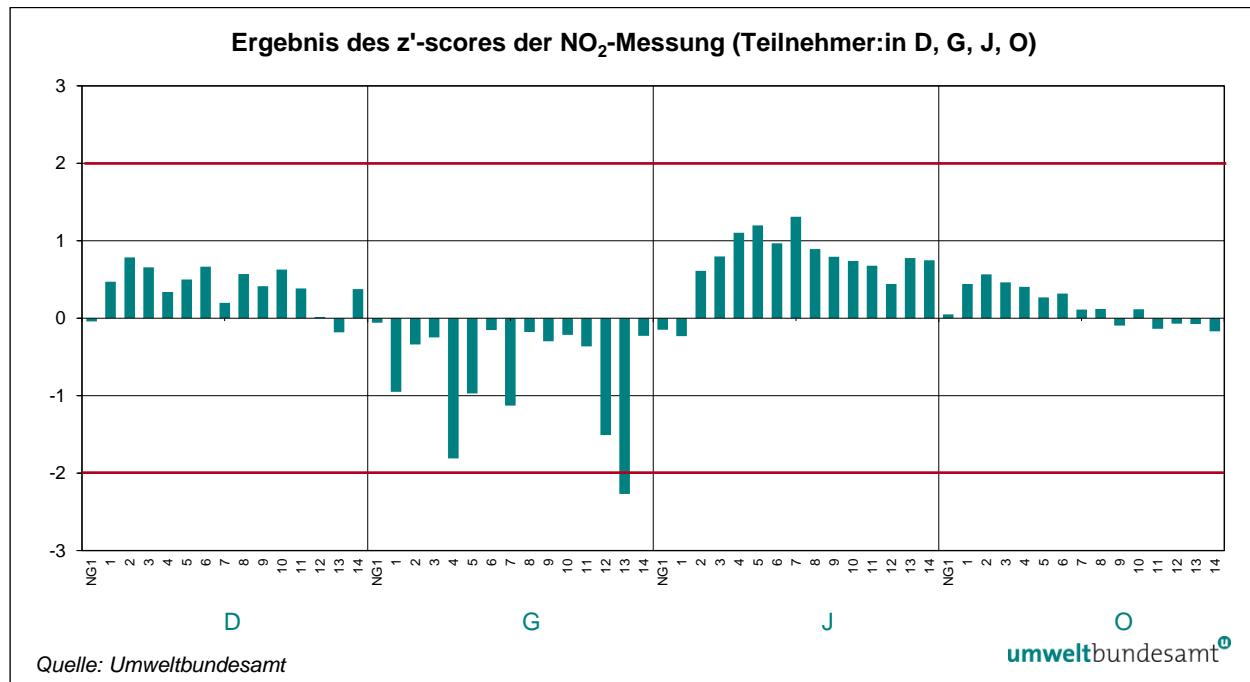


Abbildung 16: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H).

Abbildung 17: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P).Abbildung 18: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O).

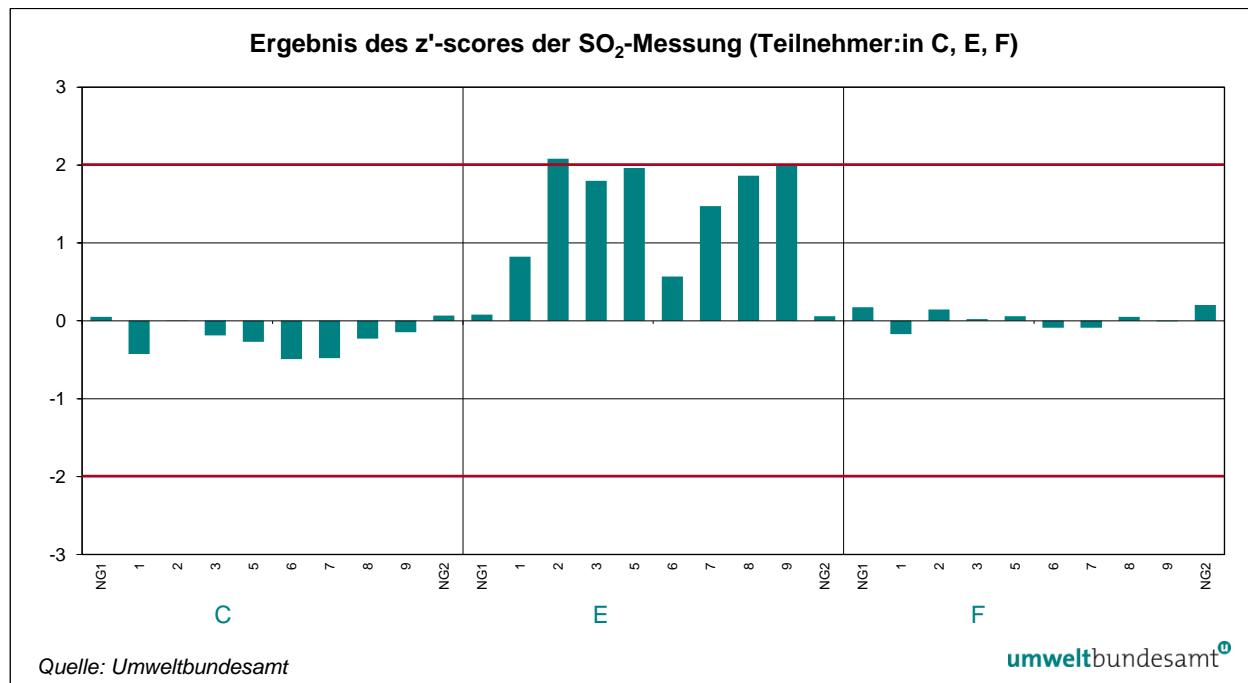


Abbildung 19: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F).

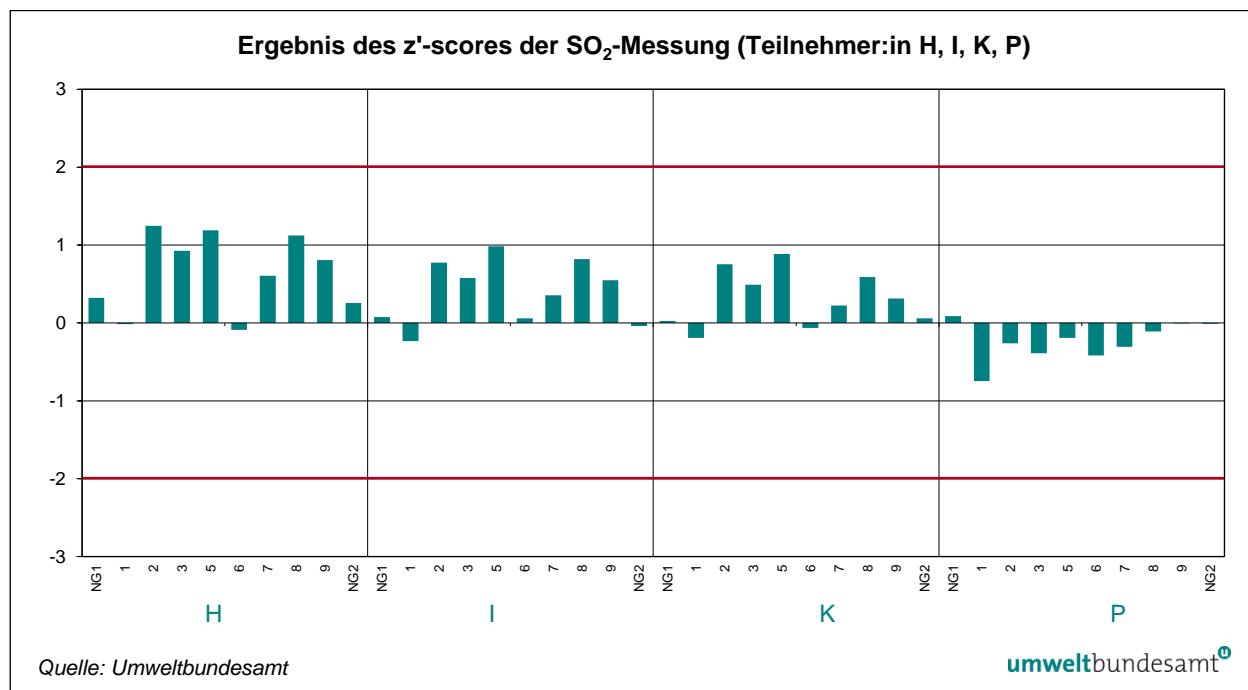
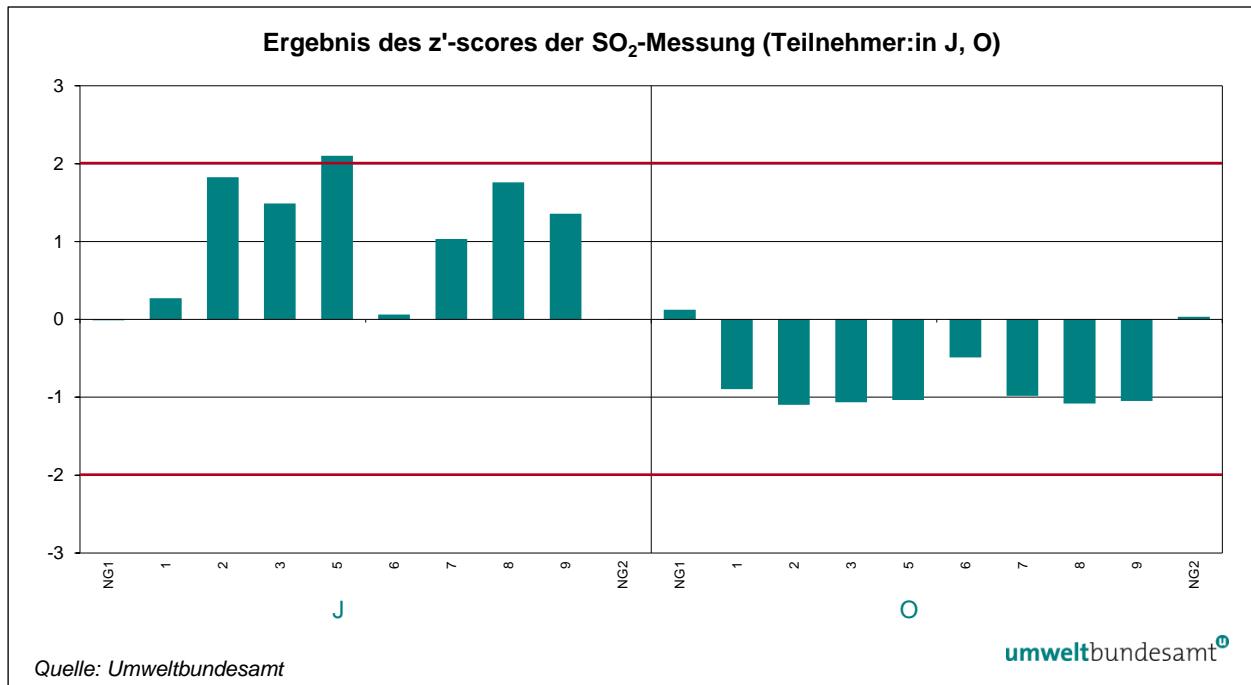


Abbildung 20: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P).

Abbildung 21: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in J, O).

5.2 E_n -Nummer Auswertung

Ermittlung des Schwellenwertes

Die zweite statistische Kenngröße ist die E_n -Nummer. Diese prüft, ob die Differenz zwischen dem gemessenen Stoffmengenanteil und dem Referenzwert (Bias) einen für jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin individuellen Schwellenwert überschreitet. Dabei werden die erweiterten Messunsicherheiten der gemessenen Stoffmengenanteile 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 einer Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente

X Referenzwert der jeweiligen Stufe des Stoffmengenanteils 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, jede teilnehmende Organisation und jeden bewerteten Konzentrationsdurchgang dargestellt.

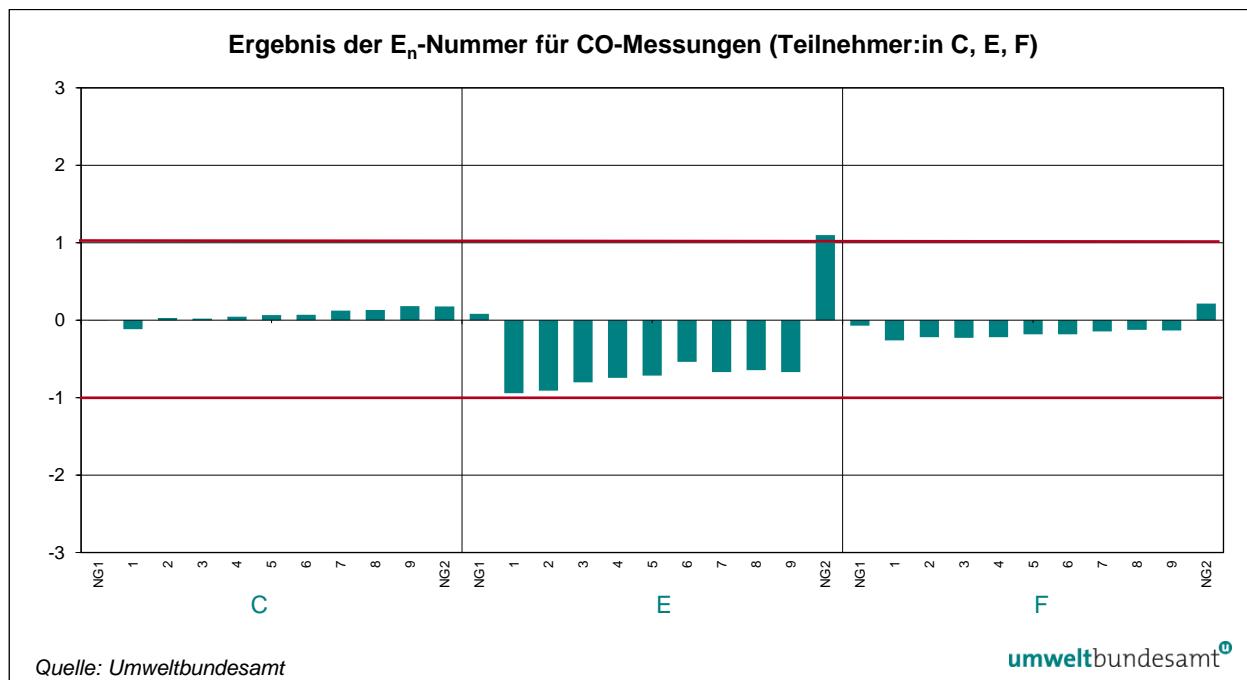
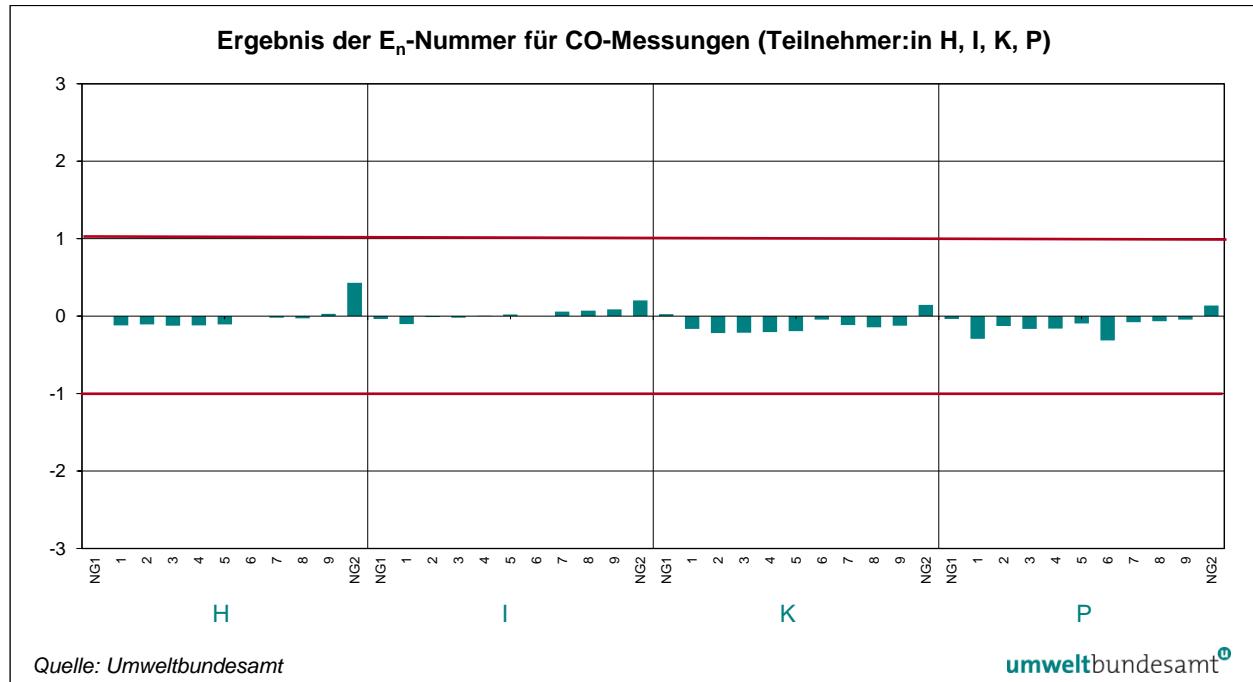
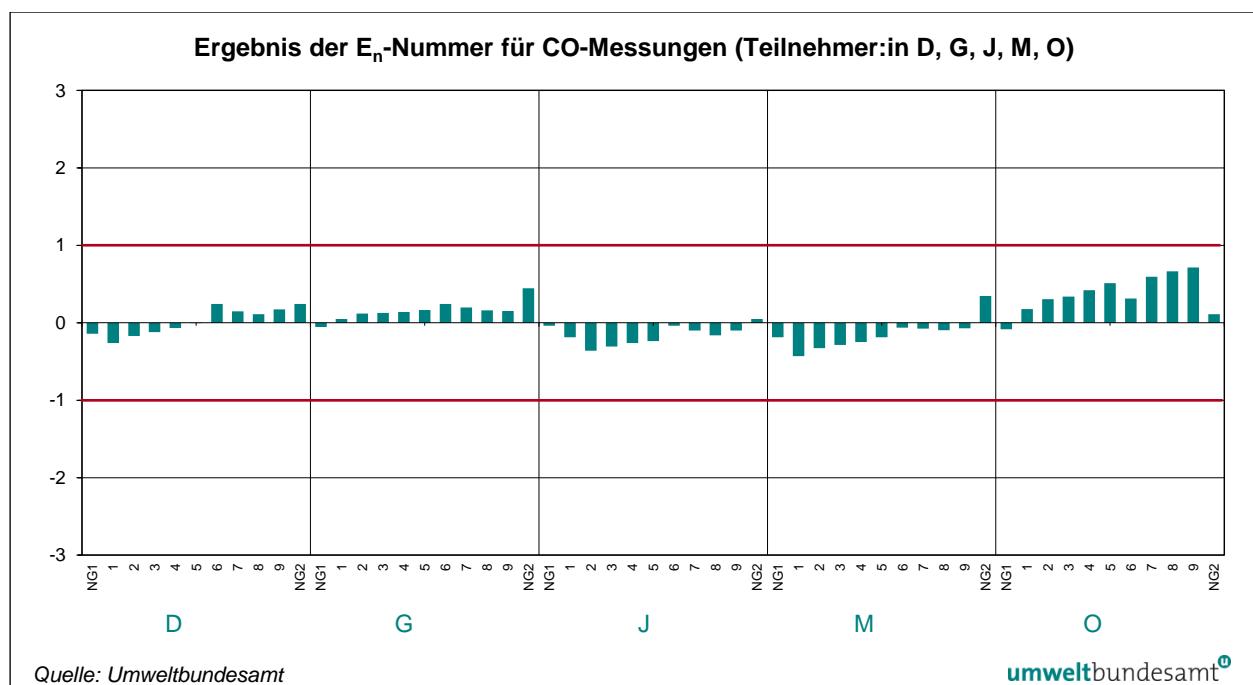


Abbildung 22: Ergebnisse der E_n -Nummer für CO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F).

Abbildung 23: Ergebnisse der E_n -Nummer für CO-Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P).Abbildung 24: Ergebnisse der E_n -Nummer für CO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, M, O).

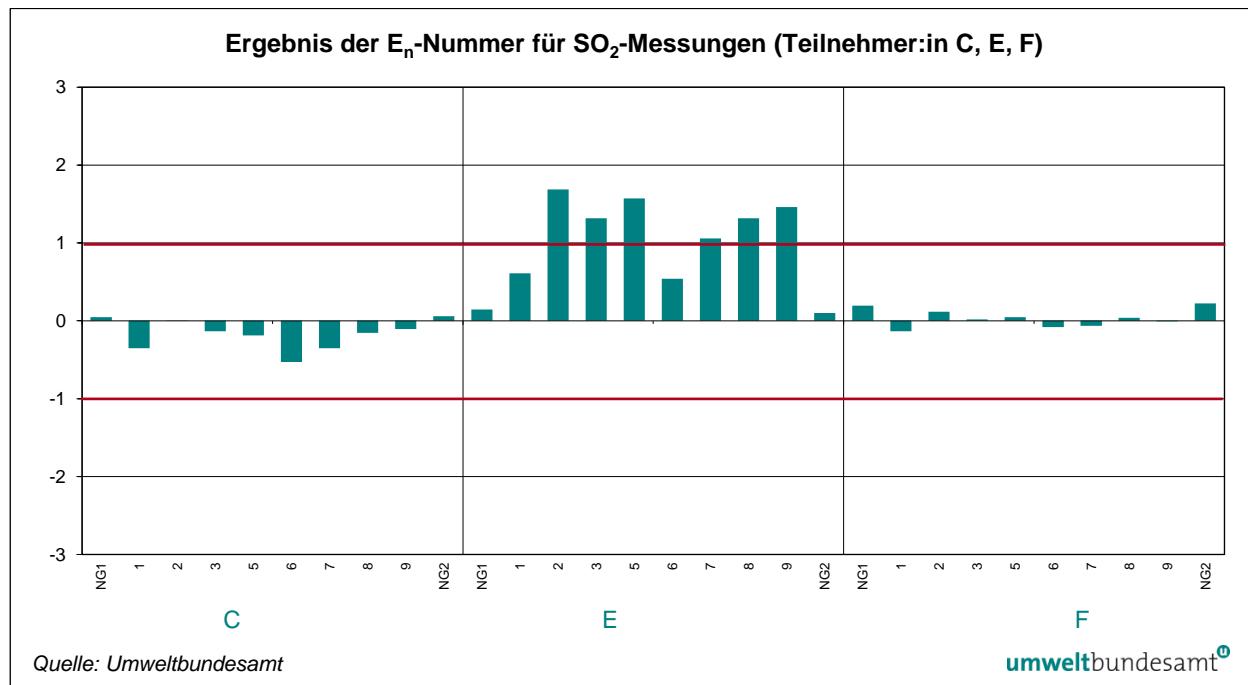


Abbildung 25: Ergebnisse der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen (Teilnehmer:in C, E, F).

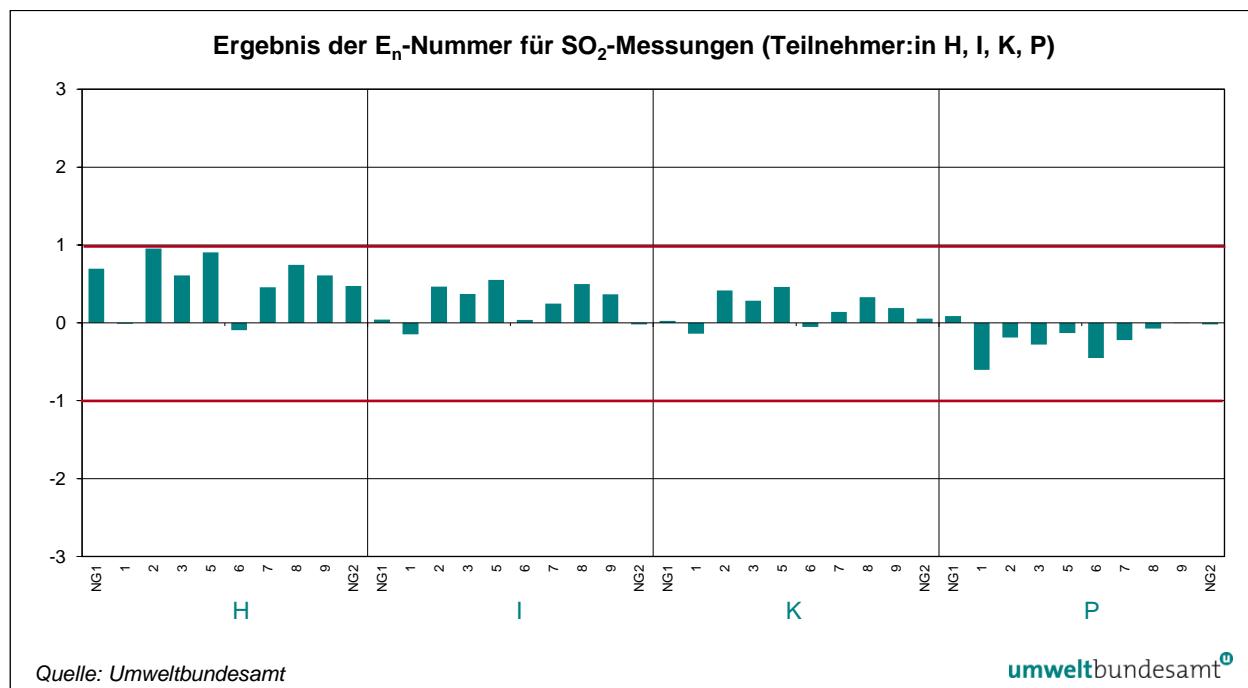
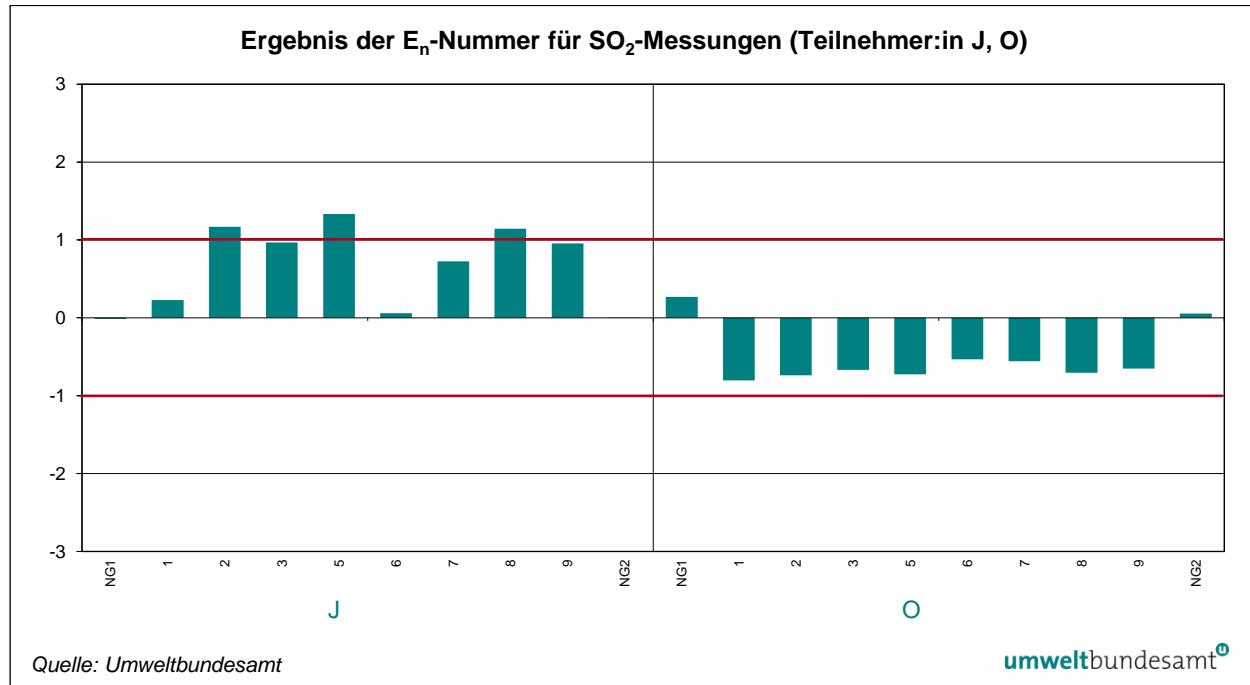
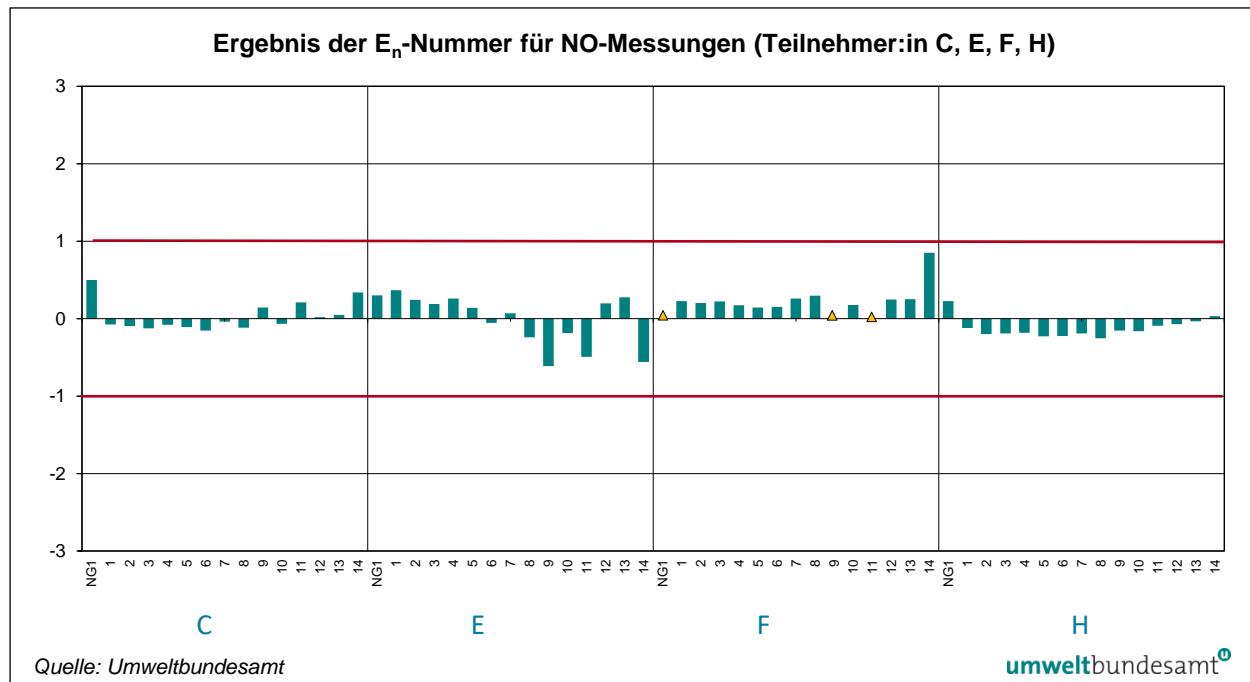


Abbildung 26: Ergebnisse der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P).

Abbildung 27: Ergebnisse der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen (Teilnehmer:in J, O).Abbildung 28: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H).

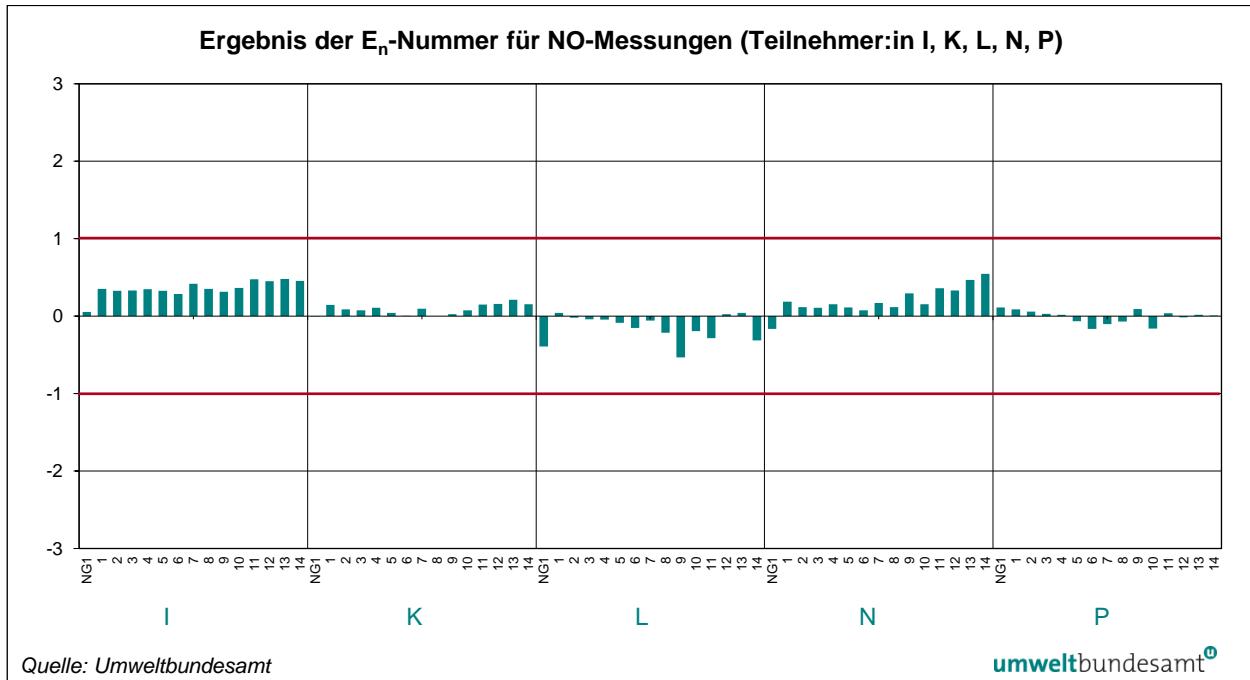


Abbildung 29: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P).

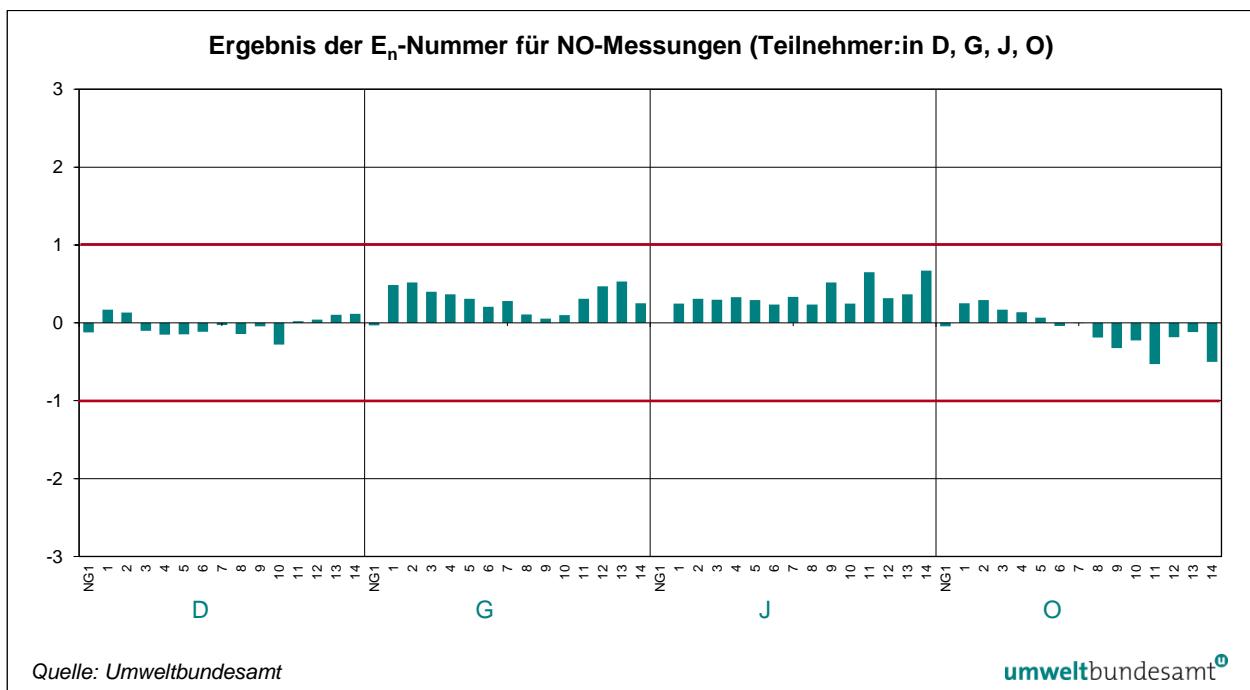
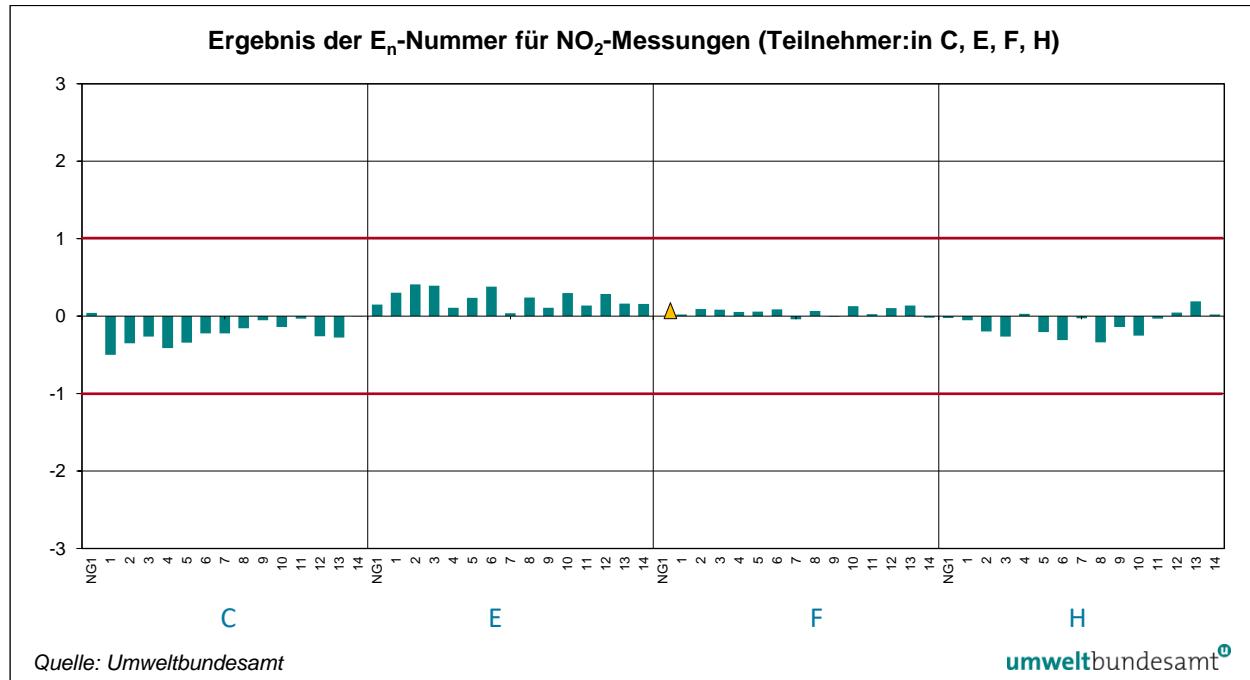
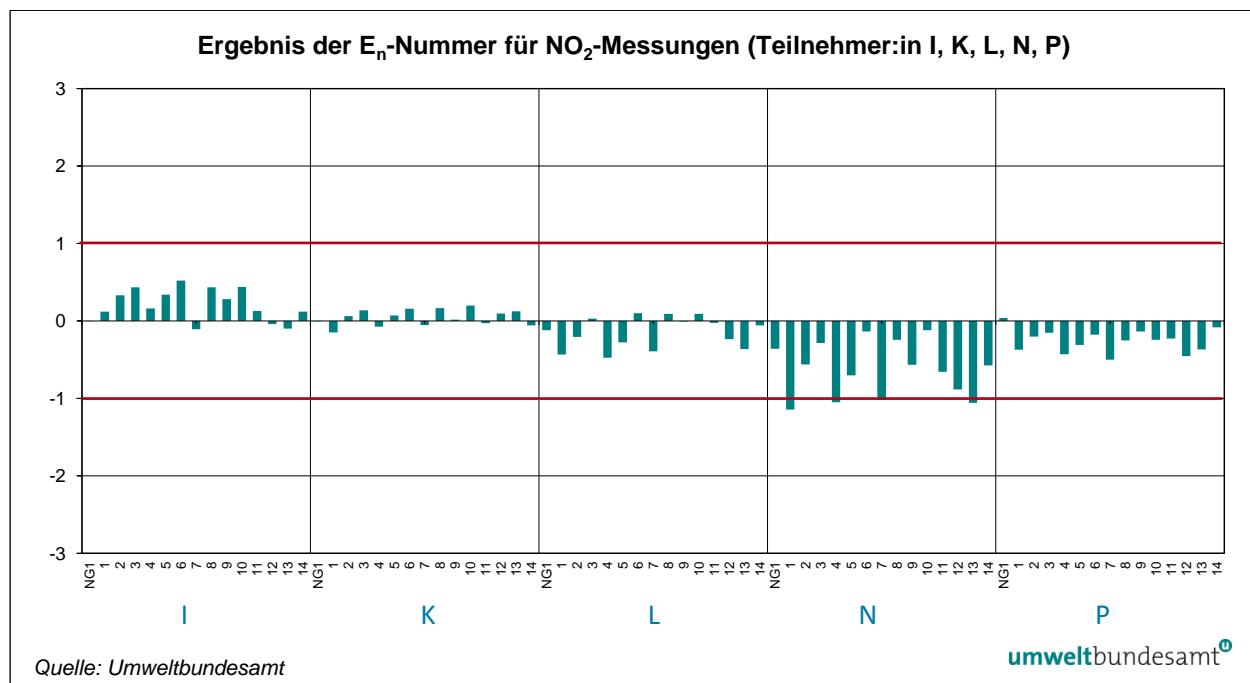


Abbildung 30: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O).

Abbildung 31: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H).Abbildung 32: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P).

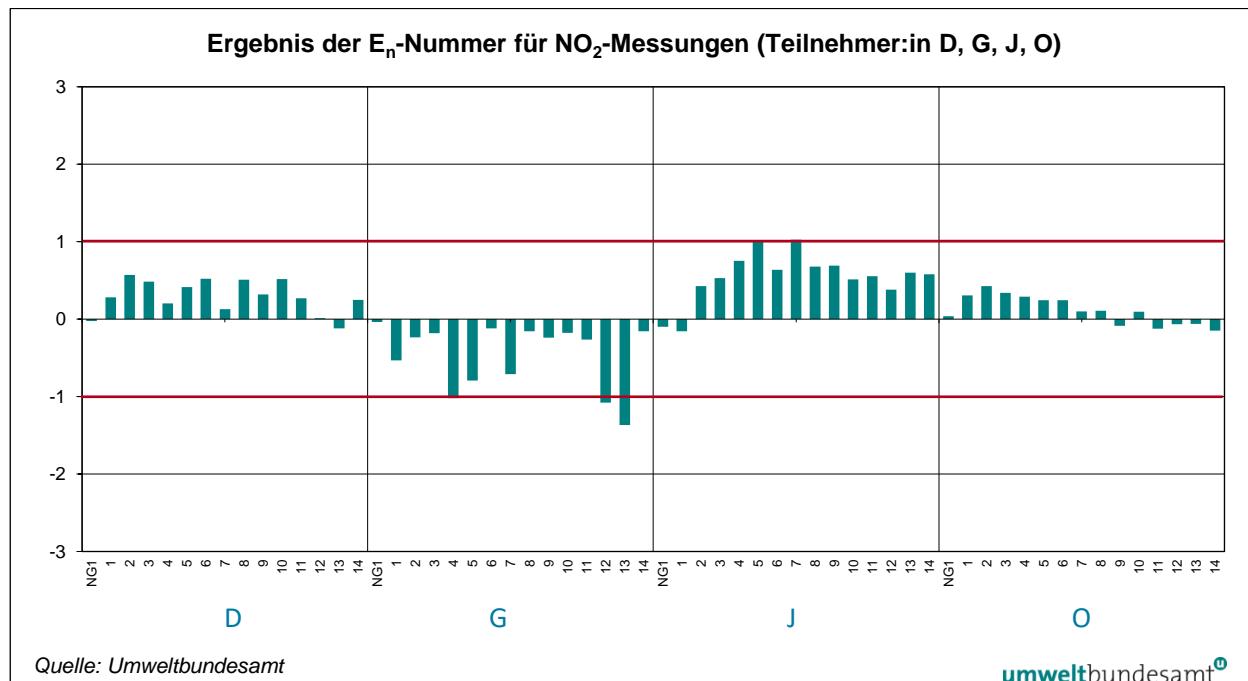


Abbildung 33: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O).

Bei CO liegt ein Messgerät beim Nullgas einmal außerhalb des E_n -Kriteriums (siehe Abbildung 22; $E_n = 1,10$). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n -Kriterium für CO eingehalten.

Bei der Komponente NO liegen alle Messgeräte der teilnehmenden Organisationen innerhalb des E_n -Kriteriums ($/E_n / \leq 1$).

Bei NO_2 liegen drei Messgeräte bei niedrigen Stoffmengenanteilen außerhalb des E_n -Kriteriums. Ein Messgerät liegt zweimal knapp außerhalb des E_n -Kriteriums ($E_n = 1,03, 1,01$; teilnehmende Organisation J) und ein zweites Messgerät überschreitet dreimal das E_n -Kriterium ($E_n = -1,02, -1,08$ und $-1,37$; siehe Abbildung 33). Das dritte Messgerät liegt viermal außerhalb des E_n -Kriteriums (siehe teilnehmende Organisation N, Abbildung 32; $E_n = -1,14, -1,05, -1,02$ und $-1,06$). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n -Kriterium für NO_2 eingehalten.

Bei der Komponente SO_2 liegen zwei Messgeräte außerhalb des E_n -Kriteriums. Bei höheren Stoffmengenanteilen liegt ein Messgerät dreimal außerhalb des E_n -Kriteriums (siehe Abbildung 27, teilnehmende Organisation J; $E_n = 1,17, 1,33$ und $1,14$) und ein weiteres Messgerät sechsmal bei mittleren und hohen Stoffmengenanteilen außerhalb des E_n -Kriteriums (siehe teilnehmende Organisation E, Abbildung 25; $E_n = 1,69, 1,32, 1,57, 1,06, 1,32$ und $1,46$). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n -Kriterium für SO_2 eingehalten.

5.3 Bias und Messunsicherheit

Wird die Abweichung vom Referenzwert (Bias) mit der erweiterten kombinierten Messunsicherheit von Teilnehmer:in und Referenzwert (siehe Formel 2) als Fehlerindikator aufgetragen, so muss jeder Fehlerindikator die x-Achse einschließen oder zumindest berühren, um eine a1- oder a2-Bewertung zu erreichen. Weicht das Messergebnis nicht vom Referenzwert ab, so kommt es auf der x-Achse zu liegen. Ist das Messergebnis kleiner als der Referenzwert, wird die Abweichung im negativen Bereich der y-Achse dargestellt, ist es größer, im positiven Bereich.

Da der Beitrag der Messunsicherheit des Referenzwertes für alle Teilnehmer:innen gleich ist, reflektiert die unterschiedliche Größe der Fehlerindikatoren die geschätzte Messunsicherheit der Ergebnisse.

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

Die Ergebnisse von NO sowie die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind plausibel und unterscheiden sich im Allgemeinen nur wenig (siehe Abbildung 40 bis Abbildung 42).

Die CO-Ergebnisse sowie die dazugehörigen ermittelten Messunsicherheiten sind ebenfalls plausibel. Bei einem Messgerät ist die Unterschätzung der Messunsicherheit im Nullpunkt bei CO erkennbar (siehe Abbildung 34).

Die Ergebnisse von SO₂ sowie die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind im Allgemeinen plausibel und unterscheiden sich auch nur wenig. Bei zwei Messgeräten ist für SO₂ eine Unterschätzung der Messunsicherheit bei generell hohen Stoffmengenanteilen (siehe Abbildung 39, teilnehmende Organisation J) bzw. generell hohen bis mittleren Stoffmengenanteilen ersichtlich (siehe Abbildung 37, teilnehmende Organisation E).

Obwohl die korrekte Messung von NO₂ (Abbildung 43 bis Abbildung 45) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der Großteil der Ergebnisse von guter Qualität. Von zwei Messgeräten wird NO₂ bei geringem Stoffmengenanteil unterschätzt (siehe Abbildung 44 und Abbildung 45).

**Fehlerindikatoren
zur Darstellung der
Messunsicherheit**

**Ergebnisse der
Auswertungen**

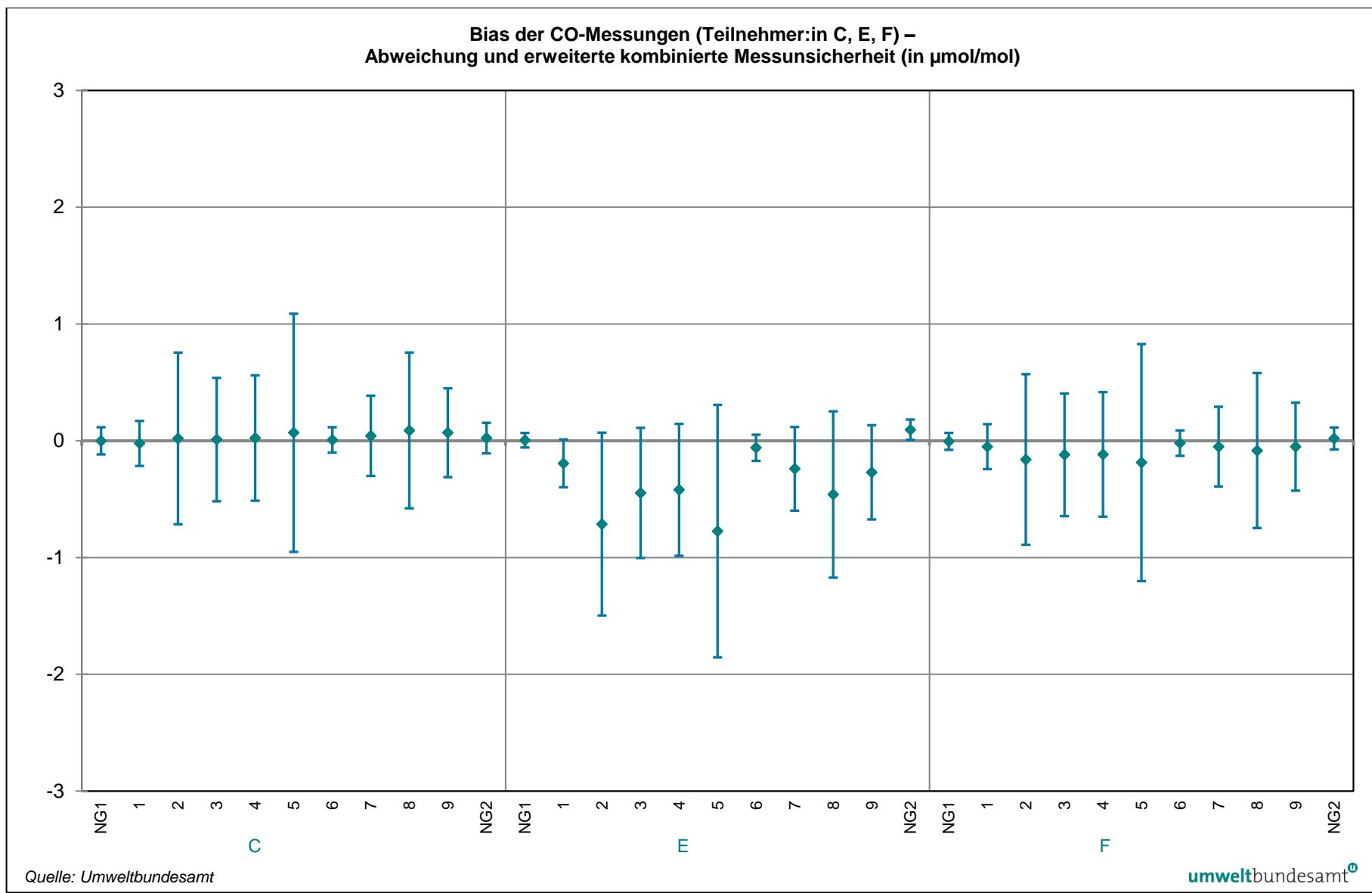
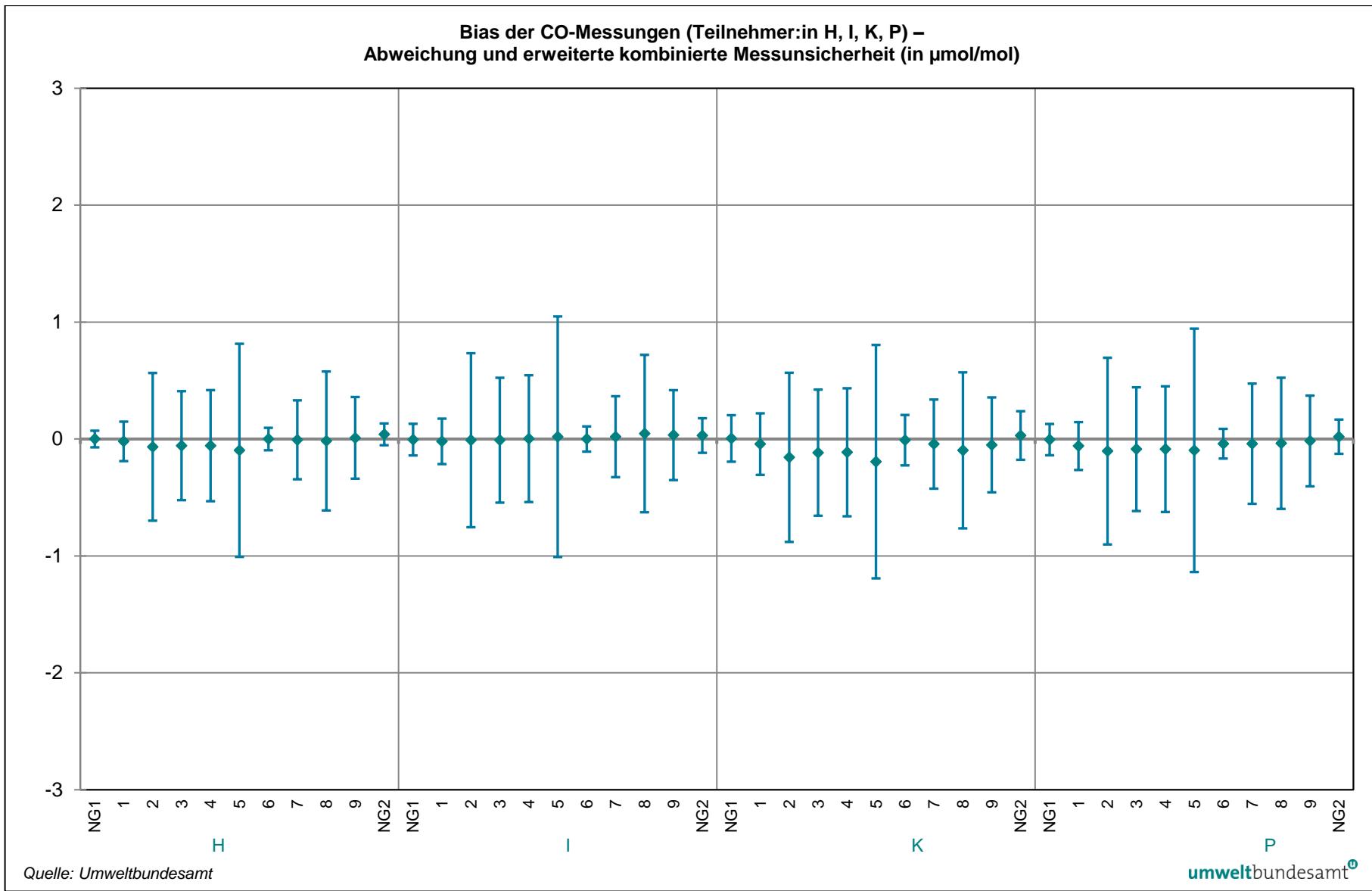


Abbildung 34: Bias der CO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

Abbildung 35: Bias der CO-Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

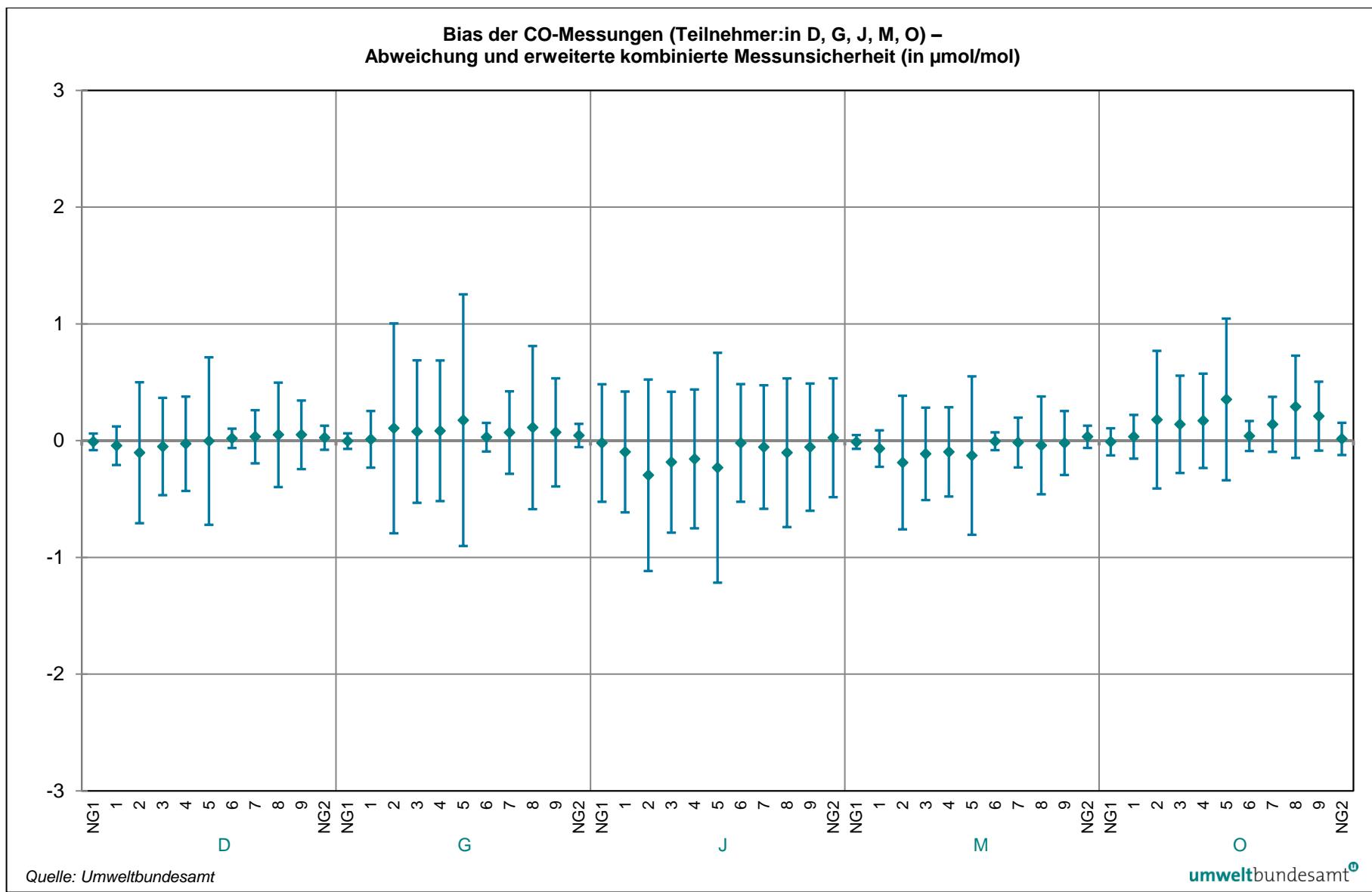
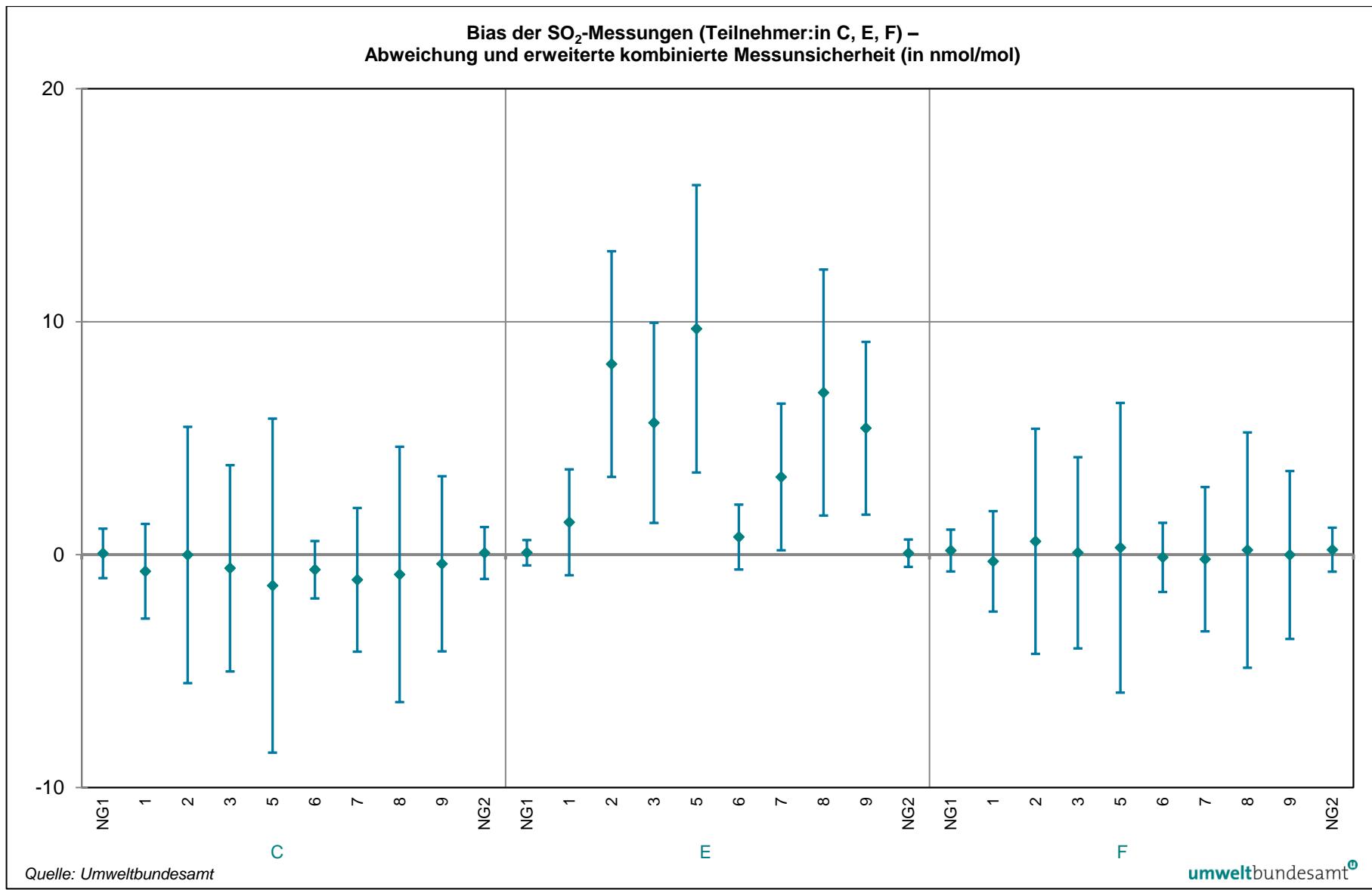


Abbildung 36: Bias der CO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, M, O) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

Abbildung 37: Bias der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

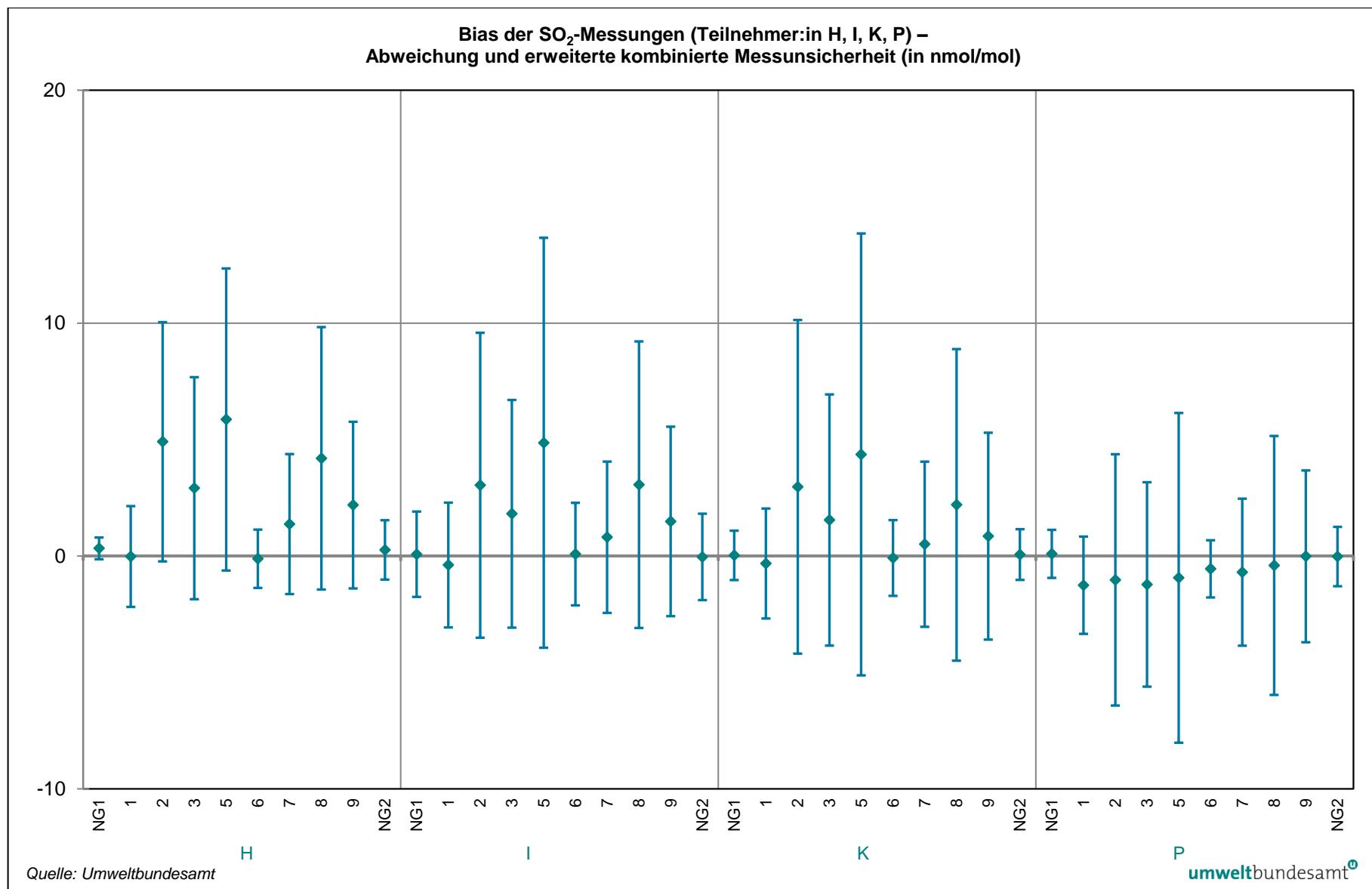


Abbildung 38: Bias der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in H, I, K, P) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

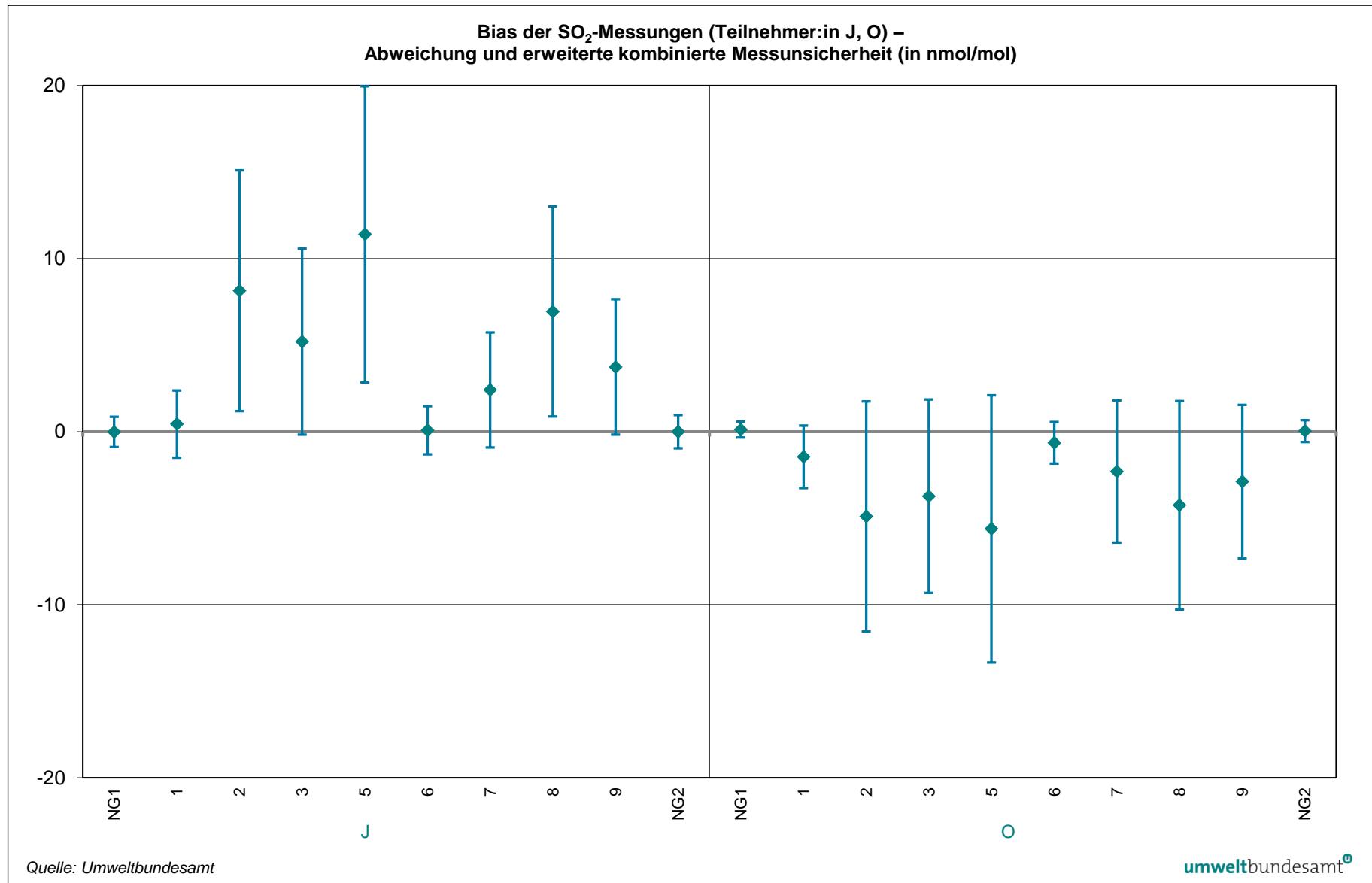


Abbildung 39: Bias der SO₂-Messungen (Teilnehmer:in J, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

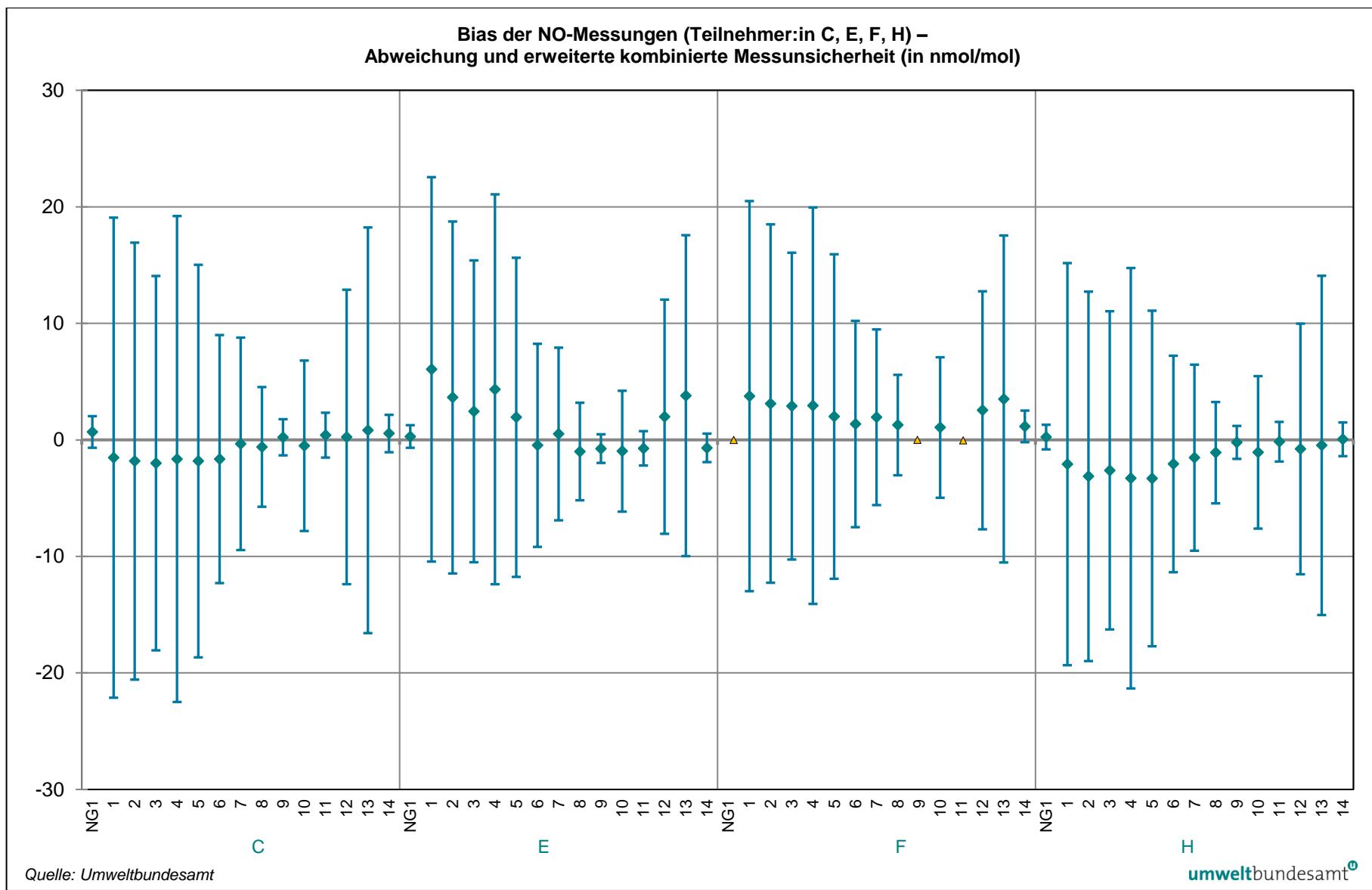


Abbildung 40: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

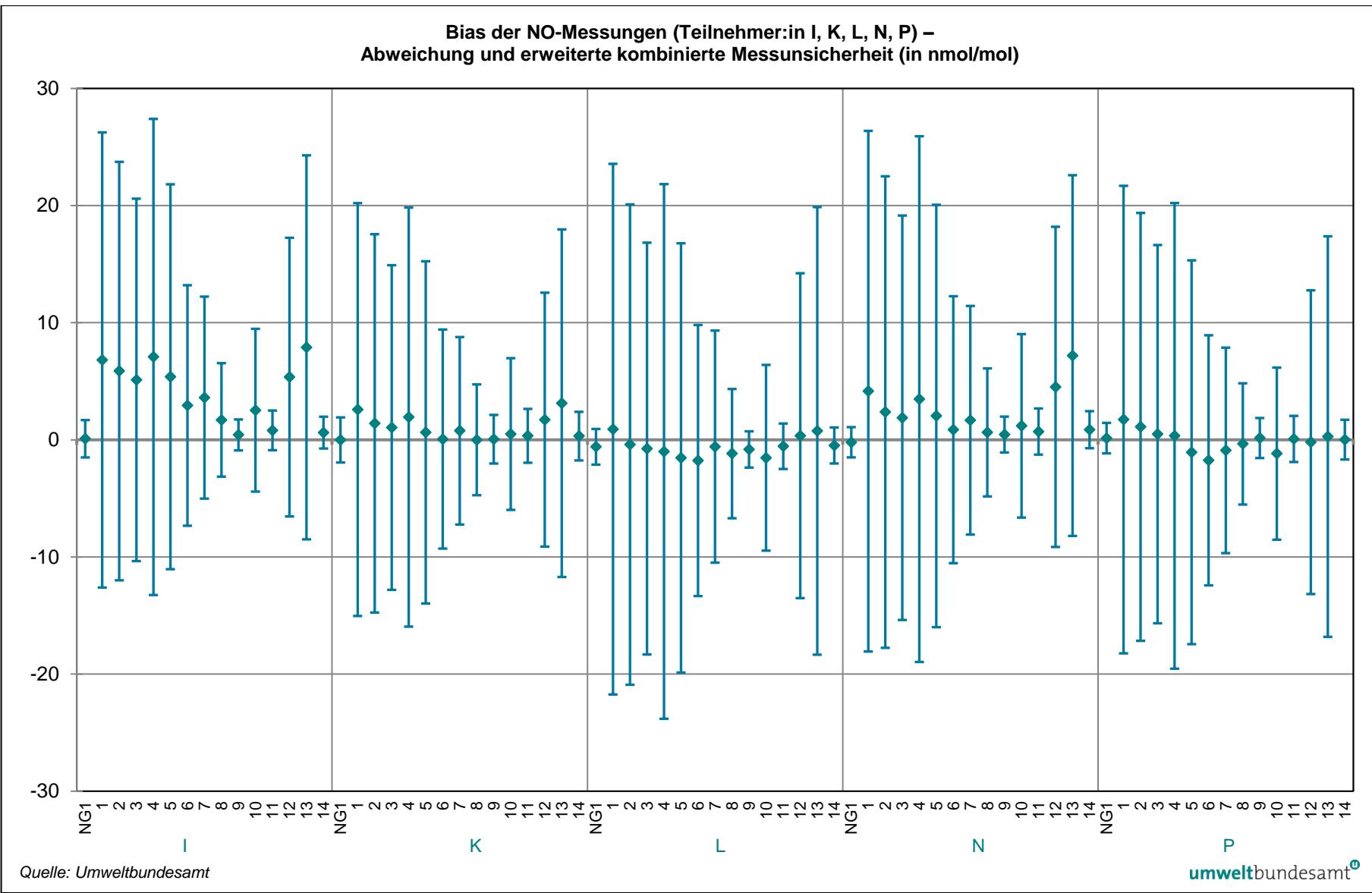


Abbildung 41: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

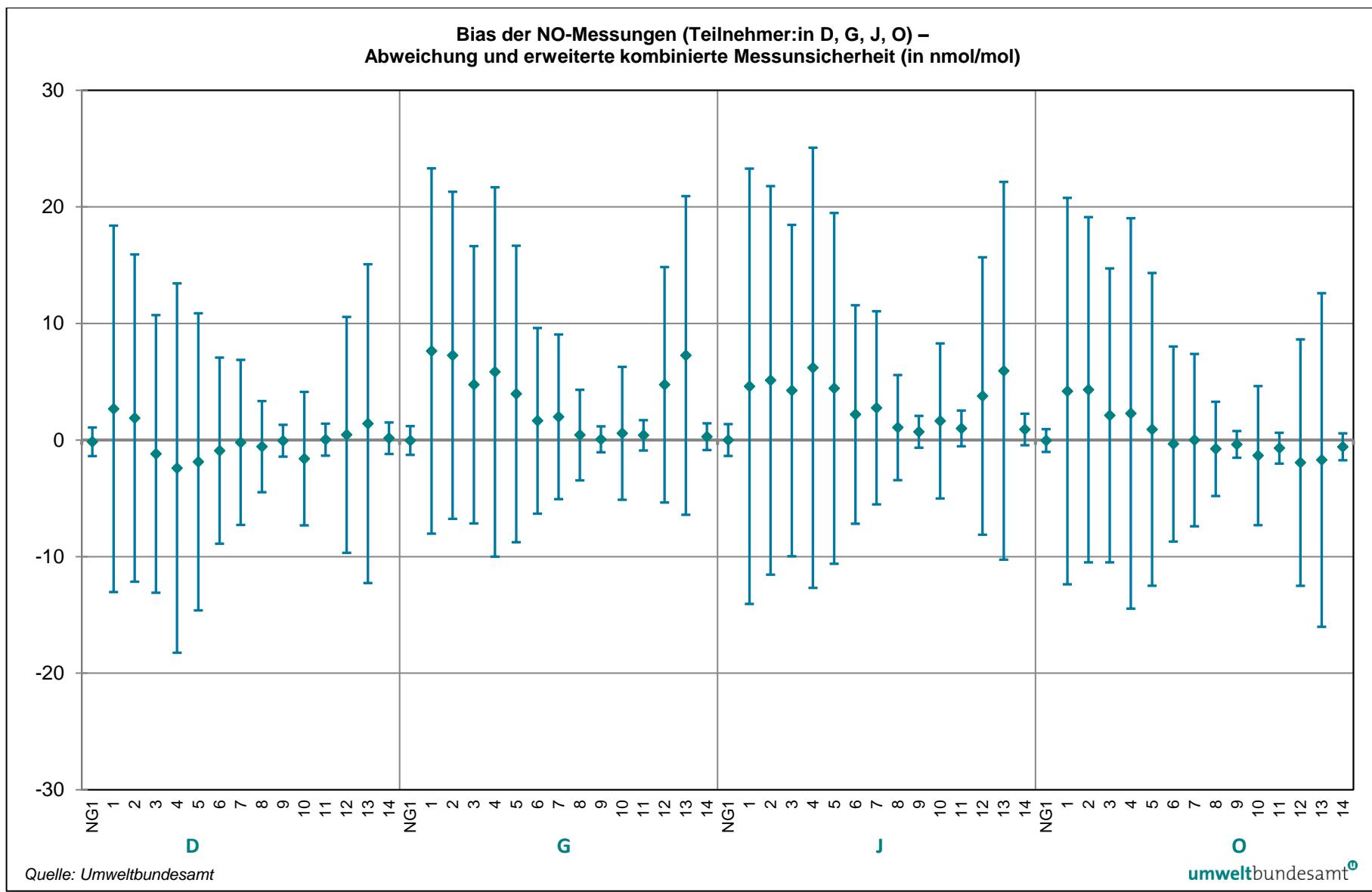


Abbildung 42: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

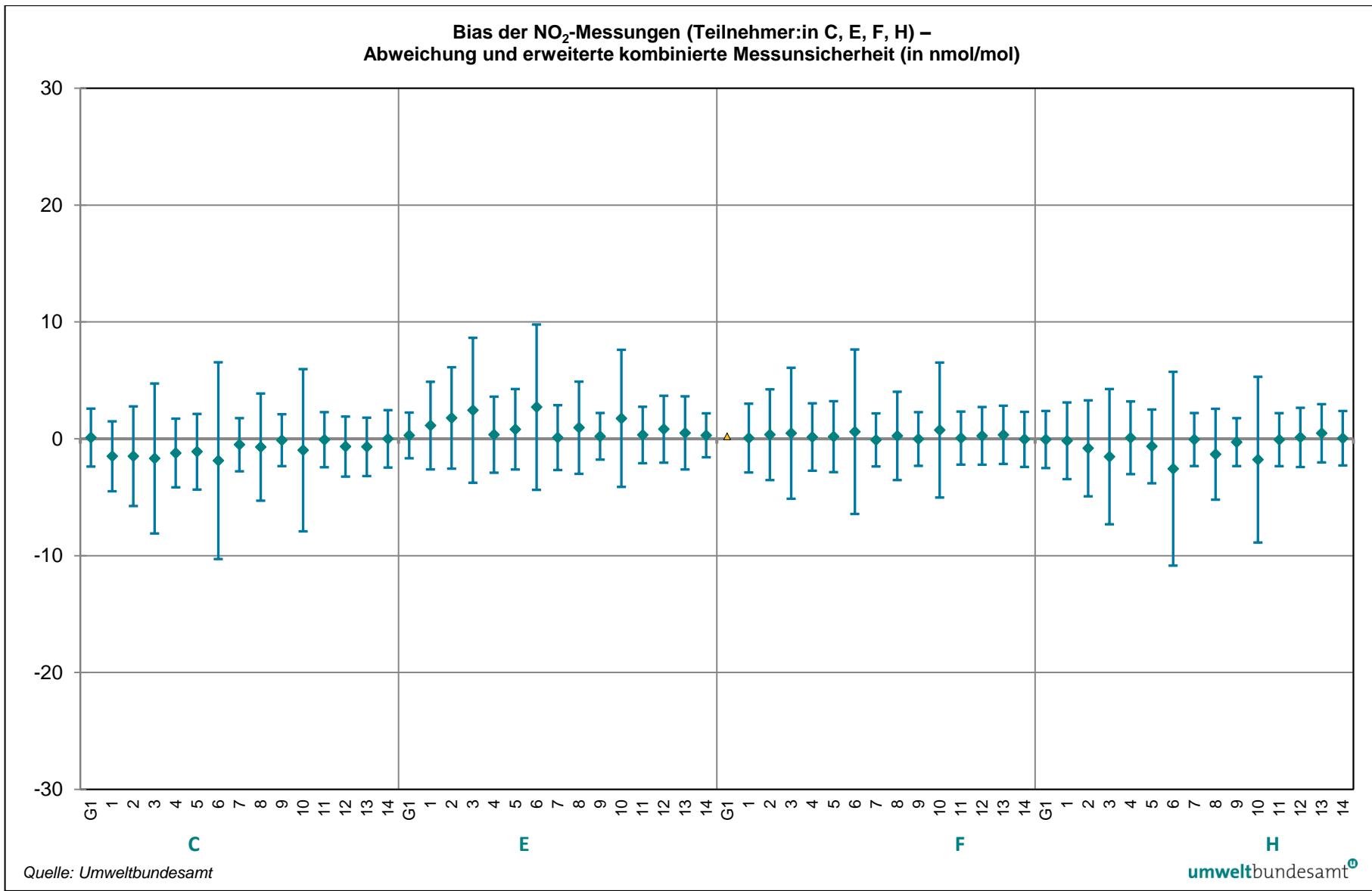


Abbildung 43: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, F, H) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

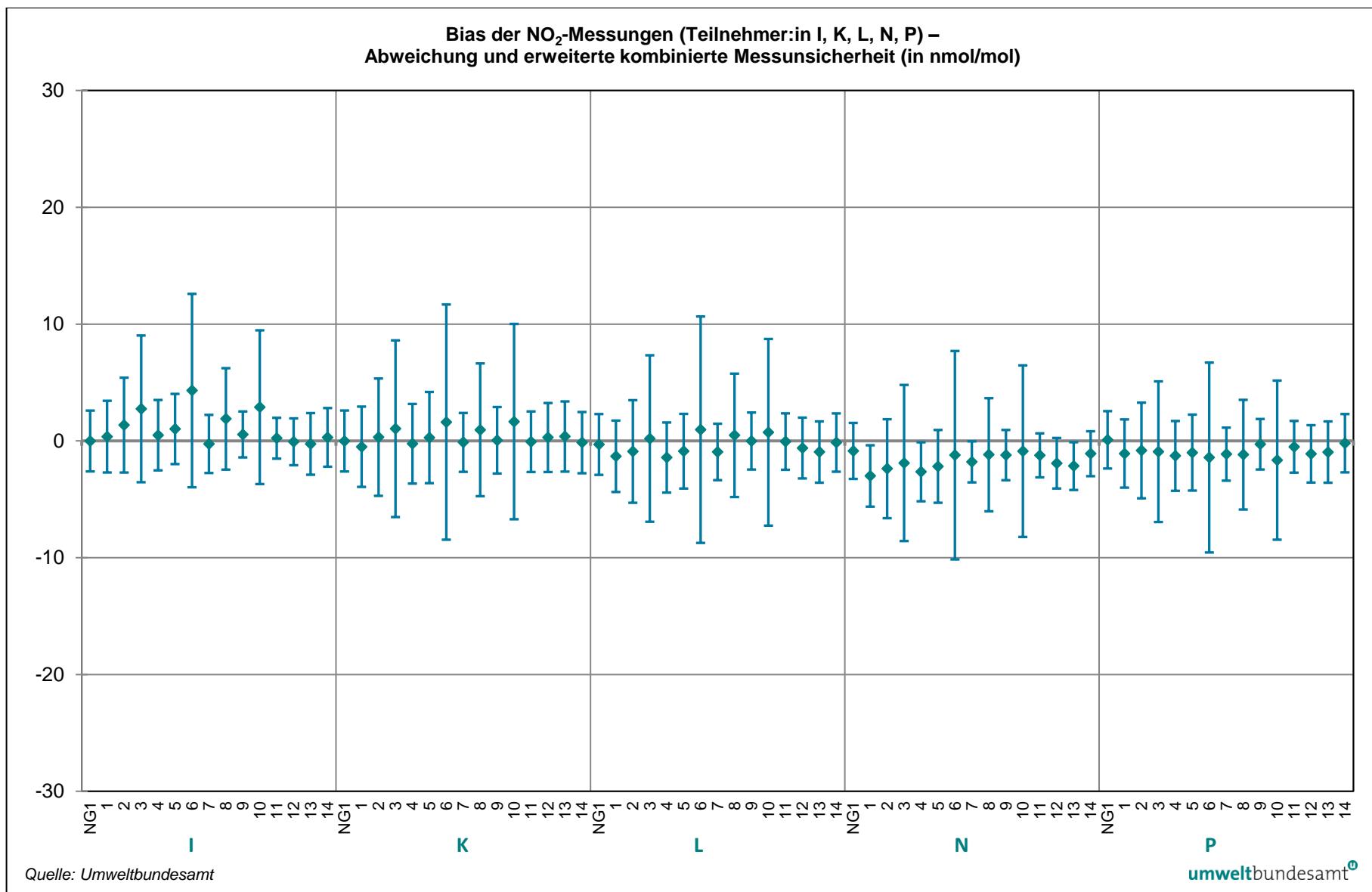


Abbildung 44: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in I, K, L, N, P) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

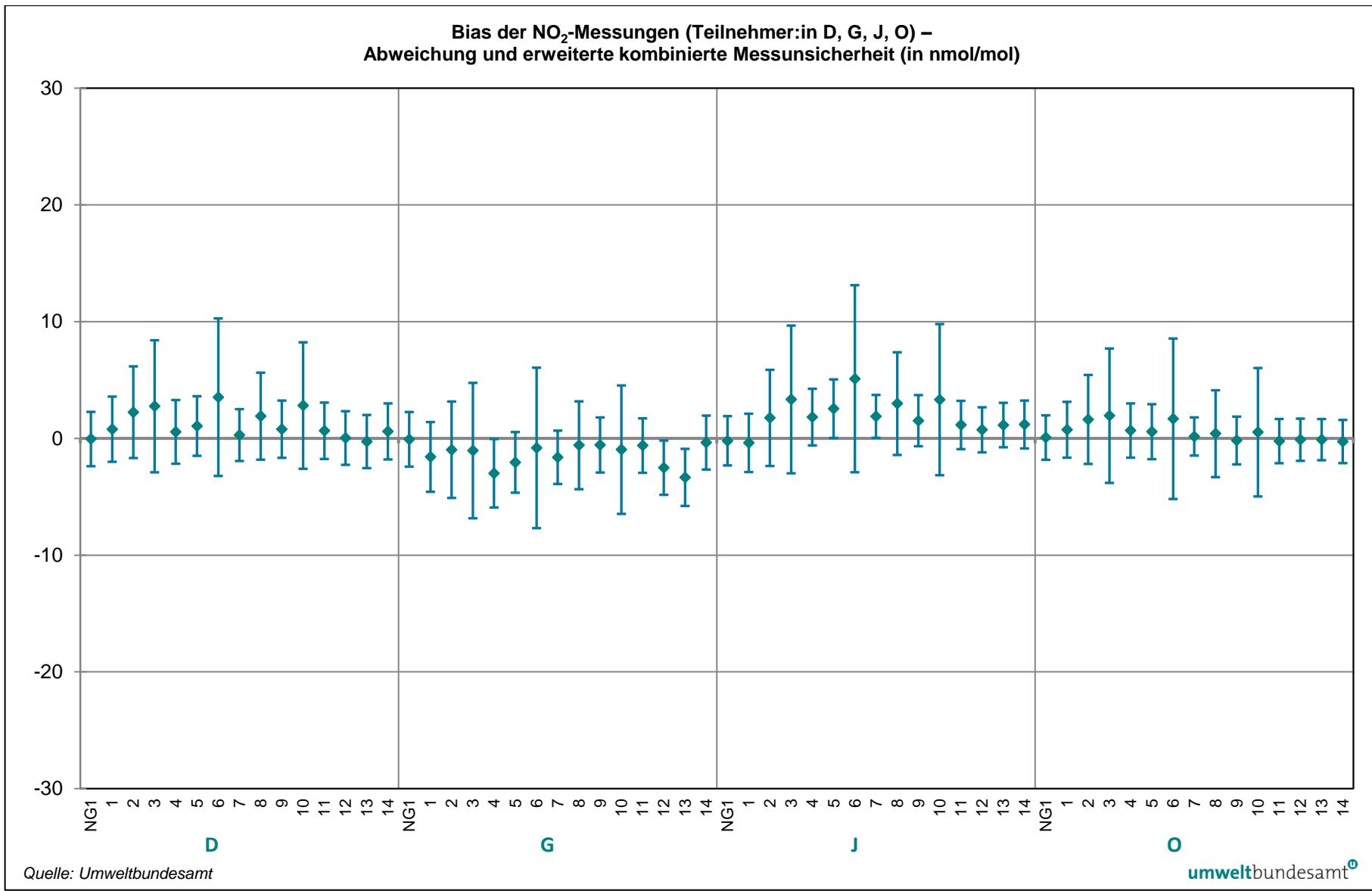


Abbildung 45: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in D, G, J, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

6 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.

Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 77/2010): Bundesgesetz, mit dem das Immissionsschutzgesetz-Luft und das Bundeslufteinhaltegesetz geändert werden und das Bundesgesetz über ein Verbot des Verbrennens biogener Materialien außerhalb von Anlagen aufgehoben wird.

ISO 13528: 2022: Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Organization for Standardization, Genf.

ISO/IEC 17043: 2023: Konformitätsbewertung - Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Anbietern von Eignungsprüfungen.

Messkonzept-Verordnung zum IG-L (BGBl. II 208/2017 i. d. g. F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.

EN 14211: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

EN 14212: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolet-Fluoreszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

EN 14625: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolet-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

EN 14626: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

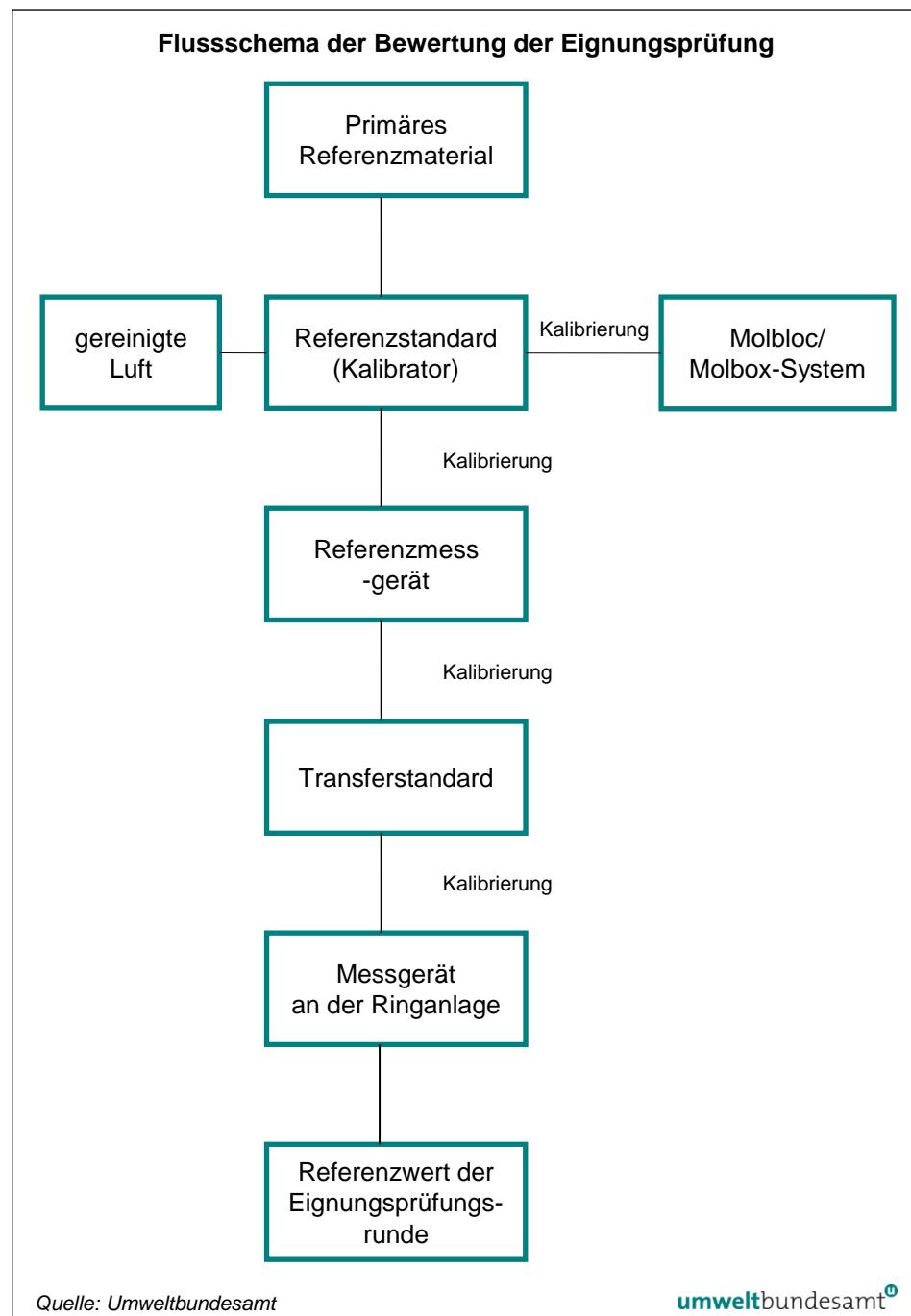
ANHÄNGE

ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	52
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	55
ANHANG C: BERICHTETE WERTE	58
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	110
ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS- ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	166
ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN- NUMMERN.....	166

ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE

Alle eingesetzten Referenzmessgeräte wurden im Vorfeld auf ihre Funktionalität überprüft: Kalibrierung und evtl. Justierung am Referenzstandard, Überprüfung von Linearität und, wo zutreffend, Konverterwirkungsgrad.

Abbildung 46:
Rückführung bis zu
den Messgeräten
an der Anlage.



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt^U

A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit

Die Referenzwerte der beiden Eignungsprüfungen wurden von der nach EN ISO/IEC 17025:2017 akkreditierten Kalibrierstelle des Umweltbundesamtes ermittelt. Folgende Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte wurden bei der Eignungsprüfung 2022 eingesetzt:

Platz 1			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO	HORIBA	APNA-370	TLK 34DAG
CO	HORIBA	APMA-360CE	8907040114
SO ₂	TEI	43cTL	61892-333
O ₃	TEI	49C	64071-341

Platz 14			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO	HORIBA	APNA-370	300DPVAE
CO	HORIBA	APMA-370	F0R0BX0T
SO ₂	TEI	43i TLE	1182920003
O ₃	TEI	49i	1317957903

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

Tabelle 16: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2023

	Hersteller/ Flaschennummer	Matrix	Wert	erweiterte Messunsicherheit	Kalibrierschein- nummer
NO	Messer Schweiz 77898	NO in N ₂	727,0 nmol/mol	10,90 nmol/mol	118/2023
SO ₂	Messer Schweiz D306040	SO ₂ in S.L.	281,5 nmol/mol	4,22 nmol/mol	119/2023
CO	SIAD 512772	CO in S.L.	18,10 µmol/mol	0,271 µmol/mol	121/2023

*Tabelle 15:
Messgeräte zur
Ermittlung der
Referenzwerte.*

A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen

Die Überprüfung der Stabilität und Homogenität erfolgt im laufenden Messbetrieb durch regelmäßig wiederkehrende Sichtkontrollen der Momentanwerte. Im Anschluss an die Eignungsprüfung werden die Referenzwerte gebildet und zur Überprüfung der Kriterien zur Einhaltung der Stabilität und Homogenität herangezogen (siehe Anhang E).

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2023 eingehalten.

ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

Die Referenzwerte werden ermittelt und sind auf international anerkannte Normale rückführbar. Durch die Teilnahme des Umweltbundesamtes an den Eignungsprüfungen für Referenzlaboratorien des ERLAP ist eine direkte Verbindung zu diesen Eignungsprüfungen hergestellt.

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

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

Alle Referenzwerte haben das Prüfkriterium erfüllt (Tabelle 17 bis Tabelle 21).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x [*]	s [*]	Bewertung
NG1	µmol/mol	0.01	0.030	0.00	0.005	ok
CO 1	µmol/mol	4.09	0.064	4.05	0.028	ok
CO 2	µmol/mol	15.27	0.251	15.15	0.091	ok
CO 3	µmol/mol	10.22	0.194	10.13	0.066	ok
CO 4	µmol/mol	10.22	0.200	10.13	0.070	ok
CO 5	µmol/mol	18.40	0.394	18.26	0.122	ok
CO 6	µmol/mol	2.07	0.039	2.05	0.025	ok
CO 7	µmol/mol	6.14	0.133	6.11	0.043	ok
CO 8	µmol/mol	12.27	0.253	12.22	0.081	ok
CO 9	µmol/mol	8.19	0.123	8.17	0.054	ok
NG2	µmol/mol	-0.02	0.042	0.01	0.013	ok

Prüfkriterium

Tabelle 17:
Referenzwerte und Ergebnisse der robusten Datenanalyse für CO (6.-10.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x [*]	s [*]	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.1	0.47	0.2	0.35	ok
NO 1	nmol/mol	474.5	6.11	477.0	3.49	ok
NO 2	nmol/mol	423.9	5.75	424.7	2.71	ok
NO 3	nmol/mol	364.8	4.90	365.7	2.80	ok
NO 4	nmol/mol	476.0	6.29	477.6	3.71	ok
NO 5	nmol/mol	373.4	5.32	373.8	2.85	ok
NO 6	nmol/mol	234.9	3.39	234.6	1.83	ok
NO 7	nmol/mol	202.3	2.85	202.8	1.70	ok
NO 8	nmol/mol	111.0	1.65	110.9	1.20	ok
NO 9	nmol/mol	27.9	0.49	27.8	0.56	ok
NO 10	nmol/mol	163.6	2.25	163.5	1.48	ok
NO 11	nmol/mol	39.7	0.56	39.8	0.63	ok
NO 12	nmol/mol	292.0	3.69	293.7	2.39	ok
NO 13	nmol/mol	403.5	5.05	406.5	3.39	ok
NO 14	nmol/mol	29.9	0.48	30.2	0.69	ok

Tabelle 18:
Referenzwerte und Ergebnisse der robusten Datenanalyse für NO (6.-10.11.2023).

Tabelle 19:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂
(6.-10.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.1	0.94	0.1	0.11	ok
NO2 1	nmol/mol	12.2	1.23	11.6	1.24	ok
NO2 2	nmol/mol	63.9	1.71	63.6	1.53	ok
NO2 3	nmol/mol	123.3	2.33	123.4	1.98	ok
NO2 4	nmol/mol	12.3	1.20	11.7	1.09	ok
NO2 5	nmol/mol	44.2	1.29	43.8	1.17	ok
NO2 6	nmol/mol	182.4	2.73	182.8	2.58	ok
NO2 7	nmol/mol	11.2	0.80	10.7	0.62	ok
NO2 8	nmol/mol	102.5	1.38	102.5	1.31	ok
NO2 9	nmol/mol	33.2	0.82	33.2	0.34	ok
NO2 10	nmol/mol	151.7	2.20	151.9	1.89	ok
NO2 11	nmol/mol	21.2	0.81	21.2	0.34	ok
NO2 12	nmol/mol	22.1	0.94	21.8	0.87	ok
NO2 13	nmol/mol	11.7	0.96	11.3	0.89	ok
NO2 14	nmol/mol	15.6	0.87	15.5	0.27	ok

Tabelle 20:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für SO₂
(6.-10.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.0	0.16	0.1	0.07	ok
SO2 1	nmol/mol	17.0	0.97	16.7	0.68	ok
SO2 2	nmol/mol	110.3	1.93	112.9	3.52	ok
SO2 3	nmol/mol	72.8	1.77	74.2	2.48	ok
SO2 5	nmol/mol	149.3	2.45	152.6	4.62	ok
SO2 6	nmol/mol	8.6	0.59	8.4	0.45	ok
SO2 7	nmol/mol	35.0	1.41	35.5	1.47	ok
SO2 8	nmol/mol	91.4	2.20	93.6	3.19	ok
SO2 9	nmol/mol	53.7	1.61	54.8	1.58	ok
NG2	nmol/mol	0.0	0.21	0.1	0.13	ok

Tabelle 21:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für CO
(13.-17.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	µmol/mol	0.01	0.030	0.00	0.000	ok
CO 1	µmol/mol	4.16	0.067	4.12	0.061	ok
CO 2	µmol/mol	15.49	0.242	15.43	0.226	ok
CO 3	µmol/mol	10.38	0.169	10.35	0.152	ok
CO 4	µmol/mol	10.39	0.161	10.38	0.150	ok
CO 5	µmol/mol	18.67	0.284	18.71	0.266	ok
CO 6	µmol/mol	2.13	0.031	2.14	0.028	ok
CO 7	µmol/mol	6.26	0.087	6.29	0.086	ok
CO 8	µmol/mol	12.49	0.168	12.55	0.172	ok
CO 9	µmol/mol	8.34	0.109	8.39	0.116	ok
NG2	µmol/mol	-0.03	0.047	0.00	0.000	ok

Bezeichnung	Einheit	X	ux	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.2	0.47	0.1	0.10	ok
NO 1	nmol/mol	464.7	5.86	469.5	2.36	ok
NO 2	nmol/mol	411.8	5.27	416.5	2.52	ok
NO 3	nmol/mol	353.6	4.45	356.0	3.06	ok
NO 4	nmol/mol	465.4	5.98	468.4	4.54	ok
NO 5	nmol/mol	363.7	4.91	365.5	3.32	ok
NO 6	nmol/mol	224.8	3.10	225.5	1.71	ok
NO 7	nmol/mol	197.2	2.75	198.4	1.67	ok
NO 8	nmol/mol	105.6	1.54	105.6	0.97	ok
NO 9	nmol/mol	26.0	0.46	26.1	0.51	ok
NO 10	nmol/mol	155.7	2.26	155.5	1.76	ok
NO 11	nmol/mol	38.1	0.47	38.3	0.81	ok
NO 12	nmol/mol	285.8	3.91	287.6	3.49	ok
NO 13	nmol/mol	395.8	5.19	399.0	4.69	ok
NO 14	nmol/mol	28.8	0.46	29.0	0.69	ok

Tabelle 22:
Referenzwerte und Ergebnisse der robusten Datenanalyse für NO (13.-17.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	ux	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.1	0.93	0.0	0.03	ok
NO2 1	nmol/mol	11.0	1.14	10.9	1.27	ok
NO2 2	nmol/mol	62.7	1.76	63.8	1.64	ok
NO2 3	nmol/mol	121.9	2.39	123.6	2.21	ok
NO2 4	nmol/mol	11.1	1.11	11.1	2.36	ok
NO2 5	nmol/mol	43.4	1.00	44.0	2.17	ok
NO2 6	nmol/mol	181.9	2.54	184.3	2.89	ok
NO2 7	nmol/mol	10.8	0.77	10.9	1.63	ok
NO2 8	nmol/mol	102.5	1.34	103.7	1.79	ok
NO2 9	nmol/mol	33.4	0.93	33.8	1.07	ok
NO2 10	nmol/mol	151.8	1.97	153.2	2.27	ok
NO2 11	nmol/mol	21.5	0.90	21.7	0.91	ok
NO2 12	nmol/mol	22.1	0.83	21.7	1.60	ok
NO2 13	nmol/mol	11.5	0.81	10.9	2.16	ok
NO2 14	nmol/mol	15.7	0.89	16.0	0.84	ok

Tabelle 23:
Referenzwerte und Ergebnisse der robusten Datenanalyse für NO₂ (13.-17.11.2023).

Bezeichnung	Einheit	X	ux	x*	s*	Bewertung
NG 1	nmol/mol	0.0	0.17			
SO ₂ 1	nmol/mol	16.6	0.88			
SO ₂ 2	nmol/mol	110.5	2.85			
SO ₂ 3	nmol/mol	72.8	2.34			
SO ₂ 5	nmol/mol	149.5	3.32			
SO ₂ 6	nmol/mol	8.3	0.57			
SO ₂ 7	nmol/mol	34.7	1.54			
SO ₂ 8	nmol/mol	91.3	2.55			
SO ₂ 9	nmol/mol	53.3	1.7			
NG 2	nmol/mol	0.1	0.27			

Aufgrund der geringen Anzahl an abgegebenen Werten der Teilnehmer:innen kann bei SO₂ keine robuste Statistik durchgeführt werden.

Tabelle 24:
Referenzwerte und Ergebnisse der robusten Datenanalyse für SO₂ (13.-17.11.2023).

ANHANG C: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung für CO, SO₂ und NO/NO₂ werden in der Einheit nmol/mol angegeben. Für alle Durchgänge werden die Messwerte, der Mittelwert (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 Teilnehmer:innen angegeben. x^* ist der aus der robusten Statistik erhaltene Mittelwert, seine Standardabweichung wird als s^* angegeben.

Der Referenzwert bei CO, SO₂ und NO/NO₂ ist sowohl für die erste (6.-10.11.2023), als auch für die zweite Eignungsprüfungsrounde (13.-17.11.2023) der Mittelwert der Messungen des Umweltbundesamtes am Platz 1 der Ringversuchsanlage

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 6.–10.11.2023

Ergebnisse für CO

Tabelle 25: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 0 $x^* = 0,00$ $s^* = 0,005$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	0.00	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
$x_{i,2}$	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
X_i	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
S_i	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.030	0.050	0.010	0.021	0.020	0.061	0.095	0.060
$U(x_i)$	0.059	0.100	0.020	0.042	0.040	0.122	0.190	0.120

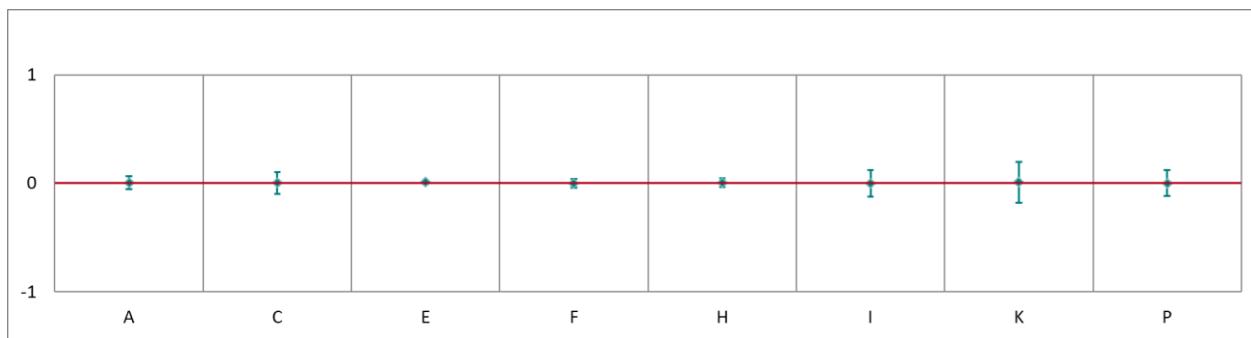


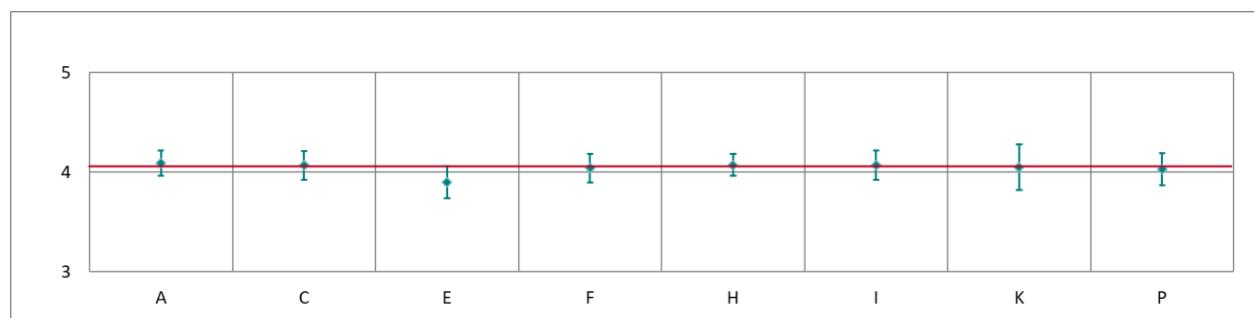
Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang bei Nullgas (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 26: Ergebnisse für CO bei Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 1

 $x^* = 4,05$ $s^* = 0,028$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	4.09	4.07	3.89	4.04	4.07	4.07	4.05	4.03
$x_i,2$	4.09	4.07	3.90	4.04	4.07	4.07	4.04	4.03
$x_i,3$	4.09	4.07	3.90	4.04	4.07	4.07	4.05	4.03
$X_i,$	4.09	4.07	3.90	4.04	4.07	4.07	4.05	4.03
$S_i,$	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
$u(x_i)$	0.064	0.072	0.080	0.072	0.055	0.073	0.115	0.080
$U(x_i)$	0.128	0.144	0.160	0.144	0.110	0.146	0.230	0.160

Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 27: Ergebnisse für CO bei Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 2

 $x^* = 15,15$ $s^* = 0,091$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	15.26	15.28	14.54	15.10	15.20	15.25	15.11	15.16
$x_i,2$	15.27	15.29	14.55	15.11	15.20	15.26	15.11	15.16
$x_i,3$	15.28	15.30	14.58	15.12	15.21	15.27	15.12	15.18
$X_i,$	15.27	15.29	14.56	15.11	15.20	15.26	15.11	15.17
$S_i,$	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$u(x_i)$	0.251	0.268	0.300	0.265	0.191	0.274	0.260	0.310
$U(x_i)$	0.503	0.536	0.600	0.530	0.382	0.549	0.520	0.620

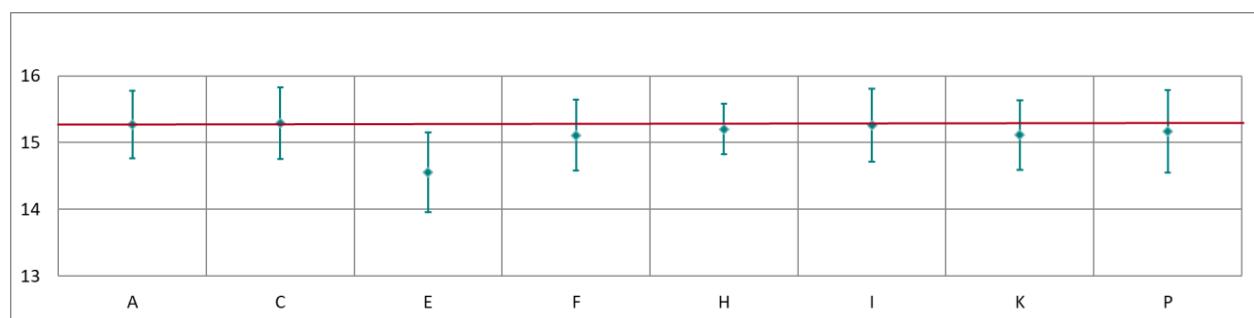
Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 28: Ergebnisse für CO bei Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 3

$x^* = 10,13$

$s^* = 0,066$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	10.21	10.22	9.76	10.09	10.16	10.20	10.10	10.13
$x_{i,2}$	10.22	10.23	9.77	10.10	10.16	10.21	10.10	10.13
$x_{i,3}$	10.22	10.23	9.78	10.10	10.16	10.21	10.10	10.13
X_i	10.22	10.23	9.77	10.10	10.16	10.21	10.10	10.13
S_i	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.194	0.179	0.200	0.177	0.129	0.183	0.188	0.180
$U(x_i)$	0.388	0.358	0.400	0.354	0.258	0.367	0.375	0.360

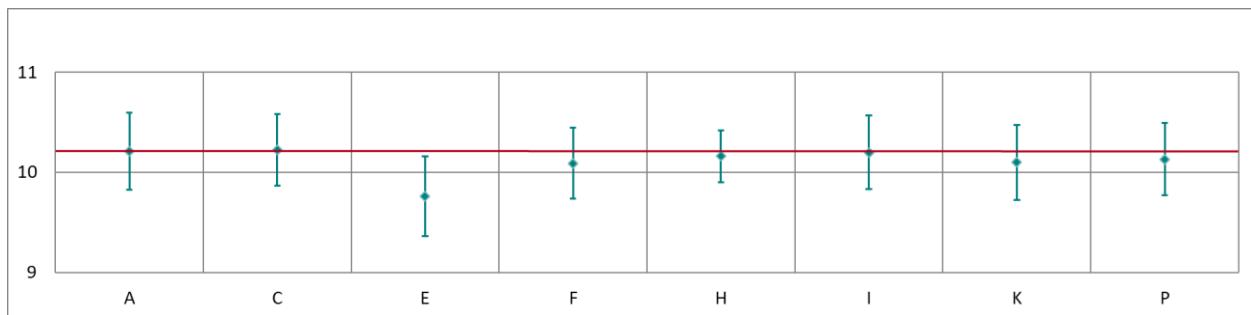


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 29: Ergebnisse für CO bei Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 4

$x^* = 10,13$

$s^* = 0,070$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	10.21	10.24	9.78	10.10	10.16	10.22	10.10	10.13
$x_{i,2}$	10.22	10.24	9.80	10.10	10.16	10.22	10.10	10.13
$x_{i,3}$	10.22	10.25	9.81	10.10	10.16	10.22	10.11	10.13
X_i	10.22	10.24	9.80	10.10	10.16	10.22	10.10	10.13
S_i	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
$u(x_i)$	0.200	0.179	0.200	0.177	0.129	0.184	0.188	0.180
$U(x_i)$	0.399	0.359	0.400	0.354	0.258	0.367	0.375	0.360

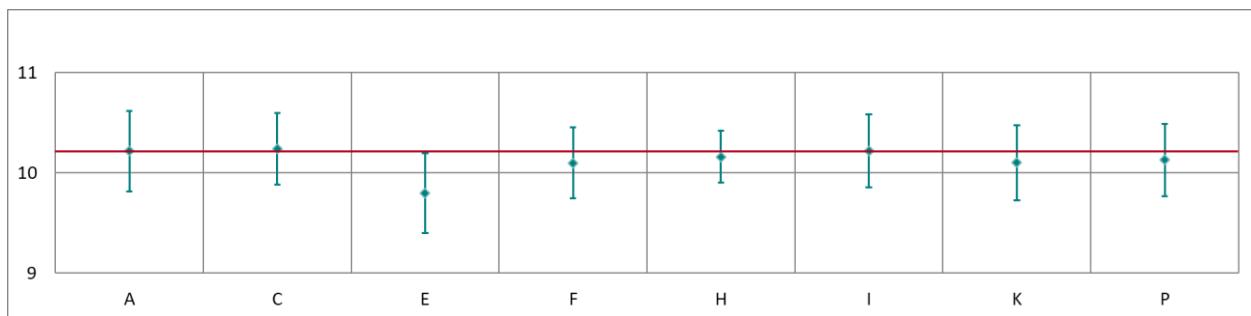


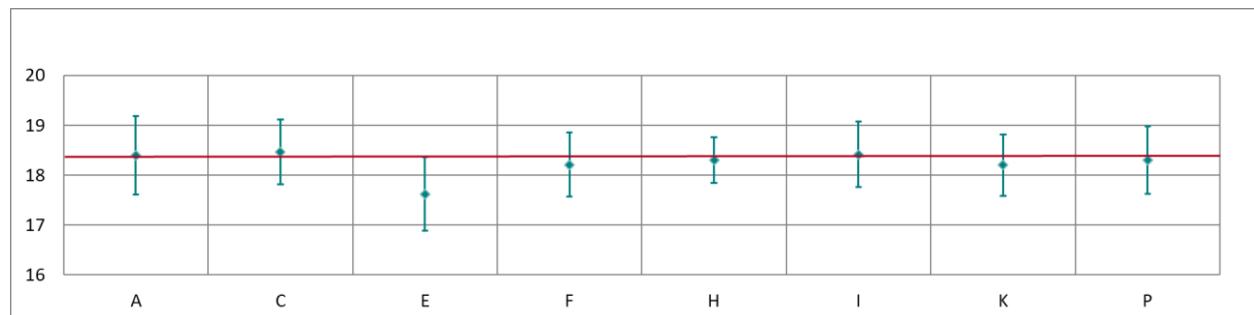
Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 30: Ergebnisse für CO bei Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 5

 $x^* = 18,26$ $s^* = 0,122$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	18.38	18.45	17.60	18.20	18.29	18.40	18.19	18.30
$x_i,2$	18.40	18.47	17.63	18.21	18.30	18.42	18.21	18.30
$x_i,3$	18.41	18.47	17.64	18.22	18.31	18.43	18.21	18.30
$X_i,$	18.40	18.47	17.62	18.21	18.30	18.42	18.20	18.30
$S_i,$	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
$u(x_i)$	0.394	0.324	0.370	0.320	0.229	0.331	0.307	0.340
$U(x_i)$	0.788	0.647	0.740	0.640	0.458	0.662	0.613	0.680

Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 31: Ergebnisse für CO bei Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 6

 $x^* = 2,05$ $s^* = 0,025$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	2.07	2.08	2.01	2.05	2.07	2.07	2.06	2.03
$x_i,2$	2.07	2.08	2.01	2.05	2.07	2.07	2.06	2.03
$x_i,3$	2.07	2.08	2.01	2.05	2.07	2.07	2.06	2.03
$X_i,$	2.07	2.08	2.01	2.05	2.07	2.07	2.06	2.03
$S_i,$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.039	0.038	0.040	0.038	0.028	0.037	0.101	0.050
$U(x_i)$	0.078	0.076	0.080	0.076	0.056	0.074	0.201	0.100

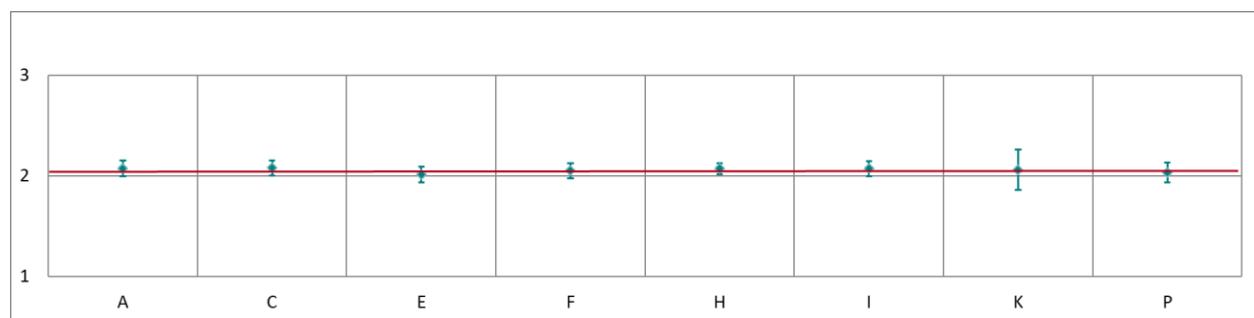
Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 32: Ergebnisse für CO bei Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 7 $x^* = 6,11$ $s^* = 0,043$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	6.14	6.18	5.89	6.09	6.13	6.16	6.09	6.10
$x_{i,2}$	6.14	6.18	5.90	6.09	6.13	6.16	6.10	6.10
$x_{i,3}$	6.14	6.19	5.91	6.09	6.14	6.16	6.10	6.10
X_i	6.14	6.18	5.90	6.09	6.13	6.16	6.10	6.10
S_i	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
$u(x_i)$	0.133	0.109	0.120	0.107	0.104	0.111	0.136	0.220
$U(x_i)$	0.266	0.217	0.240	0.214	0.208	0.221	0.273	0.440

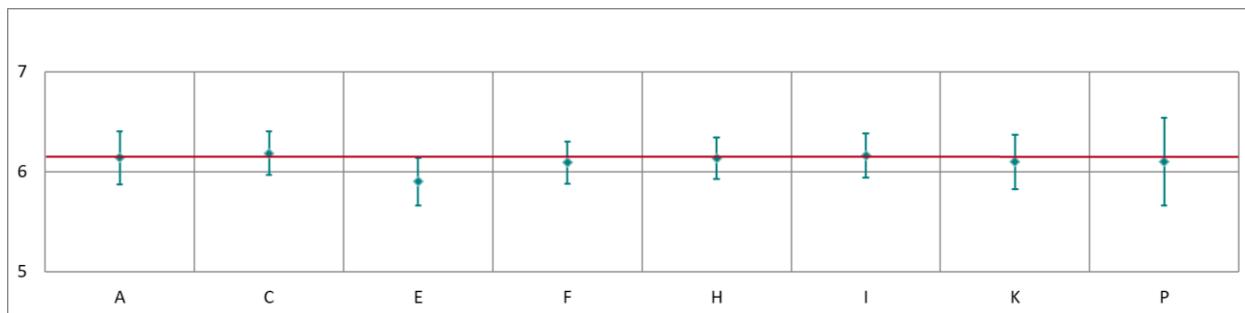


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 33: Ergebnisse für CO bei Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 8 $x^* = 12,22$ $s^* = 0,081$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	12.27	12.35	11.79	12.18	12.24	12.24	12.31	12.17
$x_{i,2}$	12.27	12.36	11.81	12.19	12.26	12.26	12.32	12.17
$x_{i,3}$	12.27	12.37	11.83	12.19	12.26	12.26	12.32	12.18
X_i	12.27	12.36	11.81	12.19	12.25	12.25	12.32	12.17
S_i	0.00	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$u(x_i)$	0.253	0.217	0.250	0.214	0.155	0.155	0.221	0.217
$U(x_i)$	0.507	0.433	0.500	0.428	0.310	0.310	0.443	0.434

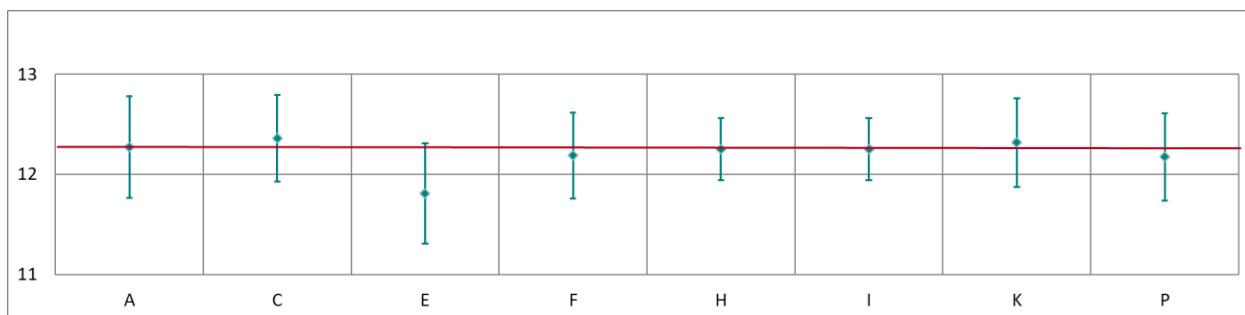


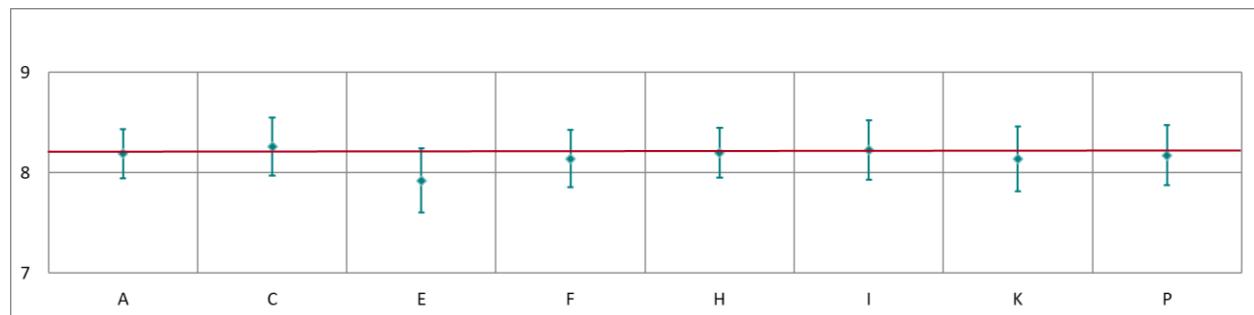
Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 34: Ergebnisse für CO bei Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 9

 $x^* = 8,17$ $s^* = 0,054$

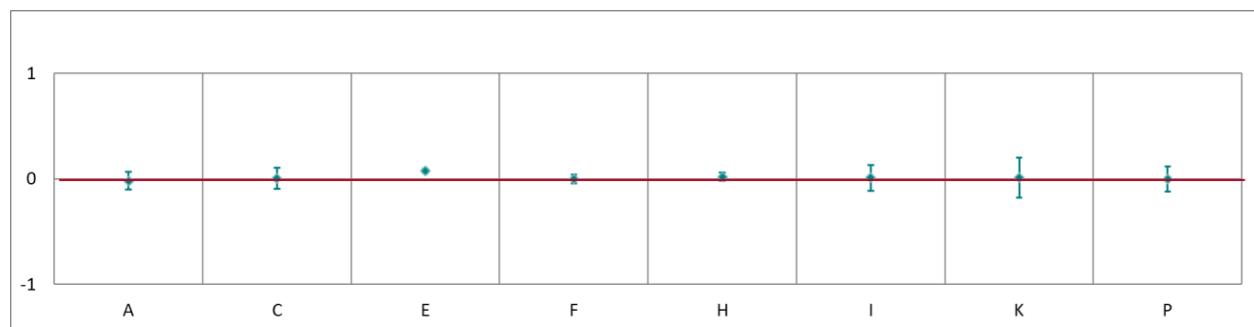
	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	8.19	8.26	7.92	8.14	8.20	8.22	8.14	8.17
$x_i,2$	8.19	8.26	7.92	8.14	8.20	8.22	8.14	8.17
$x_i,3$	8.19	8.26	7.92	8.14	8.20	8.23	8.14	8.18
$X_i,$	8.19	8.26	7.92	8.14	8.20	8.22	8.14	8.17
$S_i,$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
$u(x_i)$	0.123	0.145	0.160	0.143	0.124	0.148	0.161	0.150
$U(x_i)$	0.246	0.290	0.320	0.286	0.248	0.296	0.323	0.300

Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 35: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 0

 $x^* = 0,01$ $s^* = 0,013$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	-0.02	0.00	0.07	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
$x_i,2$	-0.02	0.00	0.08	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
$X_i,$	-0.02	0.00	0.08	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00
$S_i,$	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.042	0.050	0.010	0.021	0.020	0.061	0.095	0.060
$U(x_i)$	0.084	0.100	0.020	0.042	0.040	0.122	0.190	0.120

Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang bei Nullgas (in $\mu\text{mol/mol}$).

Ergebnisse für SO_2

Tabelle 36: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,07$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.1
$x_{i,2}$	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
X_i	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.1	0.0	0.1
S_i	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
$u(x_i)$	0.16	0.51	0.22	0.42	0.17	0.90	0.50	0.49
$U(x_i)$	0.32	1.01	0.44	0.84	0.34	1.80	1.01	0.98

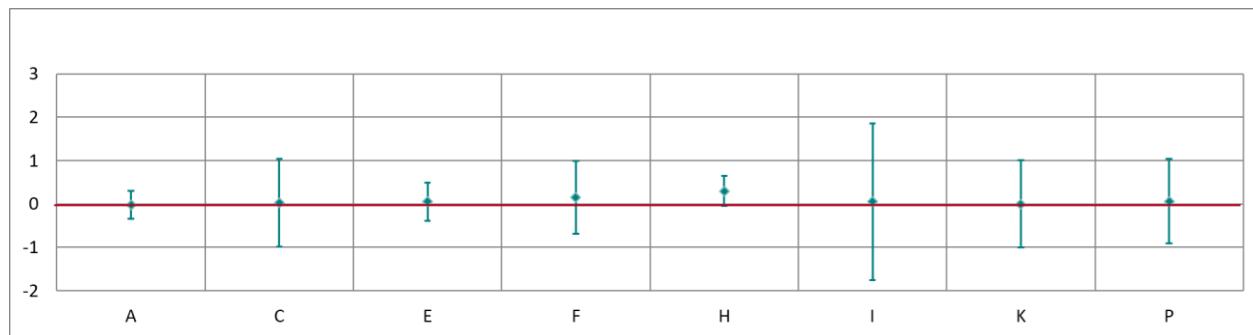


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 37: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 1 $x^* = 16,7$ $s^* = 0,68$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	17.0	16.3	18.2	16.7	16.9	16.5	16.7	15.7
$x_{i,2}$	17.0	16.3	18.5	16.8	17.0	16.7	16.7	15.8
$x_{i,3}$	17.1	16.3	18.6	16.7	17.1	16.7	16.7	15.8
X_i	17.0	16.3	18.4	16.7	17.0	16.6	16.7	15.8
S_i	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
$u(x_i)$	0.97	0.32	0.60	0.48	0.49	0.93	0.68	0.40
$U(x_i)$	1.93	0.64	1.20	0.96	0.98	1.86	1.36	0.80

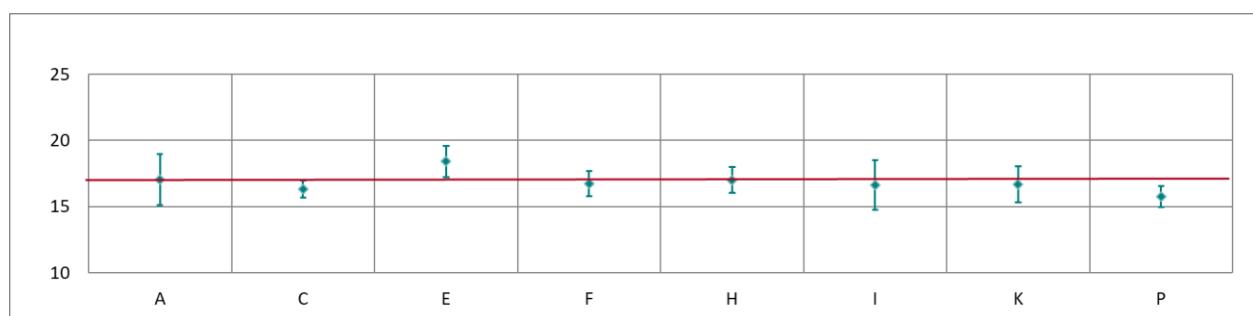
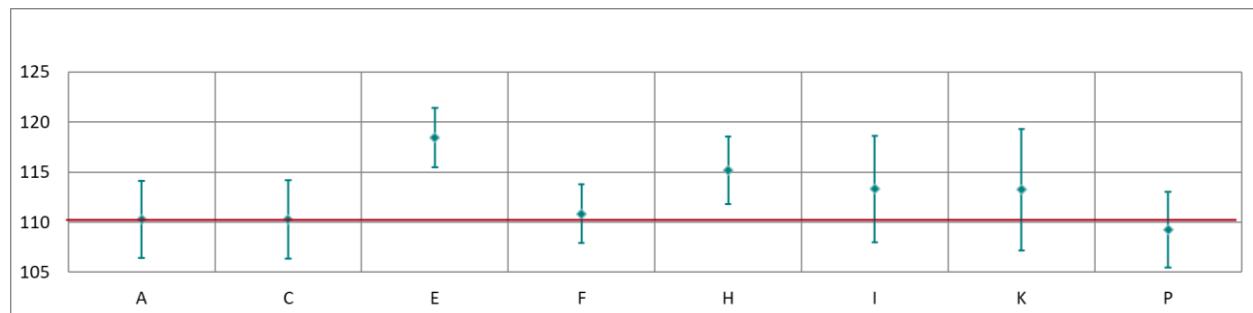


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 38: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 2 $x^* = 112,9$ $s^* = 3,52$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	110.1	110.3	118.4	110.8	115.0	113.2	113.1	109.1
$x_i,2$	110.3	110.1	118.4	110.8	115.1	113.1	113.2	109.3
$x_i,3$	110.4	110.3	118.6	110.9	115.4	113.6	113.4	109.3
$X_i,$	110.3	110.2	118.4	110.8	115.2	113.3	113.2	109.2
$S_i,$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1
$u(x_i)$	1.93	1.96	1.47	1.46	1.70	2.65	3.02	1.89
$U(x_i)$	3.85	3.93	2.94	2.92	3.40	5.30	6.04	3.78

Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 2 (in nmol/mol).Tabelle 39: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 3 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 3 $x^* = 74,2$ $s^* = 2,48$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_i,1$	72.8	72.3	78.6	72.9	75.7	74.6	74.4	71.6
$x_i,2$	72.9	72.4	78.4	72.9	75.8	74.6	74.4	71.6
$x_i,3$	72.8	72.0	78.5	72.9	75.7	74.7	74.3	71.6
$X_i,$	72.8	72.3	78.6	72.9	75.7	74.6	74.4	71.6
$S_i,$	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
$u(x_i)$	1.77	1.32	1.21	1.03	1.59	1.68	2.03	1.29
$U(x_i)$	3.55	2.65	2.42	2.06	3.18	3.36	4.06	2.58

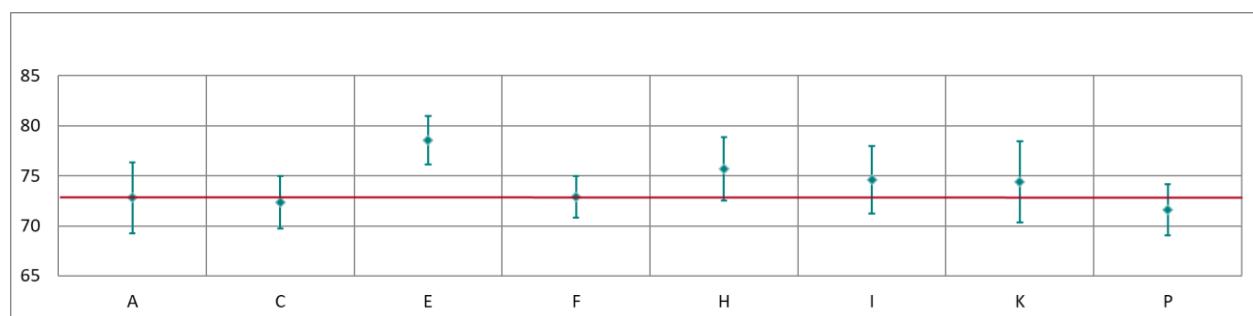
Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 40: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 5 $x^* = 152,6$ $s^* = 4,62$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	149.2	147.7	159.0	149.6	155.1	154.0	153.4	148.5
$x_{i,2}$	149.5	148.0	159.0	149.6	155.1	154.4	153.8	148.1
$x_{i,3}$	149.4	148.3	159.1	149.7	155.4	154.2	153.9	148.6
X_i	149.3	148.0	159.0	149.6	155.2	154.2	153.7	148.4
S_i	0.1	0.3	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
$u(x_i)$	2.45	2.62	1.88	1.92	2.13	3.66	4.06	2.56
$U(x_i)$	4.89	5.24	3.76	3.84	4.26	7.32	8.13	5.12

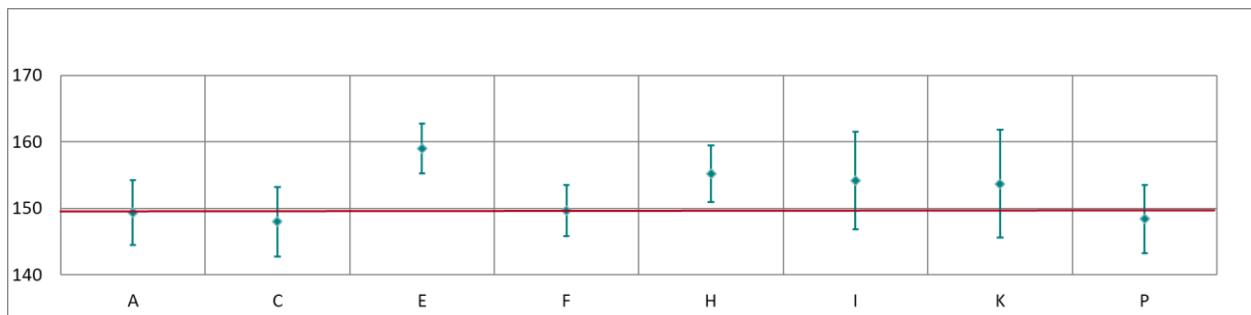


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 41: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 6 $x^* = 8,4$ $s^* = 0,45$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	8.6	7.9	9.4	8.5	8.5	8.7	8.6	8.0
$x_{i,2}$	8.5	7.9	9.3	8.4	8.4	8.6	8.4	8.0
$x_{i,3}$	8.5	7.9	9.3	8.4	8.4	8.6	8.4	8.0
X_i	8.6	7.9	9.3	8.4	8.4	8.6	8.5	8.0
S_i	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
$u(x_i)$	0.59	0.18	0.37	0.45	0.21	0.93	0.56	0.17
$U(x_i)$	1.18	0.36	0.74	0.90	0.42	1.86	1.12	0.34

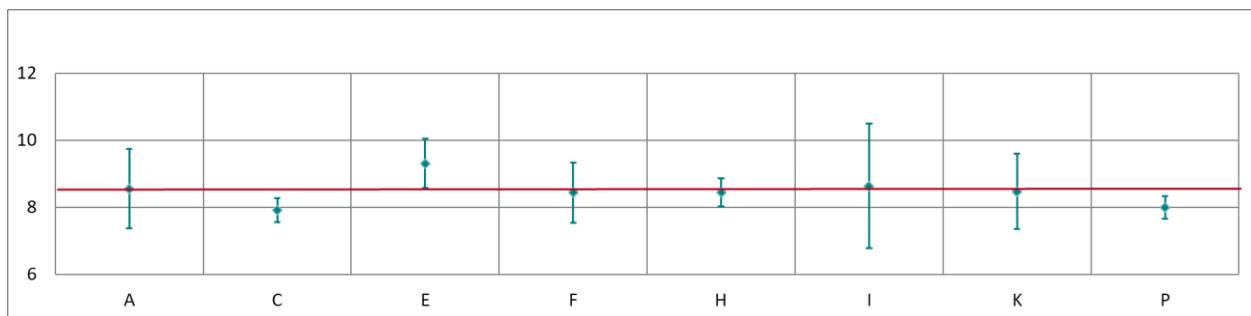


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 42: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 7 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 7 $x^* = 35,5$ $s^* = 1,47$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	35.0	33.9	38.3	34.8	36.4	35.8	35.6	34.4
$x_{i,2}$	35.0	34.0	38.4	34.9	36.4	35.9	35.5	34.3
$x_{i,3}$	35.1	33.9	38.4	34.8	36.4	35.8	35.5	34.3
$X_{i,1}$	35.0	33.9	38.4	34.8	36.4	35.8	35.5	34.3
$S_{i,1}$	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.41	0.62	0.70	0.64	0.52	0.81	1.07	0.71
$U(x_i)$	2.82	1.25	1.40	1.28	1.04	1.61	2.15	1.42

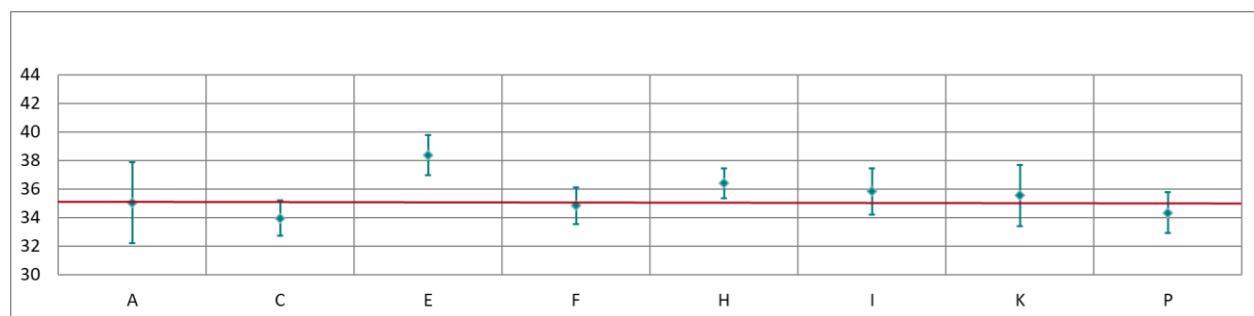


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 43: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 8 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 8 $x^* = 93,6$ $s^* = 3,19$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	91.3	90.3	98.2	91.5	95.4	95.4	94.5	93.6
$x_{i,2}$	91.4	90.4	98.4	91.6	95.7	95.7	94.4	93.5
$x_{i,3}$	91.5	90.9	98.4	91.6	95.6	95.6	94.4	93.6
$X_{i,1}$	91.4	90.5	98.3	91.6	95.6	95.6	94.4	93.6
$S_{i,1}$	0.1	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1
$u(x_i)$	2.20	1.63	1.46	1.24	1.76	1.76	2.15	2.52
$U(x_i)$	4.40	3.27	2.92	2.48	3.52	3.52	4.30	5.04

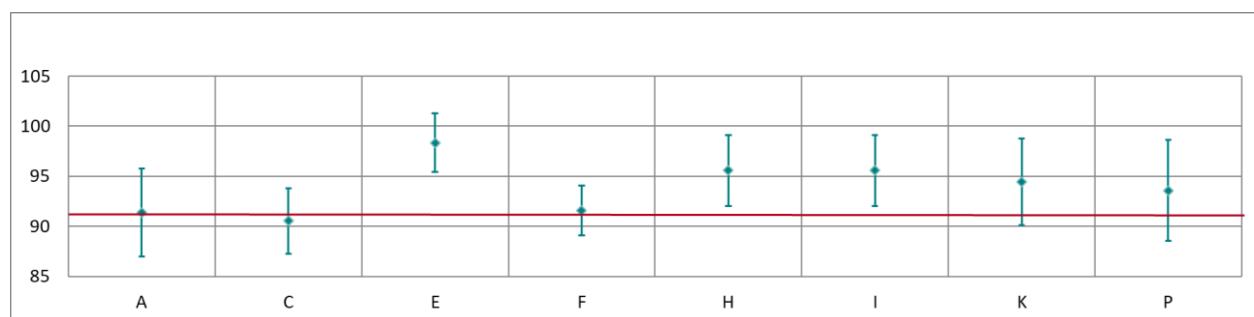
Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 44: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 9

$x^* = 54,8$

$s^* = 1,58$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	53.8	53.4	59.2	53.7	56.0	55.2	54.6	53.6
$x_{i,2}$	53.6	53.3	59.0	53.6	55.8	55.1	54.5	53.7
$x_{i,3}$	53.6	53.2	59.1	53.7	55.8	55.2	54.5	53.7
X_i	53.7	53.3	59.1	53.7	55.9	55.2	54.5	53.7
S_i	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.61	0.97	0.92	0.81	0.78	1.24	1.53	0.90
$U(x_i)$	3.22	1.94	1.84	1.62	1.56	2.48	3.06	1.80

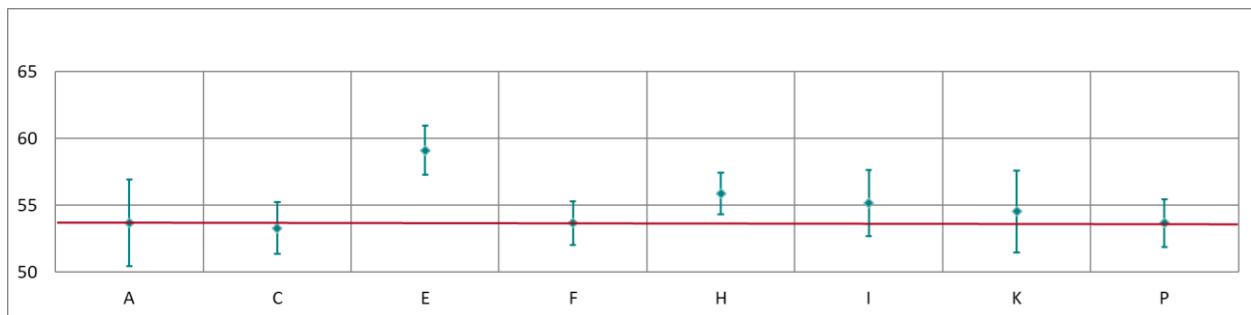


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 45: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 0

$x^* = 0,1$

$s^* = 0,13$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	F	H	I	K	P
$x_{i,1}$	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.0
$x_{i,2}$	0.0	0.2	0.1	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0
X_i	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.0
S_i	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
$u(x_i)$	0.21	0.51	0.20	0.42	0.17	0.90	0.50	0.60
$U(x_i)$	0.43	1.03	0.40	0.84	0.34	1.80	1.00	1.20

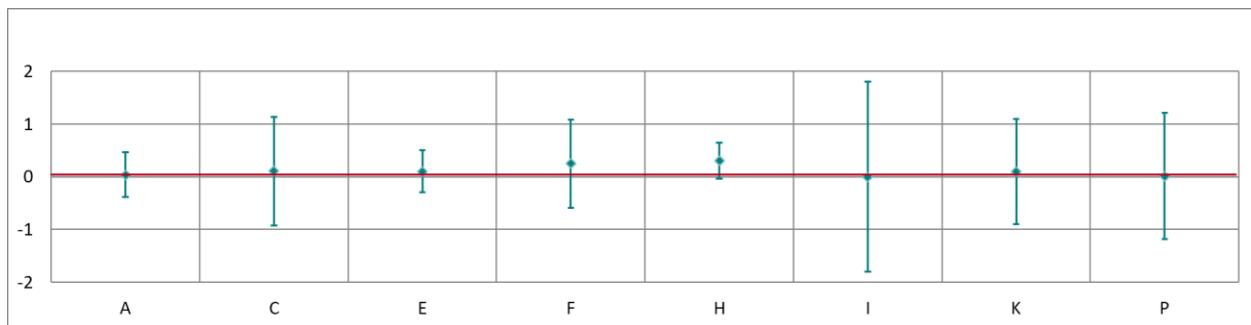


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 46: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0

 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,35$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	0.1	0.8	0.6		0.3	0.2	0.0	-0.5	-0.1	0.2
$x_i,2$	0.1	0.8	0.2		0.4	0.2	0.2	-0.5	-0.1	0.3
X_i	0.1	0.8	0.4		0.4	0.2	0.1	-0.5	-0.1	0.3
$S_i,$	0.00	0.00	0.28		0.07	0.00	0.14	0.01	0.00	0.09
$u(x_i)$	0.47	0.49	0.12		0.24	0.64	0.84	0.60	0.44	0.45
$U(x_i)$	0.94	0.98	0.24		0.48	1.29	1.68	1.20	0.89	0.90

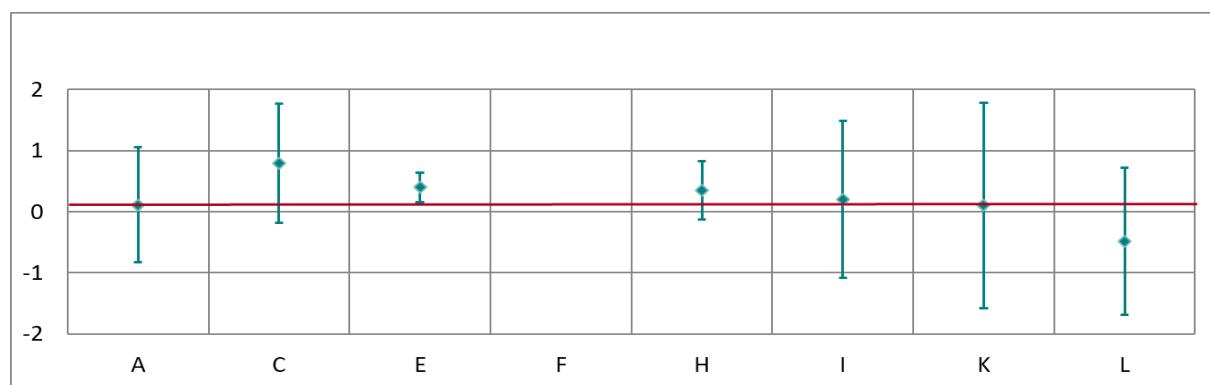


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1

 $x^* = 477,0$ $s^* = 3,49$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	474.5	473.1	480.7	478.1	472.4	481.1	476.9	476.1	478.7	476.2
$x_i,2$	474.6	473.0	480.2	478.4	472.7	481.4	477.3	475.2	478.9	476.3
$x_i,3$	474.4	472.8	480.8	478.3	472.2	481.5	477.1	474.9	478.4	476.2
$X_i,$	474.5	473.0	480.6	478.3	472.4	481.3	477.1	475.4	478.7	476.2
$S_i,$	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.6	0.3	0.1
$u(x_i)$	6.11	8.29	5.54	5.72	6.09	7.55	6.35	9.54	9.28	7.89
$U(x_i)$	12.22	16.58	11.08	11.44	12.18	15.11	12.70	19.07	18.56	15.78

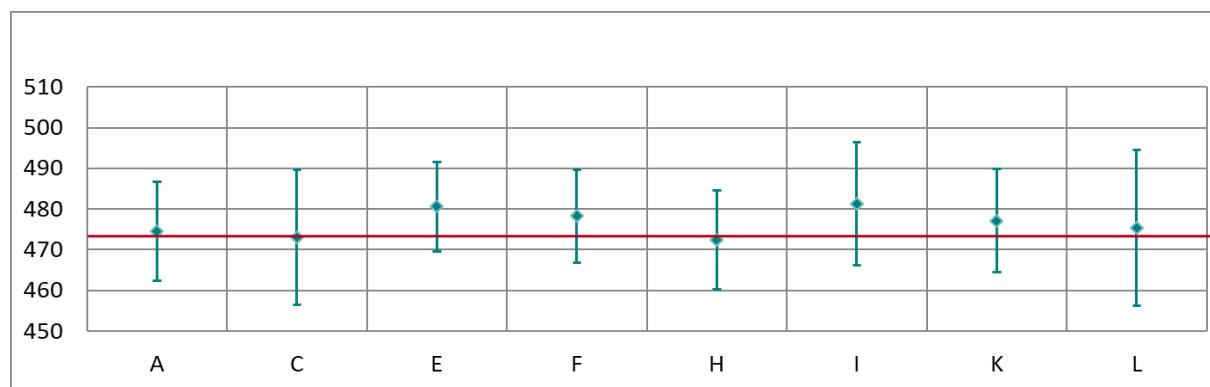


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 424,7$ $s^* = 2,71$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	423.8	421.8	427.6	427.0	421.0	430.1	425.3	423.4	426.3	424.8
$x_{i,2}$	424.2	422.4	427.4	427.1	420.6	429.8	425.4	423.9	426.4	425.1
$x_{i,3}$	423.8	422.1	427.7	427.0	420.8	429.5	425.3	423.2	426.2	425.2
X_i	423.9	422.1	427.6	427.0	420.8	429.8	425.3	423.5	426.3	425.0
S_i	0.23	0.28	0.15	0.08	0.20	0.30	0.06	0.37	0.10	0.21
$u(x_i)$	5.75	7.41	4.90	5.11	5.46	6.84	5.67	8.49	8.26	7.10
$U(x_i)$	11.49	14.82	9.80	10.22	10.92	13.68	11.35	16.99	16.53	14.20

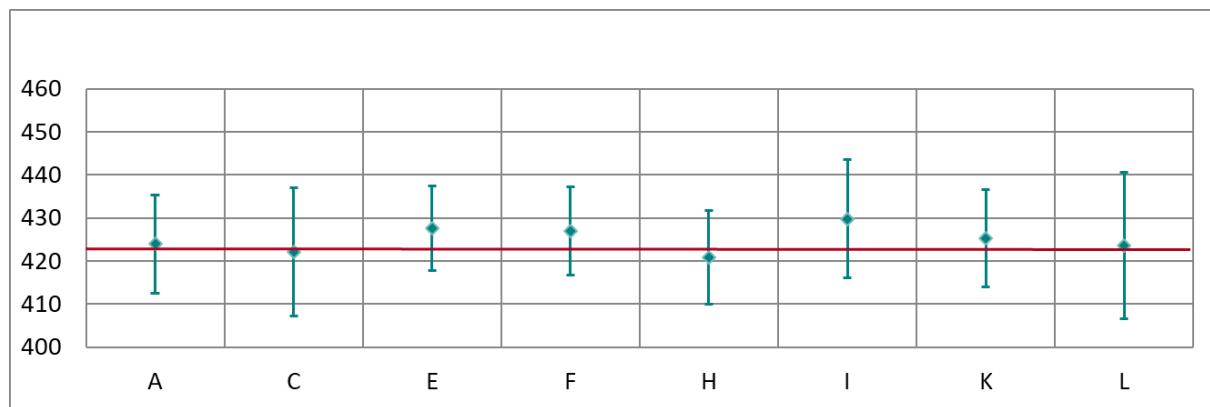


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 365,7$ $s^* = 2,80$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	364.9	362.8	367.2	367.8	362.4	369.7	365.9	363.9	367.0	365.2
$x_{i,2}$	364.6	362.7	367.5	367.7	362.1	369.7	365.8	364.0	366.6	365.2
$x_{i,3}$	364.8	362.7	366.9	367.5	361.9	370.2	365.7	364.1	366.3	365.3
X_i	364.8	362.8	367.2	367.6	362.1	369.9	365.8	364.0	366.6	365.2
S_i	0.13	0.08	0.30	0.13	0.25	0.29	0.10	0.10	0.35	0.06
$u(x_i)$	4.90	6.37	4.24	4.40	4.76	5.99	4.90	7.30	7.11	6.42
$U(x_i)$	9.79	12.73	8.48	8.80	9.52	11.98	9.81	14.60	14.22	12.84

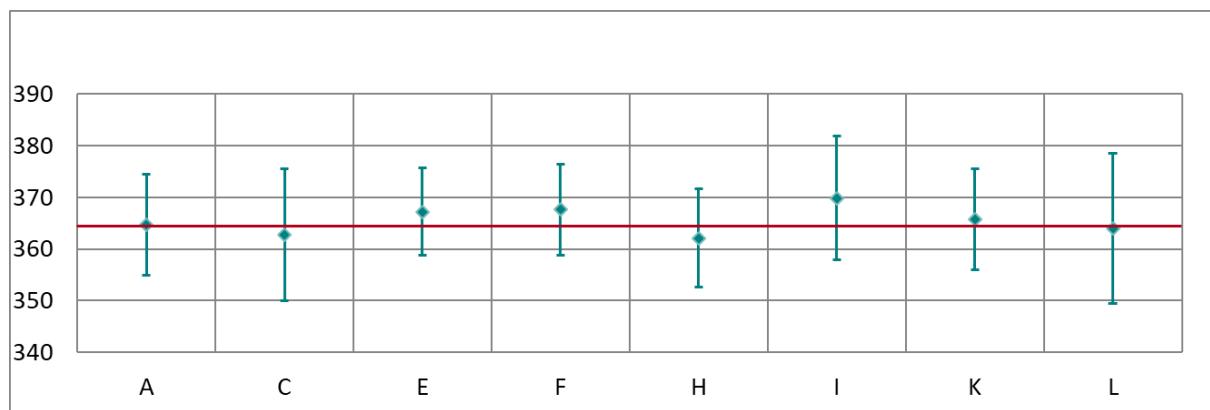


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4

 $x^* = 477,6$ $s^* = 3,71$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	476.0	474.7	480.7	478.9	472.3	482.9	477.9	474.9	479.4	476.2
$x_{i,2}$	476.0	474.3	480.3	478.9	473.1	483.2	478.0	475.4	479.7	476.4
$x_{i,3}$	476.1	474.2	480.1	479.1	472.8	483.2	478.0	474.9	479.4	476.5
X_i ,	476.0	474.4	480.4	479.0	472.7	483.1	478.0	475.0	479.5	476.4
S_i ,	0.06	0.24	0.31	0.12	0.40	0.17	0.06	0.29	0.17	0.15
$u(x_i)$	6.29	8.32	5.52	5.73	6.47	7.99	6.36	9.53	9.30	7.70
$U(x_i)$	12.57	16.64	11.04	11.46	12.94	15.97	12.73	19.05	18.59	15.40

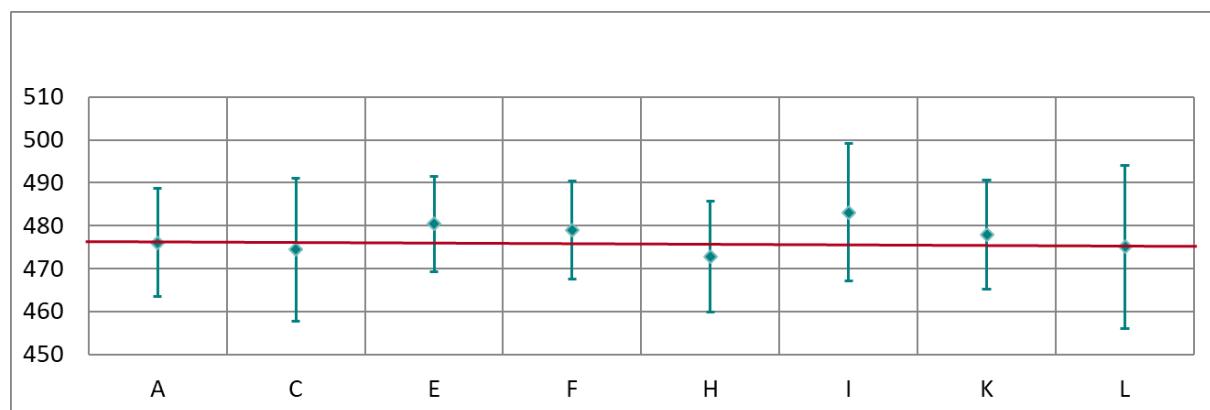


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5

 $x^* = 373,8$ $s^* = 2,85$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	373.2	371.3	375.1	375.3	370.0	378.8	374.0	371.8	375.3	372.3
$x_{i,2}$	373.5	371.8	375.5	375.4	370.1	378.7	374.0	371.8	375.5	372.4
$x_{i,3}$	373.4	371.9	375.2	375.4	370.3	378.5	374.1	371.8	375.6	372.6
X_i ,	373.4	371.7	375.3	375.4	370.1	378.7	374.0	371.8	375.5	372.4
S_i ,	0.17	0.31	0.21	0.06	0.15	0.15	0.06	0.03	0.15	0.17
$u(x_i)$	5.32	6.53	4.31	4.49	4.85	6.26	5.01	7.46	7.28	6.23
$U(x_i)$	10.64	13.06	8.62	8.98	9.70	12.52	10.01	14.92	14.56	12.46

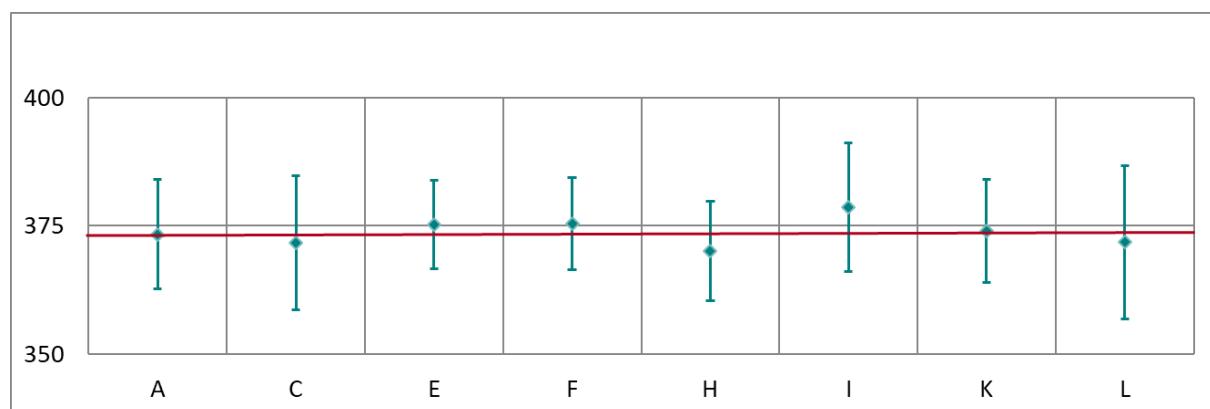


Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 234,6$ $s^* = 1,83$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	234.9	233.3	234.4	236.3	232.8	237.6	235.0	233.3	235.8	233.5
$x_i, 2$	234.8	233.2	234.6	236.3	232.8	237.8	235.0	233.2	235.7	233.0
$x_i, 3$	235.1	233.3	234.4	236.2	233.0	238.2	235.0	233.1	235.9	233.1
$X_i,$	234.9	233.3	234.5	236.3	232.9	237.9	235.0	233.2	235.8	233.2
$S_i,$	0.11	0.07	0.12	0.07	0.12	0.31	0.00	0.09	0.10	0.27
$u(x_i)$	3.39	4.10	2.73	2.84	3.17	3.85	3.22	4.69	4.58	4.12
$U(x_i)$	6.79	8.19	5.46	5.68	6.34	7.70	6.43	9.37	9.15	8.24

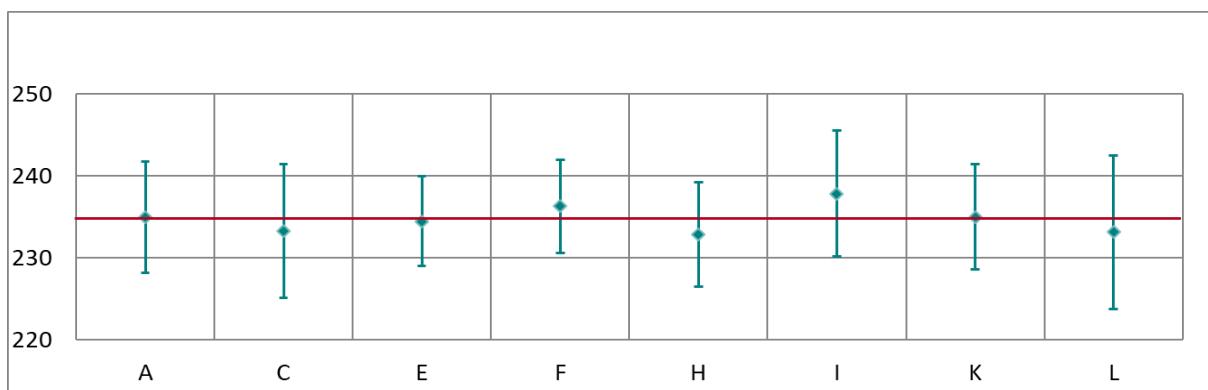


Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 202,8$ $s^* = 1,70$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	202.2	202.1	202.8	204.2	200.6	205.8	203.0	201.6	203.9	201.6
$x_i, 2$	202.2	201.8	202.7	204.2	200.8	205.9	203.0	201.7	204.0	201.4
$x_i, 3$	202.3	201.9	202.8	204.2	200.8	205.9	203.1	201.8	203.9	201.2
$X_i,$	202.3	201.9	202.8	204.2	200.7	205.9	203.0	201.7	203.9	201.4
$S_i,$	0.06	0.16	0.06	0.05	0.12	0.06	0.06	0.09	0.06	0.20
$u(x_i)$	2.85	3.55	2.36	2.46	2.79	3.23	2.81	4.05	3.96	3.33
$U(x_i)$	5.71	7.10	4.72	4.92	5.58	6.46	5.61	8.10	7.92	6.66

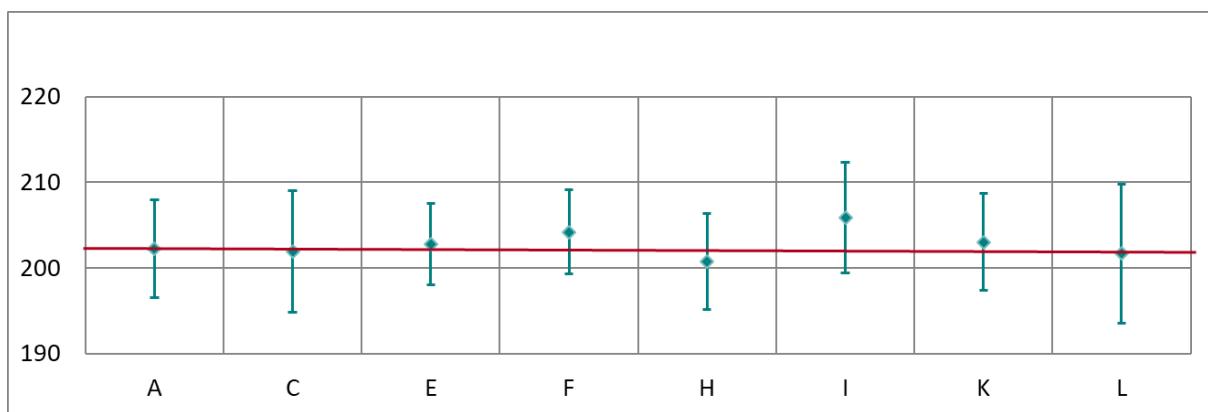


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8

 $x^* = 110,9$ $s^* = 1,20$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	111.0	110.3	109.9	112.3	109.9	112.8	110.9	109.8	111.6	110.8
$x_i,2$	111.1	110.4	110.0	112.2	110.0	112.7	111.0	109.9	111.6	110.6
$x_i,3$	110.9	110.5	110.1	112.3	109.8	112.6	111.1	109.8	111.7	110.6
$X_i,$	111.0	110.4	110.0	112.3	109.9	112.7	111.0	109.8	111.6	110.7
$S_i,$	0.12	0.09	0.10	0.05	0.10	0.10	0.10	0.08	0.06	0.10
$u(x_i)$	1.65	1.96	1.28	1.38	1.41	1.77	1.69	2.21	2.17	1.99
$U(x_i)$	3.31	3.93	2.56	2.76	2.82	3.54	3.38	4.41	4.35	3.98

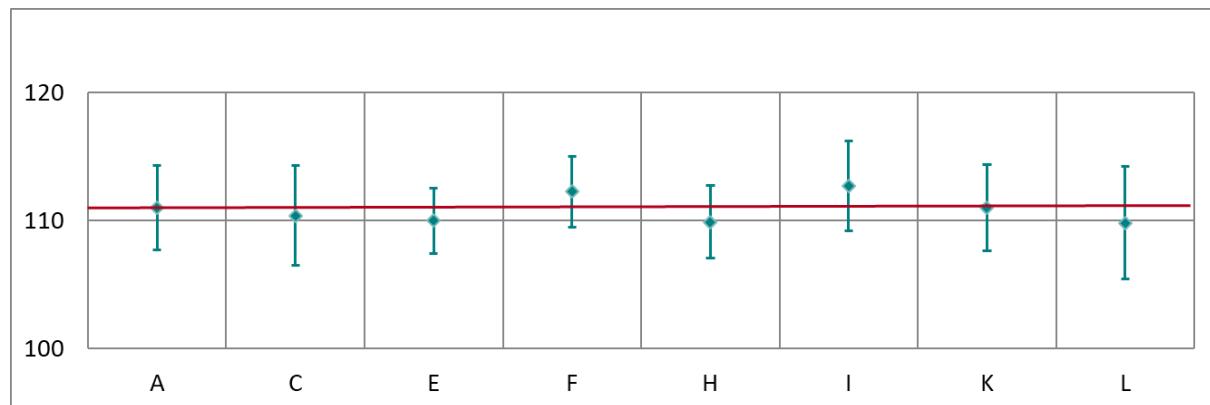


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9

 $x^* = 27,8$ $s^* = 0,56$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	27.8	28.0	27.2		27.6	28.2	27.9	27.0	28.3	28.0
$x_i,2$	27.9	28.1	27.1		27.7	28.3	27.9	27.0	28.3	28.0
$x_i,3$	27.8	28.0	27.0		27.6	28.3	27.9	27.0	28.3	28.0
$X_i,$	27.9	28.1	27.1		27.6	28.3	27.9	27.0	28.3	28.0
$S_i,$	0.0	0.0	0.1		0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
$u(x_i)$	0.49	0.60	0.37		0.51	0.44	0.92	0.60	0.59	0.70
$U(x_i)$	0.98	1.20	0.74		1.02	0.89	1.83	1.20	1.17	1.40

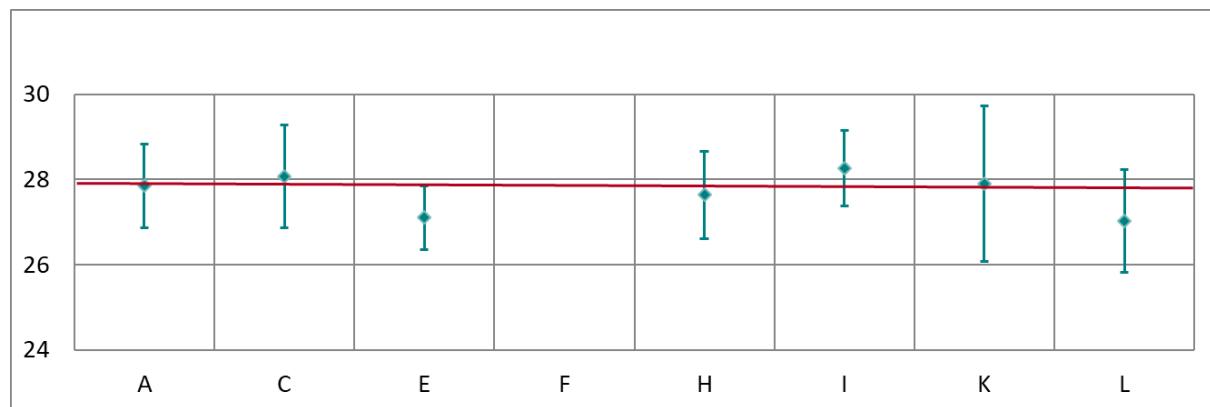


Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10

$x^* = 163,5$

$s^* = 1,48$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	163.8	163.2	162.9	164.8	162.5	166.2	164.1	162.1	164.9	162.4
$x_i, 2$	163.5	163.0	162.4	164.6	162.5	166.0	164.1	162.1	164.7	162.4
$x_i, 3$	163.5	163.0	162.5	164.5	162.5	166.1	164.0	161.9	164.7	162.4
$X_i,$	163.6	163.1	162.6	164.6	162.5	166.1	164.1	162.0	164.8	162.4
$S_i,$	0.16	0.12	0.26	0.12	0.00	0.10	0.06	0.12	0.12	0.01
$u(x_i)$	2.25	2.88	1.28	2.00	2.37	2.64	2.32	3.26	3.20	2.90
$U(x_i)$	4.51	5.76	2.56	4.00	4.74	5.29	4.65	6.52	6.40	5.80

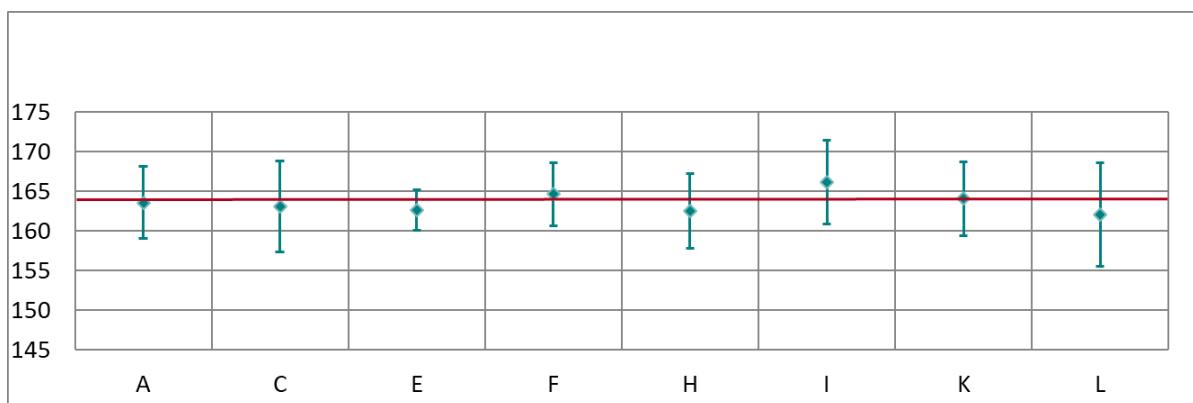


Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11

$x^* = 39,8$

$s^* = 0,63$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	39.7	40.1	38.9		39.5	40.6	40.1	39.2	40.3	39.7
$x_i, 2$	39.7	40.1	38.9		39.5	40.4	40.1	39.1	40.4	39.8
$x_i, 3$	39.6	40.0	39.0		39.5	40.4	39.8	39.0	40.4	39.7
$X_i,$	39.7	40.1	38.9		39.5	40.5	40.0	39.1	40.4	39.7
$S_i,$	0.06	0.03	0.06		0.00	0.12	0.17	0.11	0.06	0.06
$u(x_i)$	0.56	0.78	0.48		0.64	0.64	1.01	0.79	0.81	0.81
$U(x_i)$	1.12	1.56	0.96		1.28	1.27	2.01	1.58	1.62	1.62

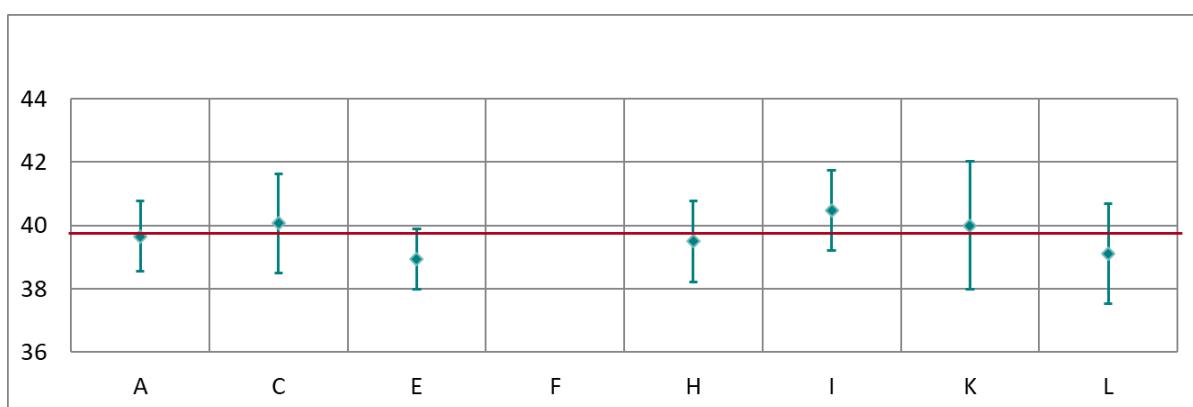


Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12

 $x^* = 293,7$ $s^* = 2,39$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	292.1	292.4	294.2	294.7	291.2	297.4	293.9	292.6	296.6	291.6
$x_i,2$	292.0	292.1	293.7	294.5	291.2	297.2	293.7	292.3	296.4	291.8
$x_i,3$	291.8	292.1	294.0	294.4	291.2	297.4	293.5	292.1	296.5	291.9
$X_i,$	292.0	292.2	294.0	294.5	291.2	297.3	293.7	292.3	296.5	291.8
$S_i,$	0.16	0.17	0.25	0.18	0.00	0.12	0.20	0.24	0.10	0.16
$u(x_i)$	3.69	5.13	3.41	3.53	3.91	4.67	3.97	5.87	5.75	5.33
$U(x_i)$	7.38	10.25	6.82	7.06	7.82	9.33	7.94	11.74	11.50	10.66

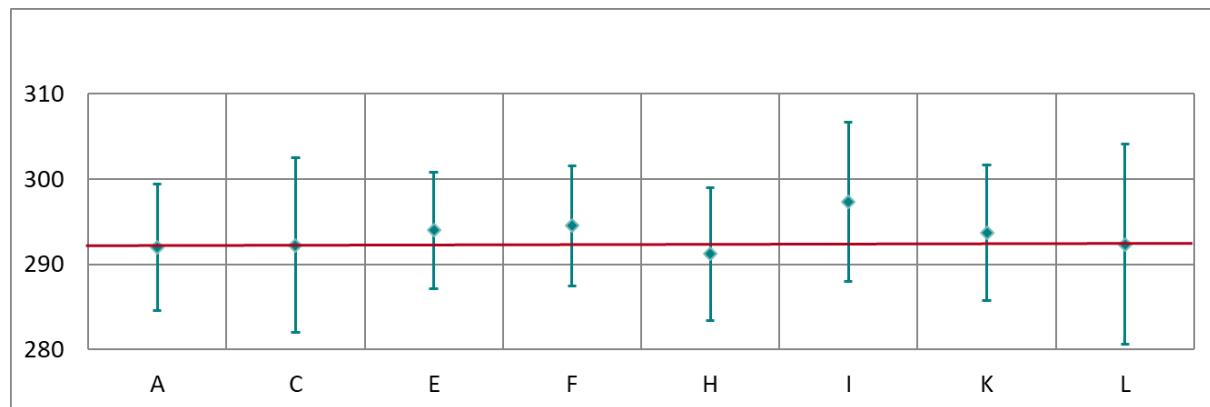


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13

 $x^* = 406,5$ $s^* = 3,39$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i,1$	403.4	404.3	407.5	406.9	402.9	411.4	406.5	405.2	410.7	403.7
$x_i,2$	403.5	404.2	406.9	407.0	403.1	411.4	406.6	403.9	410.9	403.8
$x_i,3$	403.5	404.4	407.4	407.1	403.0	411.3	406.7	403.6	410.4	403.7
$X_i,$	403.5	404.3	407.3	407.0	403.0	411.4	406.6	404.2	410.7	403.8
$S_i,$	0.00	0.82	3.79	3.51	-0.47	7.89	3.13	0.76	7.19	0.28
$u(x_i)$	5.05	7.09	4.68	4.87	5.24	6.46	5.44	8.11	5.81	6.90
$U(x_i)$	10.10	14.18	9.36	9.74	10.48	12.91	10.87	16.22	11.62	13.80

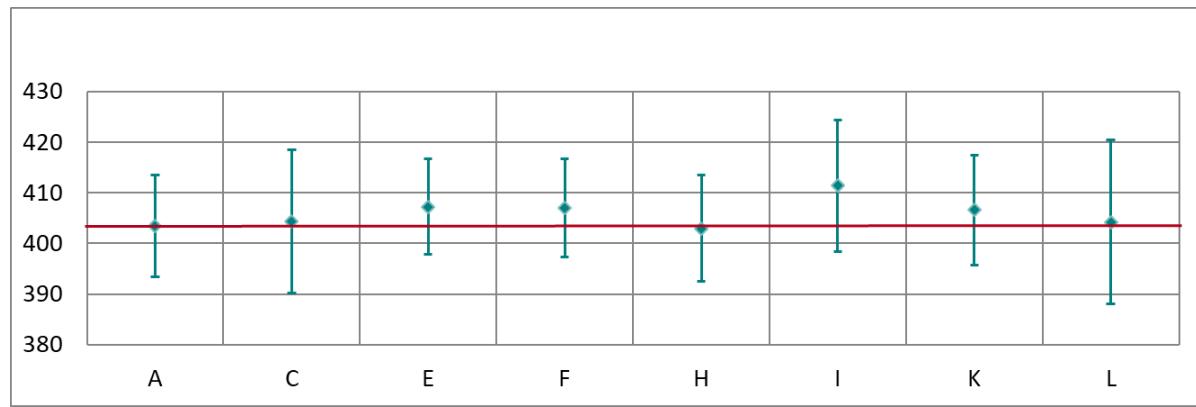


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14

$x^* = 30,2$

$s^* = 0,69$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	29.9	30.4	29.4	31.0	29.9	30.5	30.1	29.5	30.7	29.9
$x_i, 2$	30.0	30.4	29.2	31.0	29.9	30.5	30.0	29.4	30.8	29.9
$x_i, 3$	29.8	30.5	29.2	31.0	30.0	30.5	30.4	29.4	30.7	29.9
X_i	29.9	30.4	29.3	31.0	29.9	30.5	30.2	29.4	30.7	29.9
S_i	0.09	0.03	0.12	0.05	0.06	0.00	0.21	0.04	0.06	0.03
$u(x_i)$	0.48	0.64	0.38	0.48	0.54	0.48	0.92	0.60	0.63	0.70
$U(x_i)$	0.96	1.29	0.76	0.96	1.08	0.96	1.84	1.20	1.26	1.40

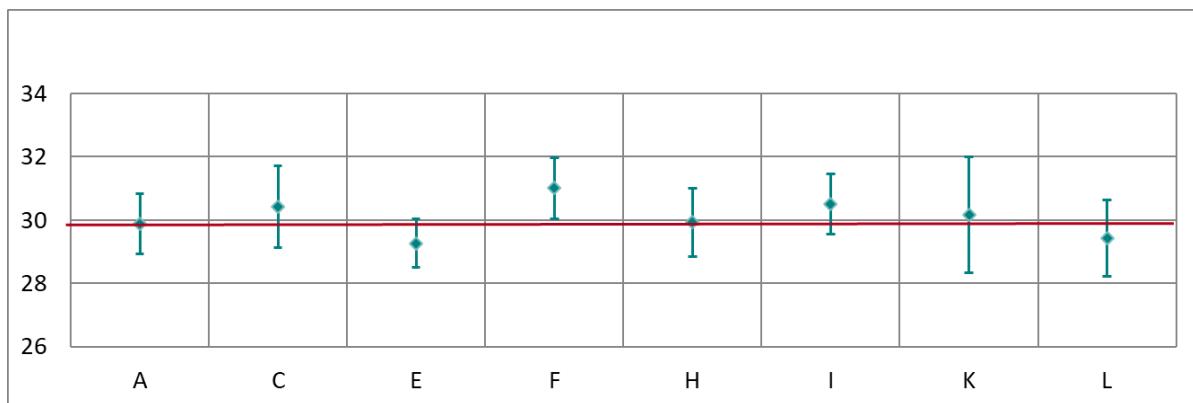


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0

$x^* = 0,1$

$s^* = 0,11$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_i, 1$	0.0	0.2	0.5		0.1	0.1	0.1	-0.3	-0.8	0.1
$x_i, 2$	0.1	0.1	0.2		-0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.8	0.2
X_i	0.1	0.2	0.4		0.0	0.1	0.1	-0.2	-0.8	0.2
S_i	0.03	0.05	0.21		0.14	0.07	0.07	0.03	0.00	0.07
$u(x_i)$	0.94	0.81	0.27		0.78	0.90	0.90	0.90	0.74	0.79
$U(x_i)$	1.88	1.62	0.54		1.56	1.80	1.81	1.80	1.49	1.58

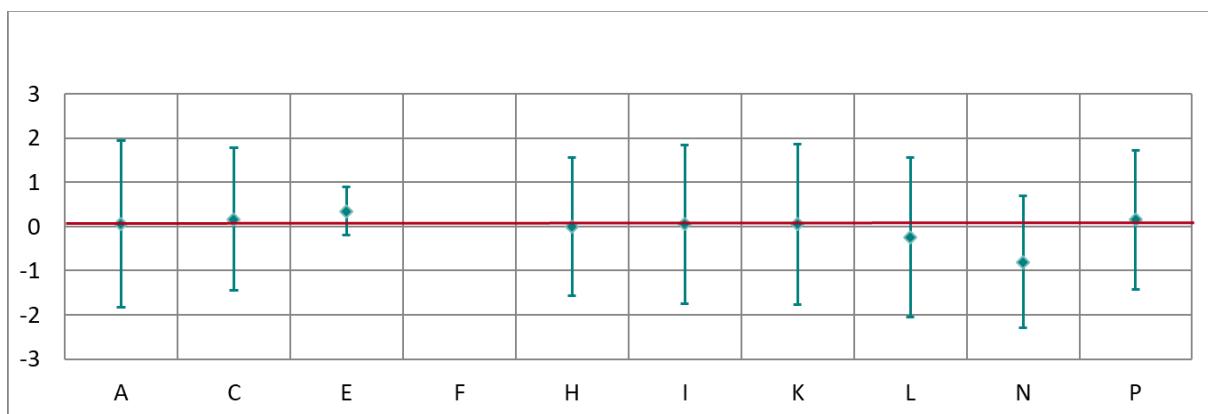
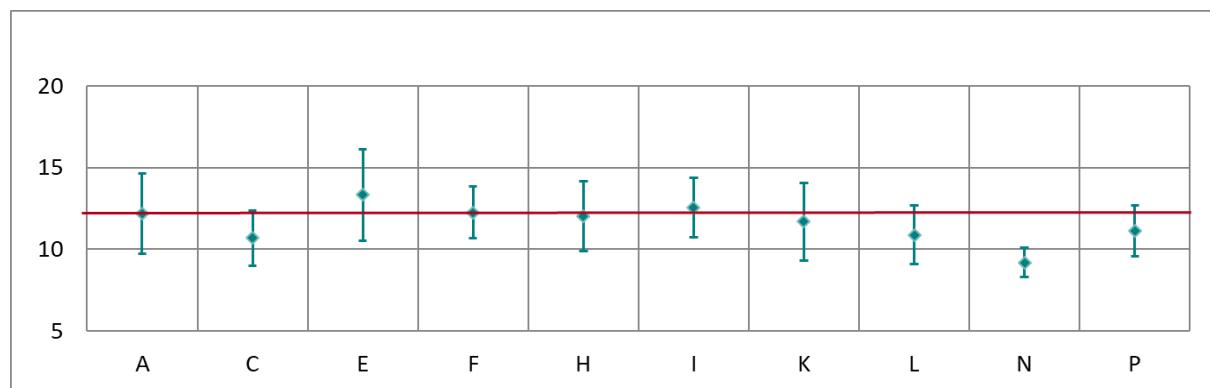


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 1 $x^* = 11,6$ $s^* = 1,24$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	12.2	10.6	13.3	12.3	11.9	12.6	11.6	11.2	9.1	11.1
$x_{i,2}$	12.1	10.7	13.7	12.2	12.2	12.5	11.7	10.6	9.2	11.1
$x_{i,3}$	12.3	10.8	13.0	12.3	12.0	12.6	11.8	10.9	9.3	11.2
X_i	12.2	10.7	13.3	12.3	12.0	12.6	11.7	10.9	9.2	11.1
S_i	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.23	0.84	1.41	0.80	1.08	0.91	1.20	0.90	0.45	0.78
$U(x_i)$	2.47	1.69	2.82	1.60	2.16	1.82	2.39	1.80	0.90	1.56

Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 1 (in nmol/mol).Tabelle 63: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 2 $x^* = 63,3$ $s^* = 1,53$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	63.8	62.2	65.8	64.0	62.5	65.1	64.1	62.6	61.4	63.0
$x_{i,2}$	63.8	62.4	65.5	64.2	63.3	65.3	64.2	62.7	61.5	63.0
$x_{i,3}$	64.0	62.6	65.6	64.2	63.3	65.2	64.2	63.5	61.5	63.0
X_i	63.9	62.4	65.6	64.1	63.0	65.2	64.2	62.9	61.5	63.0
S_i	0.11	0.20	0.15	0.12	0.46	0.10	0.06	0.48	0.06	0.02
$u(x_i)$	1.71	1.27	1.33	0.91	1.13	1.09	1.83	1.37	1.24	1.12
$U(x_i)$	3.43	2.53	2.66	1.82	2.26	2.17	3.67	2.74	2.49	2.24

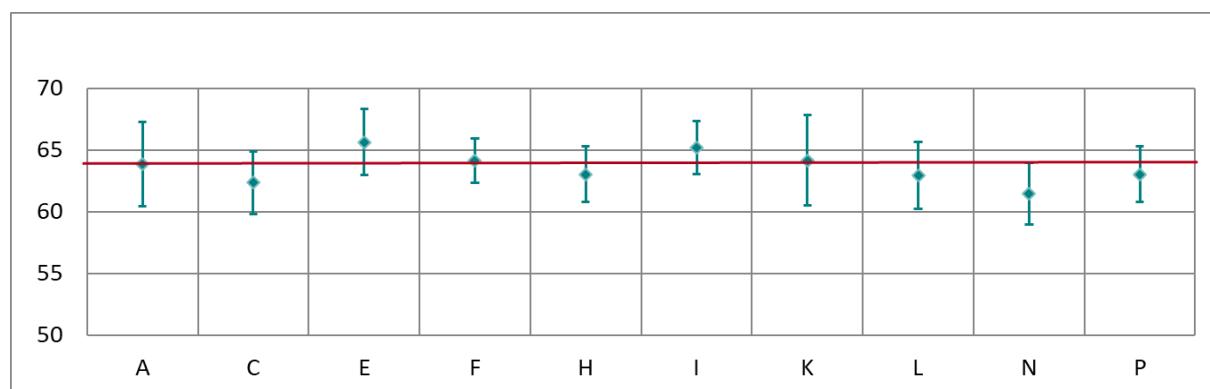
Abbildung 85: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 64: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 3

$x^* = 123,4$

$s^* = 1,98$

	Teilnehmer:innen										
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P	
$x_i,1$	123.3	121.4	125.3	123.5	121.5	125.8	124.1	123.4	121.1	122.1	
$x_i,2$	123.2	121.7	125.6	123.8	121.9	126.1	124.4	123.5	121.4	122.4	
$x_i,3$	123.3	121.7	126.2	123.9	121.8	126.1	124.4	123.5	121.6	122.5	
X_i	123.3	121.6	125.7	123.7	121.7	126.0	124.3	123.5	121.4	122.3	
S_i	0.07	0.15	0.46	0.21	0.21	0.17	0.17	0.08	0.25	0.21	
$u(x_i)$	2.33	2.20	2.04	1.55	1.71	2.10	2.98	2.69	2.39	1.90	
$U(x_i)$	4.67	4.40	4.08	3.10	3.42	4.20	5.95	5.38	4.78	3.80	

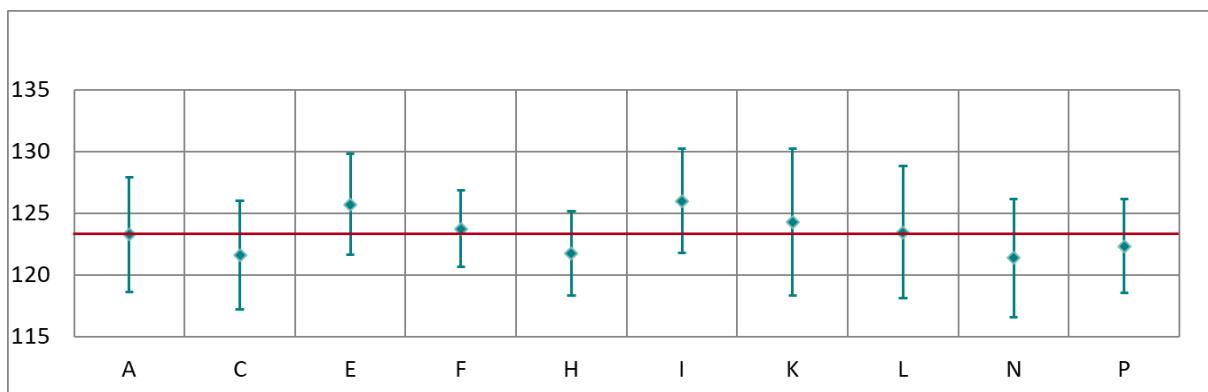


Abbildung 86: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 65: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 4

$x^* = 11,7$

$s^* = 1,09$

	Teilnehmer:innen										
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P	
$x_i,1$	12.3	11.0	12.4	12.5	12.6	12.7	12.0	10.7	9.6	11.1	
$x_i,2$	12.3	11.1	12.5	12.4	12.3	13.0	12.0	10.5	9.6	11.0	
$x_i,3$	12.3	11.2	13.0	12.4	12.2	12.6	12.1	11.3	9.7	10.9	
X_i	12.3	11.1	12.6	12.4	12.4	12.8	12.0	10.9	9.6	11.0	
S_i	0.03	0.10	0.32	0.06	0.21	0.21	0.06	0.44	0.06	0.13	
$u(x_i)$	1.20	0.85	1.10	0.80	0.99	0.91	1.21	0.90	0.39	0.89	
$U(x_i)$	2.40	1.70	2.20	1.60	1.98	1.82	2.42	1.80	0.79	1.78	

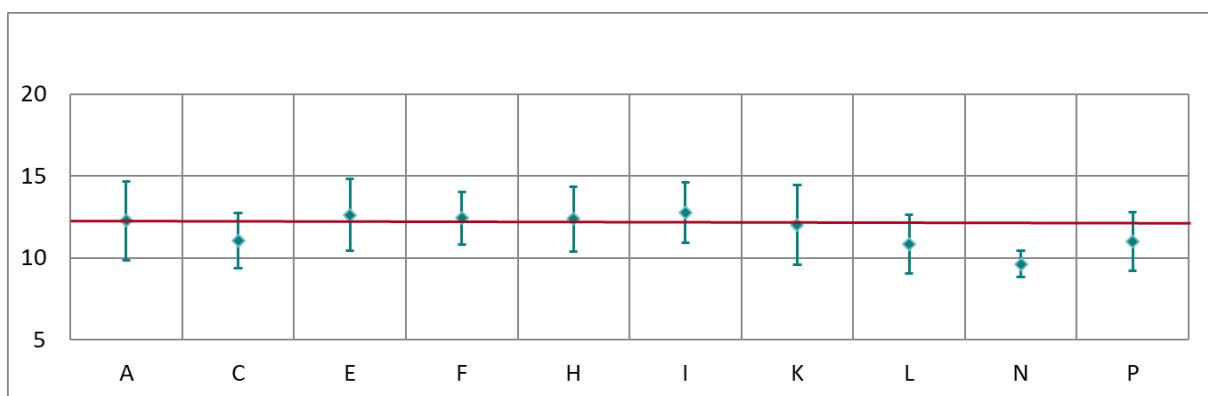
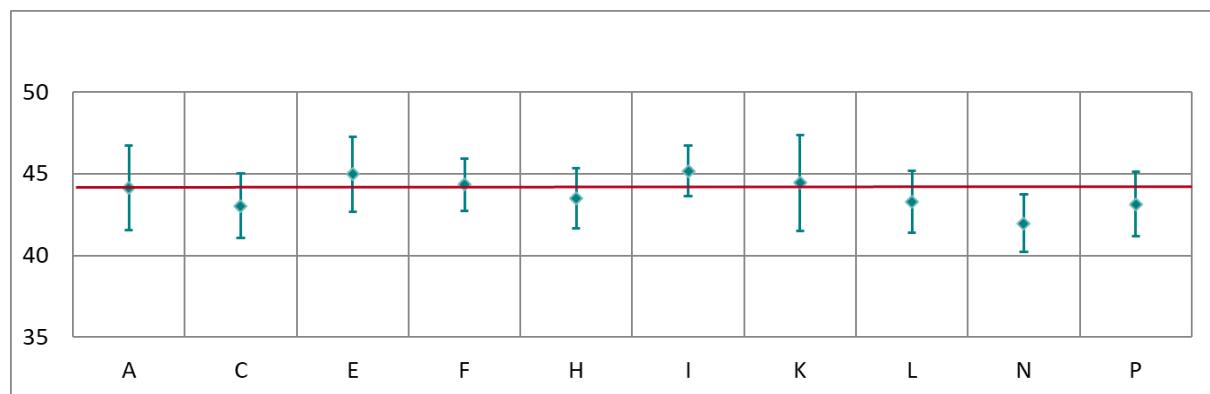


Abbildung 87: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 66: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 5 $x^* = 43,8$ $s^* = 1,17$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	44.2	43.0	45.1	44.4	43.7	45.2	44.4	43.4	42.0	43.4
$x_{i,2}$	44.3	43.1	44.7	44.3	43.4	45.2	44.5	43.1	41.9	43.1
$x_{i,3}$	44.0	43.0	45.1	44.3	43.4	45.1	44.4	43.3	42.0	43.0
X_i	44.2	43.0	45.0	44.3	43.5	45.2	44.4	43.3	42.0	43.1
S_i	0.13	0.09	0.23	0.06	0.17	0.06	0.06	0.16	0.06	0.23
$u(x_i)$	1.29	0.98	1.14	0.80	0.91	0.77	1.47	0.94	0.87	0.99
$U(x_i)$	2.58	1.96	2.28	1.60	1.82	1.54	2.93	1.89	1.75	1.98

Abbildung 88: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 5 (in nmol/mol).Tabelle 67: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 6 $x^* = 182,8$ $s^* = 2,58$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	182.3	180.4	185.0	183.0	180.1	186.8	184.0	183.3	181.1	181.0
$x_{i,2}$	182.5	180.5	185.2	183.0	179.9	186.8	184.0	183.5	181.3	181.0
$x_{i,3}$	182.5	180.7	185.2	183.1	179.6	186.6	184.1	183.3	181.2	181.0
X_i	182.4	180.6	185.1	183.0	179.9	186.7	184.0	183.4	181.2	181.0
S_i	0.10	0.12	0.12	0.06	0.25	0.12	0.06	0.10	0.10	0.00
$u(x_i)$	2.73	3.20	2.25	2.22	3.12	3.11	4.23	4.00	3.53	3.01
$U(x_i)$	5.46	6.41	4.50	4.44	6.24	6.22	8.46	8.01	7.06	6.02

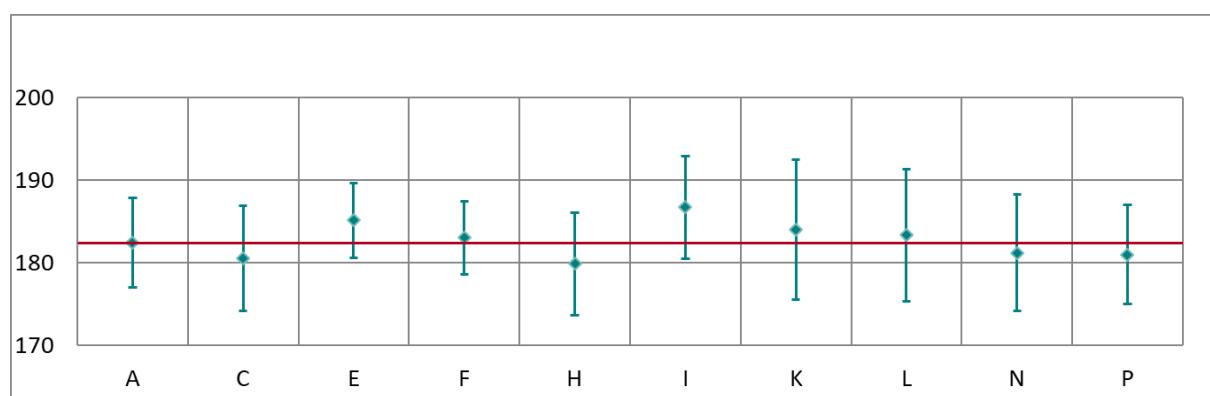
Abbildung 89: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 68: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 7

$x^* = 10,7$

$s^* = 0,62$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	11.2	10.6	11.3	11.1	11.0	11.0	11.0	10.1	9.4	10.0
$x_{i,2}$	11.3	10.7	11.2	11.1	11.2	10.8	11.1	10.3	9.4	10.0
$x_{i,3}$	11.1	10.6	11.3	11.0	11.1	10.9	11.0	10.3	9.3	10.1
X_i	11.2	10.7	11.3	11.1	11.1	10.9	11.0	10.2	9.4	10.0
S_i	0.10	0.06	0.06	0.06	0.10	0.10	0.06	0.14	0.06	0.06
$u(x_i)$	0.80	0.80	1.13	0.80	0.80	0.95	0.97	0.90	0.35	0.80
$U(x_i)$	1.61	1.61	2.26	1.60	1.60	1.90	1.94	1.80	0.71	1.60

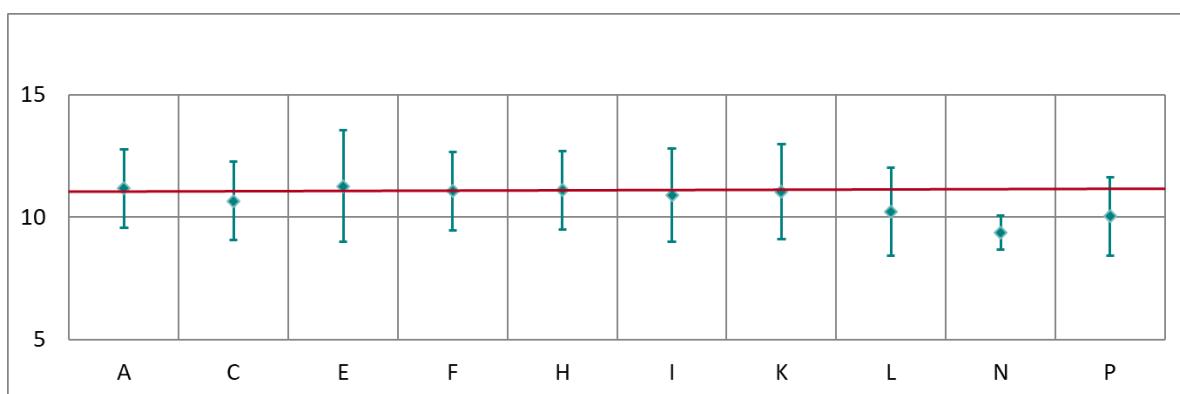


Abbildung 90: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 69: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 8

$x^* = 102,5$

$s^* = 1,31$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	102.5	101.8	103.7	102.8	101.1	104.3	103.5	103.0	101.3	101.2
$x_{i,2}$	102.6	101.9	103.5	102.8	101.1	104.5	103.4	102.8	101.4	101.3
$x_{i,3}$	102.5	101.8	103.2	102.7	101.4	104.4	103.5	103.2	101.3	101.5
X_i	102.5	101.8	103.5	102.8	101.2	104.4	103.5	103.0	101.3	101.3
S_i	0.04	0.05	0.25	0.06	0.17	0.10	0.06	0.16	0.06	0.16
$u(x_i)$	1.38	1.83	1.41	1.29	1.37	1.68	2.48	2.25	1.99	1.90
$U(x_i)$	2.76	3.66	2.82	2.58	2.74	3.35	4.97	4.50	3.98	3.80

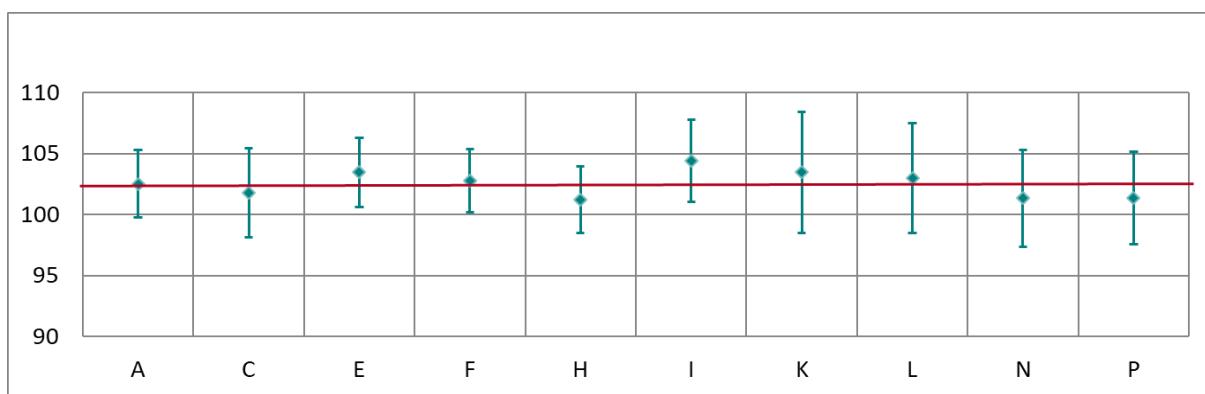
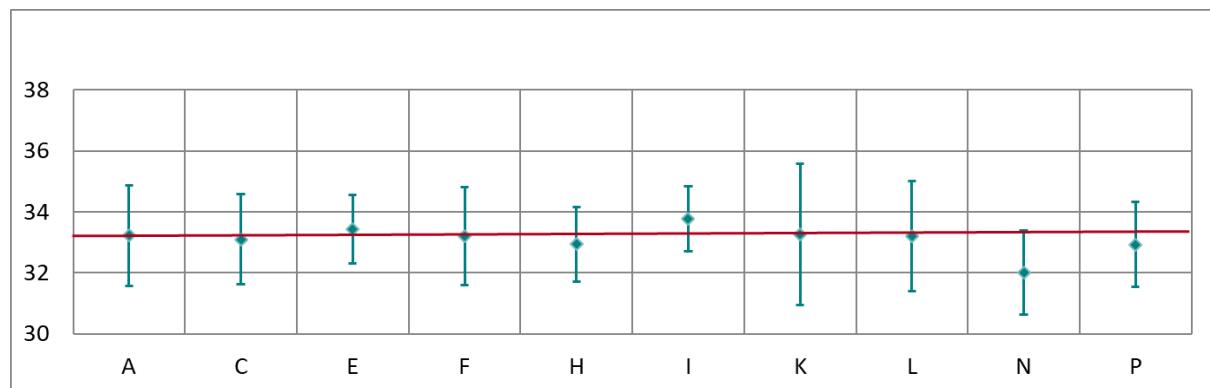


Abbildung 91: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 70: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 9 $x^* = 33,2$ $s^* = 0,34$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	33.3	33.2	33.5	33.3	33.0	33.8	33.4	33.2	32.1	33.0
$x_{i,2}$	33.2	33.1	33.4	33.1	32.9	33.7	33.3	33.2	32.0	32.9
$x_{i,3}$	33.2	33.1	33.4	33.2	32.9	33.8	33.1	33.1	31.9	32.9
X_i ,	33.2	33.1	33.4	33.2	32.9	33.8	33.3	33.2	32.0	32.9
S_i ,	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0
$u(x_i)$	0.82	0.74	0.56	0.80	0.61	0.53	1.16	0.90	0.69	0.70
$U(x_i)$	1.65	1.49	1.12	1.60	1.22	1.07	2.32	1.80	1.38	1.40

Abbildung 92: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 9 (in nmol/mol).Tabelle 71: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 10 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 10 $x^* = 151,9$ $s^* = 1,89$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	151.5	150.4	153.1	152.2	149.7	154.4	153.2	152.4	150.5	149.9
$x_{i,2}$	151.8	150.8	153.4	152.4	150.0	154.4	153.3	152.3	151.0	150.0
$x_{i,3}$	151.7	150.8	153.7	152.6	149.9	154.8	153.4	152.4	150.8	150.1
X_i ,	151.7	150.7	153.4	152.4	149.9	154.5	153.3	152.4	150.8	150.0
S_i ,	0.12	0.23	0.30	0.20	0.15	0.23	0.10	0.09	0.25	0.10
$u(x_i)$	2.20	2.69	1.94	1.87	2.78	2.45	3.56	3.33	2.94	2.60
$U(x_i)$	4.40	5.37	3.88	3.74	5.56	4.89	7.11	6.67	5.88	5.20

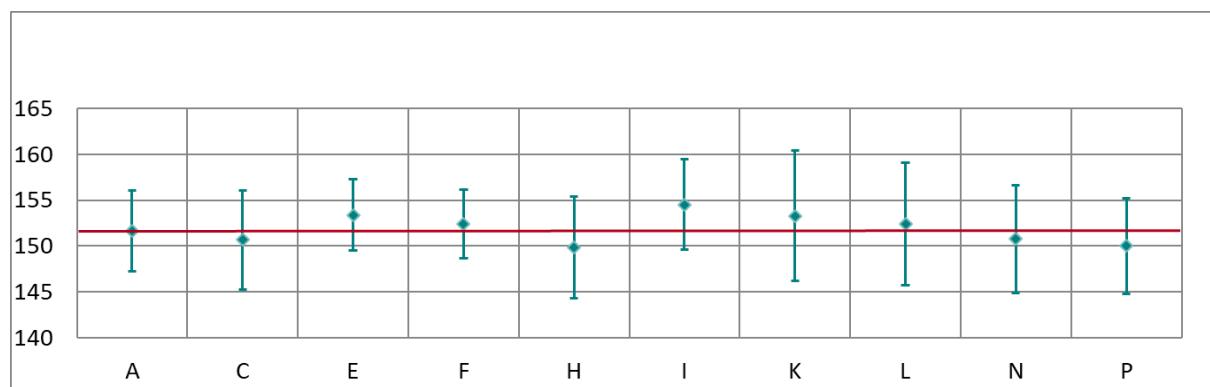
Abbildung 93: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 72: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 11 $x^* = 21,2$ $s^* = 0,34$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	21.4	21.2	21.5	21.3	21.1	21.4	21.2	21.1	20.1	20.7
$x_{i,2}$	21.2	21.1	21.7	21.3	21.3	21.5	21.1	21.1	20.0	20.7
$x_{i,3}$	21.1	21.1	21.5	21.3	21.1	21.5	21.2	21.3	19.9	20.8
X_i	21.2	21.2	21.6	21.3	21.2	21.5	21.2	21.2	20.0	20.7
S_i	0.14	0.06	0.12	0.00	0.12	0.06	0.06	0.13	0.10	0.06
$u(x_i)$	0.81	0.86	0.90	0.80	0.80	0.34	1.02	0.90	0.49	0.76
$U(x_i)$	1.61	1.72	1.80	1.60	1.60	0.68	2.03	1.80	0.98	1.52

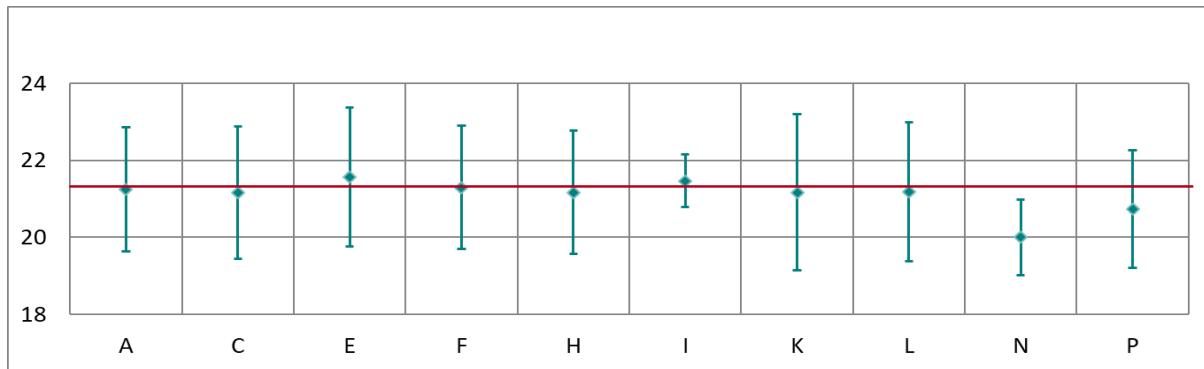


Abbildung 94: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 73: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 12 $x^* = 21,8$ $s^* = 0,87$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	22.0	21.4	22.8	22.2	22.3	21.9	22.3	21.4	20.1	20.9
$x_{i,2}$	22.2	21.4	23.1	22.4	22.2	22.1	22.4	21.3	20.2	21.0
$x_{i,3}$	22.1	21.5	22.8	22.4	22.1	22.0	22.4	21.7	20.2	21.0
X_i	22.1	21.4	22.9	22.3	22.2	22.0	22.4	21.5	20.2	21.0
S_i	0.08	0.07	0.17	0.12	0.10	0.10	0.06	0.18	0.06	0.06
$u(x_i)$	0.94	0.88	1.08	0.80	0.85	0.35	1.14	0.90	0.54	0.79
$U(x_i)$	1.88	1.75	2.16	1.60	1.70	0.70	2.28	1.80	1.07	1.58

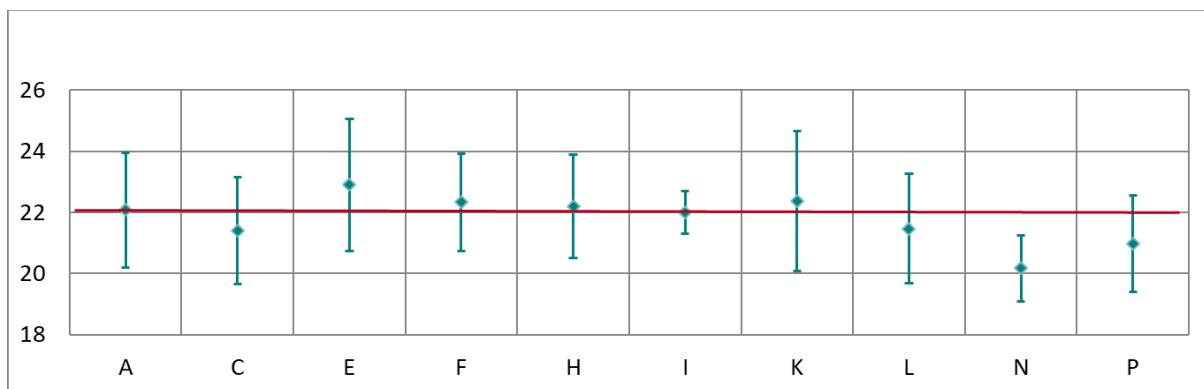
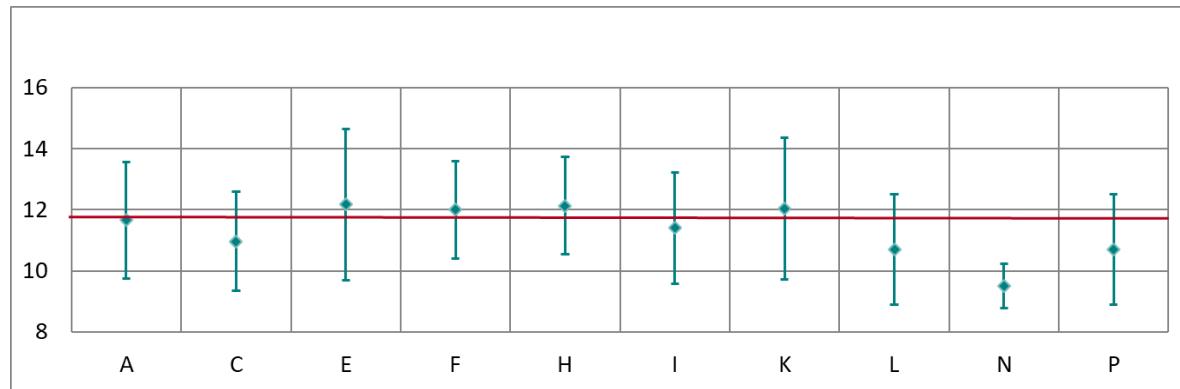


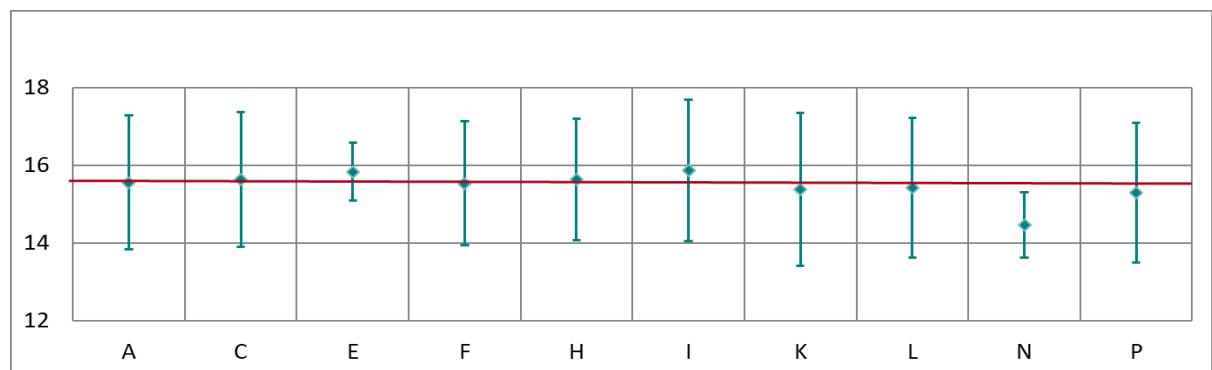
Abbildung 95: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 74: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 13		$x^* = 11,3$ $s^* = 0,89$									
		Teilnehmer:innen									
		A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$		11.7	10.9	12.0	12.0	12.0	11.4	11.9	9.8	9.5	10.6
$x_{i,2}$		11.6	11.0	12.6	12.0	12.1	11.4	12.0	10.9	9.5	10.7
$x_{i,3}$		11.7	11.0	11.9	12.0	12.3	11.4	12.2	11.4	9.5	10.8
X_i ,		11.7	11.0	12.2	12.0	12.1	11.4	12.0	10.7	9.5	10.7
S_i ,		0.00	-0.69	0.51	0.34	0.47	-0.26	0.37	-0.96	-2.16	-0.96
$u(x_i)$		0.96	0.81	1.24	0.80	0.80	0.91	1.16	0.90	0.37	0.90
$U(x_i)$		1.91	1.61	2.48	1.60	1.60	1.82	2.32	1.80	0.73	1.80

Abbildung 96: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 13 (in nmol/mol).Tabelle 75: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 14		$x^* = 15,5$ $s^* = 0,27$									
		Teilnehmer:innen									
		A	C	E	F	H	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$		15.6	15.8	15.8	15.6	15.7	15.9	15.3	15.5	14.5	15.2
$x_{i,2}$		15.5	15.6	15.8	15.6	15.6	15.9	15.3	15.5	14.5	15.3
$x_{i,3}$		15.6	15.4	15.9	15.4	15.6	15.8	15.5	15.3	14.4	15.4
X_i ,		15.6	15.6	15.8	15.5	15.6	15.9	15.4	15.4	14.5	15.3
S_i ,		0.06	0.18	0.06	0.12	0.06	0.06	0.12	0.08	0.06	0.10
$u(x_i)$		0.87	0.87	0.37	0.80	0.78	0.91	0.98	0.90	0.42	0.90
$U(x_i)$		1.73	1.74	0.74	1.60	1.56	1.82	1.97	1.80	0.84	1.80

Abbildung 97: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 14 (in nmol/mol).

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 13.–17.11.2023

Ergebnisse für CO

Tabelle 76: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO Durchgang 0 $x^* = 0,00$ $s^* = 0,000$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00
$x_i,2$	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00
$X_i,$	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00
$S_i,$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.030	0.020	0.016	0.250	0.002	0.050
$U(x_i)$	0.059	0.040	0.031	0.500	0.003	0.100

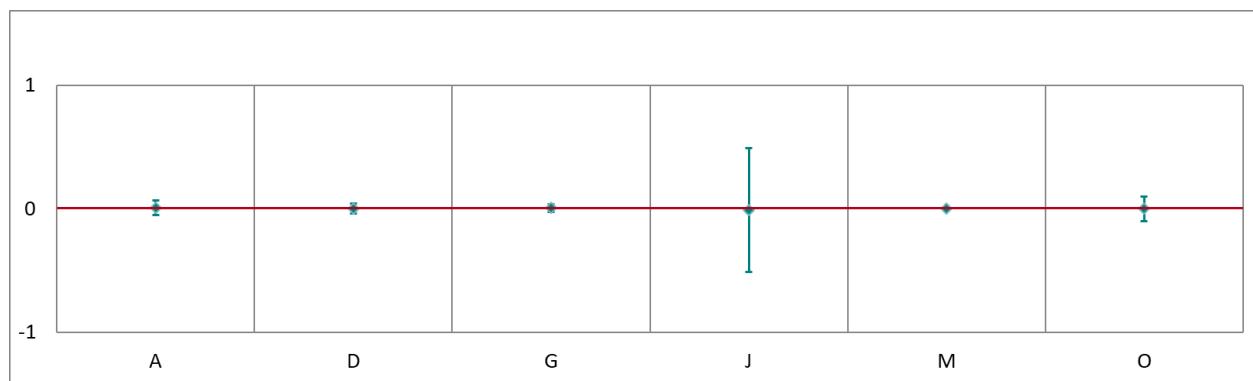


Abbildung 98: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang bei Nullgas (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 77: Ergebnisse für CO bei Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 1 $x^* = 4,12$ $s^* = 0,061$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	4.15	4.11	4.16	4.05	4.08	4.19
$x_i,2$	4.16	4.11	4.17	4.06	4.09	4.19
$x_i,3$	4.16	4.12	4.17	4.06	4.09	4.19
$X_i,$	4.16	4.11	4.17	4.06	4.09	4.19
$S_i,$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
$u(x_i)$	0.067	0.049	0.101	0.250	0.041	0.066
$U(x_i)$	0.133	0.098	0.203	0.500	0.082	0.132

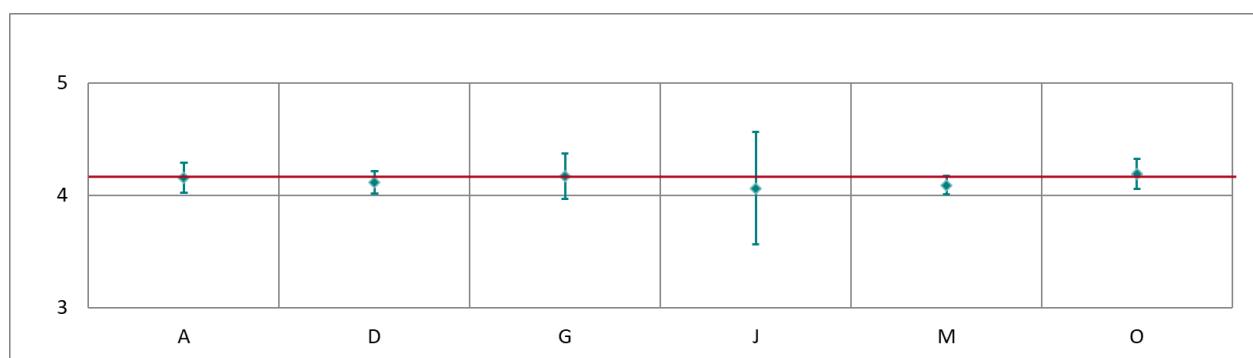
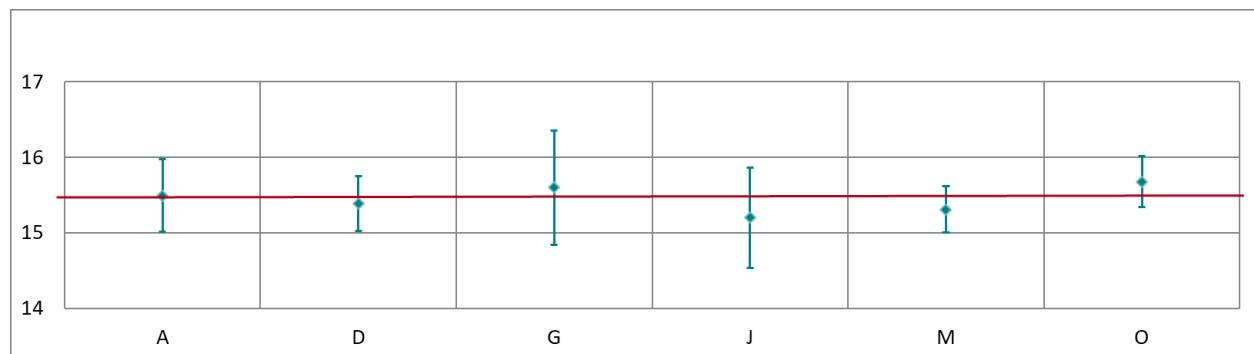


Abbildung 99: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 78: Ergebnisse für CO bei Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 2 $x^* = 15,43$ $s^* = 0,226$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	15.49	15.37	15.58	15.18	15.29	15.65
$x_i,2$	15.49	15.39	15.60	15.19	15.31	15.68
$x_i,3$	15.50	15.41	15.62	15.21	15.33	15.69
X_i	15.49	15.39	15.60	15.20	15.31	15.67
S_i	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
$u(x_i)$	0.242	0.181	0.379	0.331	0.153	0.169
$U(x_i)$	0.483	0.362	0.758	0.663	0.307	0.338

Abbildung 100: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 79: Ergebnisse für CO bei Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 3 $x^* = 10,35$ $s^* = 0,152$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	10.37	10.32	10.45	10.19	10.26	10.51
$x_i,2$	10.39	10.33	10.46	10.20	10.27	10.52
$x_i,3$	10.38	10.34	10.46	10.21	10.27	10.53
X_i	10.38	10.33	10.46	10.20	10.27	10.52
S_i	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
$u(x_i)$	0.169	0.122	0.254	0.250	0.103	0.122
$U(x_i)$	0.338	0.244	0.508	0.500	0.206	0.244

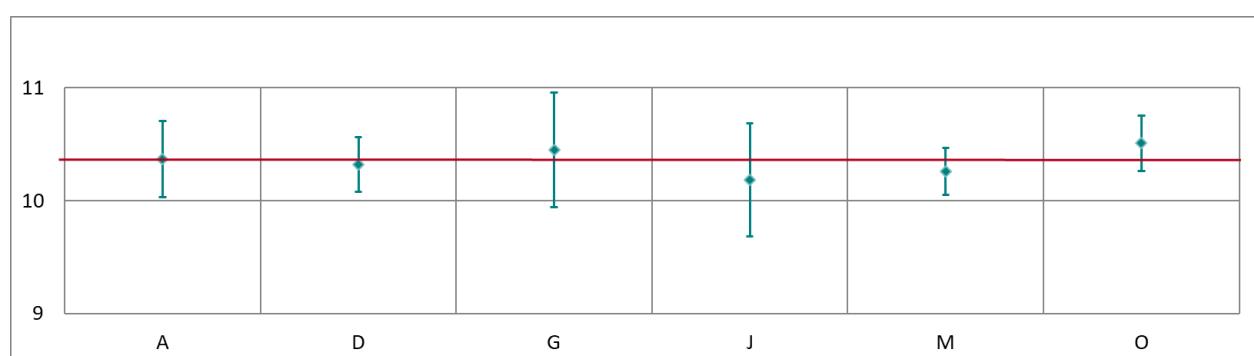
Abbildung 101: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 80: Ergebnisse für CO bei Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 4

$x^* = 10,38$

$s^* = 0,150$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	10.39	10.35	10.47	10.23	10.29	10.55
$x_i,2$	10.38	10.36	10.47	10.23	10.29	10.56
$x_i,3$	10.39	10.37	10.47	10.24	10.30	10.56
X_i	10.39	10.36	10.47	10.23	10.29	10.56
S_i	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
$u(x_i)$	0.161	0.122	0.254	0.250	0.103	0.122
$U(x_i)$	0.322	0.244	0.509	0.500	0.206	0.244

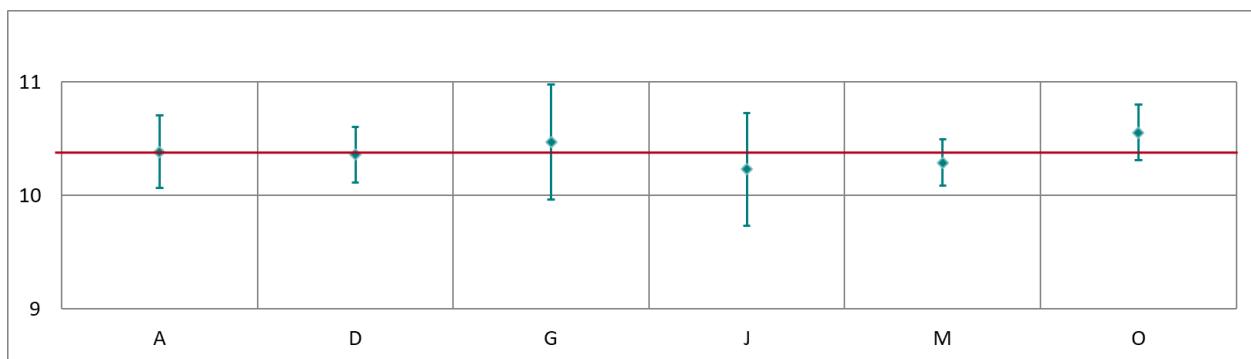


Abbildung 102: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 81: Ergebnisse für CO bei Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 5

$x^* = 18,71$

$s^* = 0,266$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	18.66	18.65	18.84	18.42	18.53	19.00
$x_i,2$	18.67	18.67	18.85	18.45	18.55	19.03
$x_i,3$	18.69	18.69	18.86	18.46	18.56	19.05
X_i	18.67	18.67	18.85	18.44	18.55	19.03
S_i	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
$u(x_i)$	0.284	0.219	0.458	0.402	0.186	0.198
$U(x_i)$	0.568	0.438	0.916	0.804	0.371	0.396

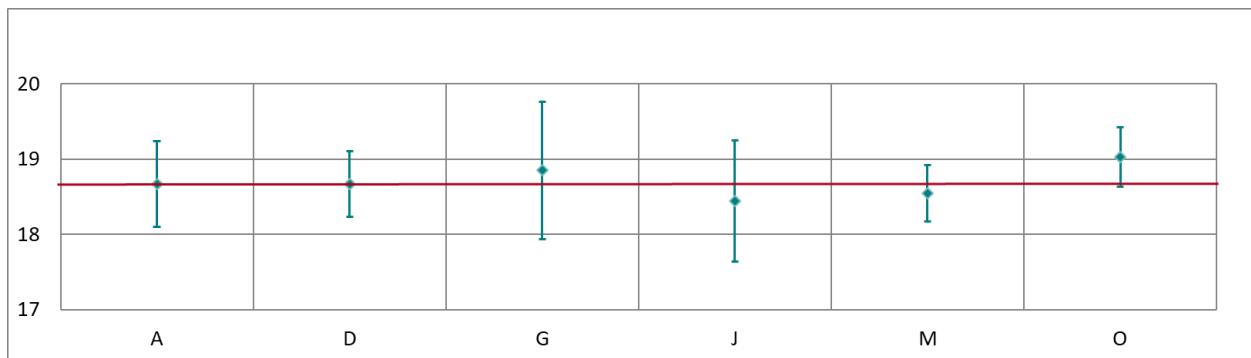
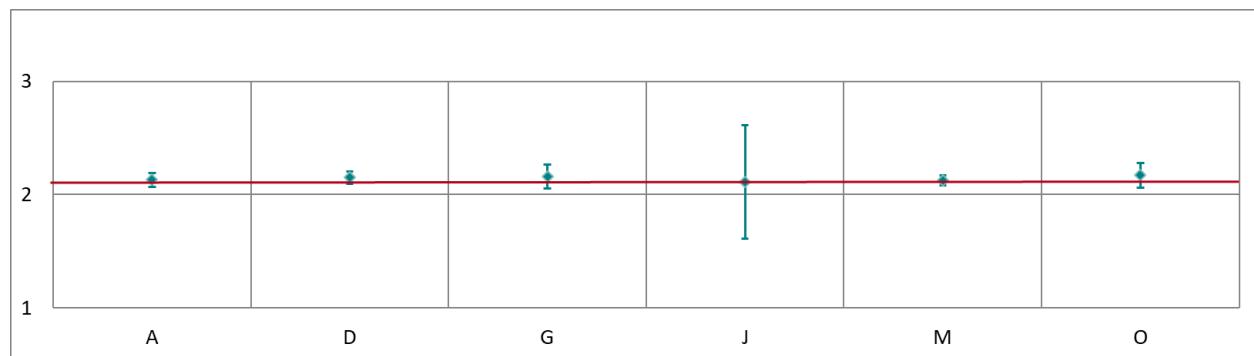


Abbildung 103: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 82: Ergebnisse für CO bei Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 6 $x^* = 2,14$ $s^* = 0,028$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	2.13	2.15	2.16	2.11	2.13	2.17
$x_i,2$	2.13	2.15	2.16	2.11	2.12	2.17
$x_i,3$	2.13	2.15	2.16	2.11	2.13	2.17
X_i	2.13	2.15	2.16	2.11	2.13	2.17
S_i	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.031	0.027	0.053	0.250	0.021	0.056
$U(x_i)$	0.063	0.054	0.105	0.500	0.043	0.112

Abbildung 104: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 83: Ergebnisse für CO bei Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 7 $x^* = 6,29$ $s^* = 0,086$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	6.26	6.29	6.33	6.21	6.24	6.40
$x_i,2$	6.26	6.29	6.33	6.21	6.24	6.40
$x_i,3$	6.26	6.30	6.33	6.21	6.25	6.40
X_i	6.26	6.29	6.33	6.21	6.24	6.40
S_i	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.087	0.074	0.154	0.250	0.062	0.080
$U(x_i)$	0.173	0.148	0.308	0.500	0.125	0.160

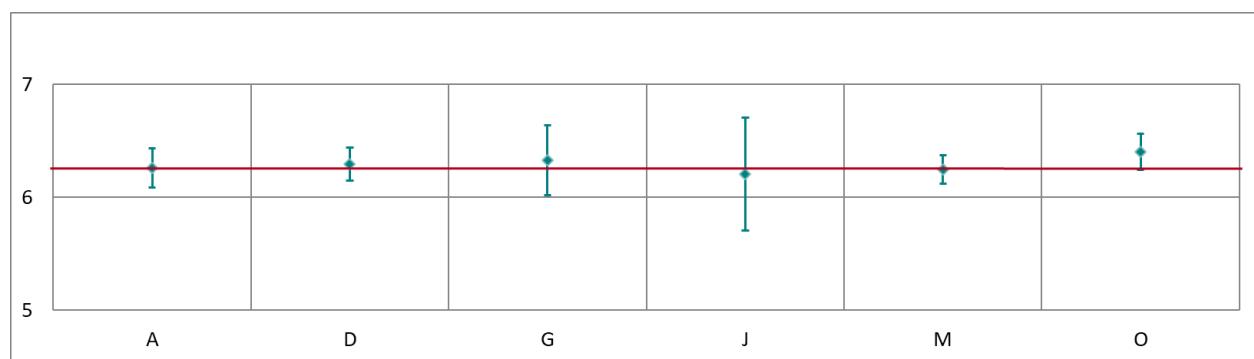
Abbildung 105: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 84: Ergebnisse für CO bei Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 8

$x^* = 12,55$

$s^* = 0,172$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	12.49	12.54	12.61	12.38	12.45	12.45
$x_i,2$	12.50	12.54	12.60	12.39	12.45	12.45
$x_i,3$	12.49	12.55	12.60	12.40	12.46	12.46
X_i	12.49	12.54	12.61	12.39	12.45	12.45
S_i	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.168	0.147	0.306	0.270	0.125	0.125
$U(x_i)$	0.337	0.294	0.612	0.540	0.249	0.249

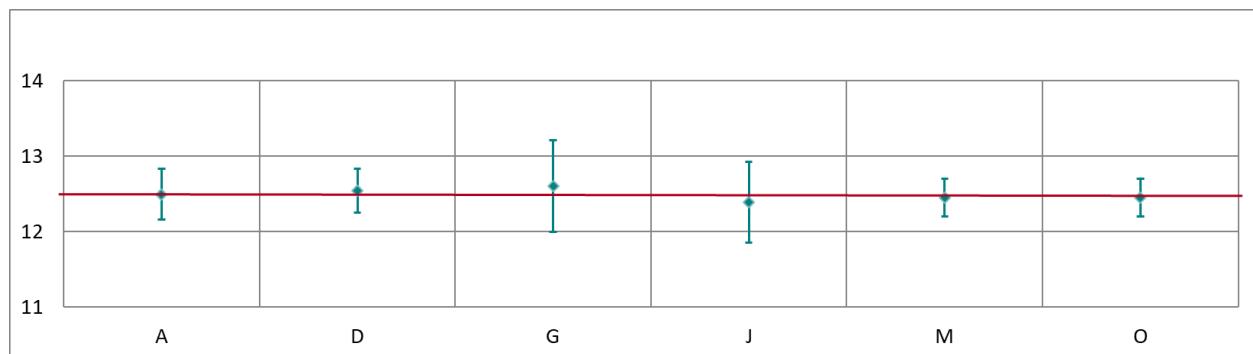


Abbildung 106: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 85: Ergebnisse für CO bei Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 9

$x^* = 8,39$

$s^* = 0,116$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i,1$	8.34	8.39	8.42	8.28	8.32	8.55
$x_i,2$	8.34	8.39	8.41	8.28	8.32	8.55
$x_i,3$	8.34	8.39	8.41	8.28	8.32	8.55
X_i	8.34	8.39	8.41	8.28	8.32	8.55
S_i	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.109	0.099	0.204	0.250	0.083	0.100
$U(x_i)$	0.217	0.198	0.409	0.500	0.167	0.200

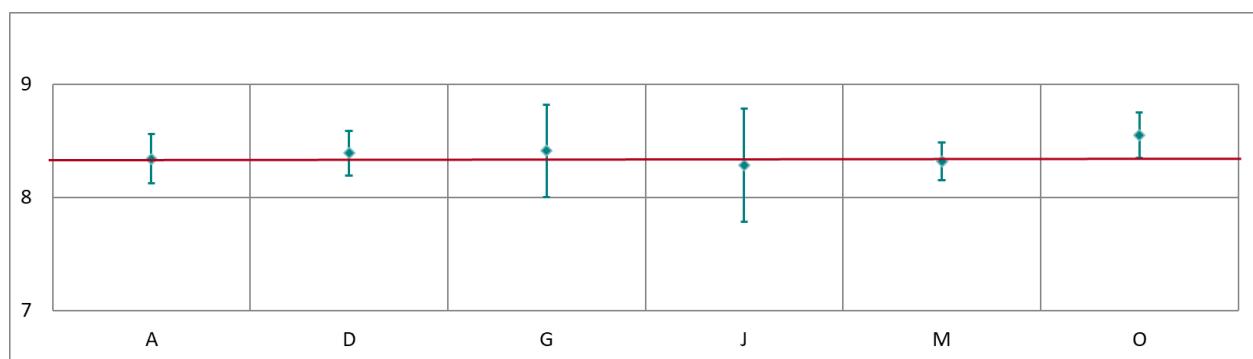


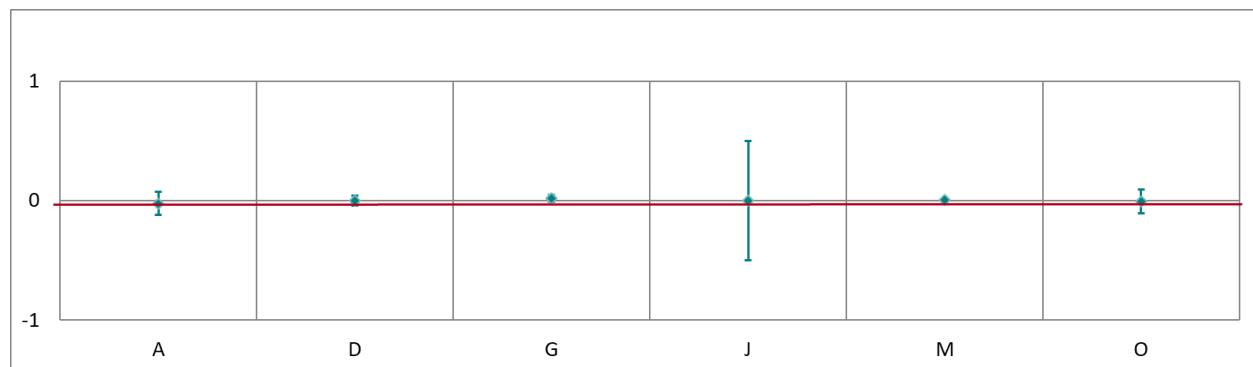
Abbildung 107: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 86: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas NG2) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 0 (Nullgas NG2)

 $x^* = 0,00$ $s^* = 0,000$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	G	J	M	O
$x_i, 1$	-0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	-0.01
$x_i, 2$	-0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	-0.01
$X_i,$	-0.03	0.00	0.02	0.00	0.01	-0.01
$S_i,$	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$u(x_i)$	0.047	0.020	0.015	0.250	0.004	0.050
$U(x_i)$	0.095	0.040	0.030	0.500	0.008	0.100

Abbildung 108: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang bei Nullgas (NG2) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Ergebnisse für SO_2

Tabelle 87: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 0 (Nullgas)

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	0.0	0.0	0.1
$x_i, 2$	0.0	0.0	0.1
$X_i,$	0.0	0.0	0.1
$S_i,$	0.0	0.0	0.0
$u(x_i)$	0.17	0.40	0.15
$U(x_i)$	0.35	0.80	0.30

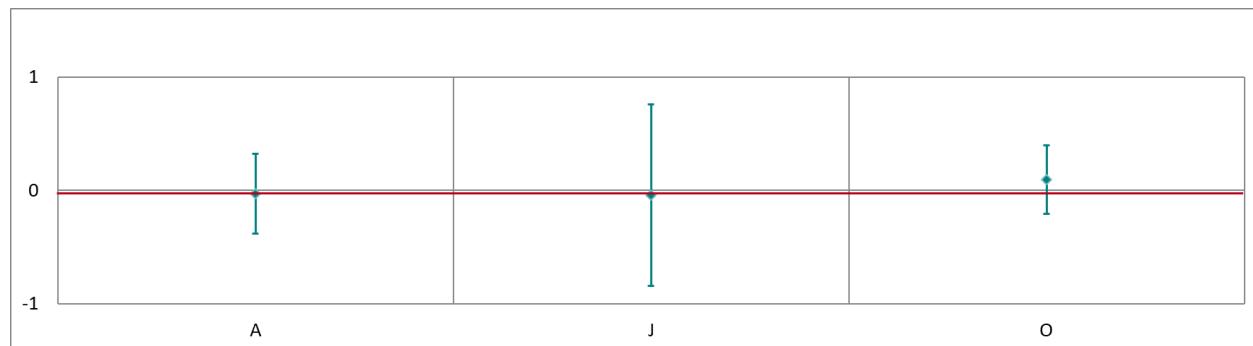
Abbildung 109: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 88: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 1

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	16.7	17.1	15.3
$x_i, 2$	16.6	17.1	15.2
$x_i, 3$	16.6	17.1	15.1
$X_i,$	16.6	17.1	15.2
$S_i,$	0.1	0.0	0.1
$u(x_i)$	0.88	0.40	0.18
$U(x_i)$	1.77	0.80	0.36

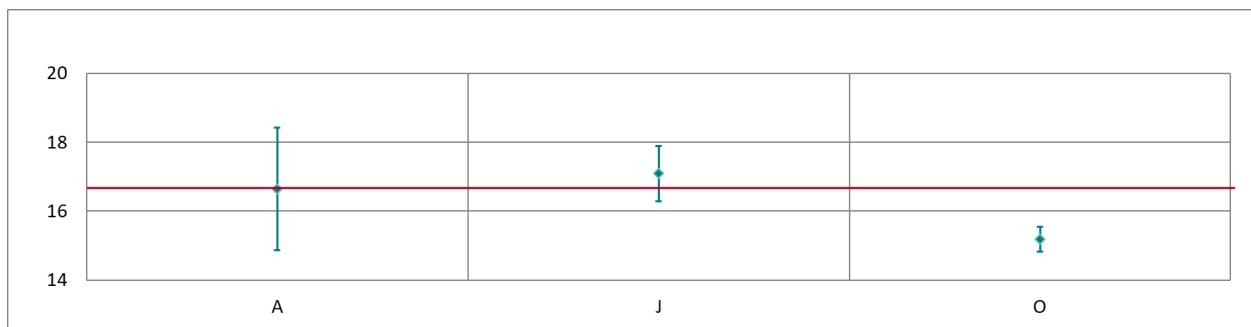


Abbildung 110: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 89: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 2

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	110.3	118.5	105.5
$x_i, 2$	110.5	118.6	105.7
$x_i, 3$	110.6	118.8	105.6
$X_i,$	110.5	118.6	105.6
$S_i,$	0.2	0.2	0.1
$u(x_i)$	2.85	1.99	1.71
$U(x_i)$	5.70	3.99	3.42

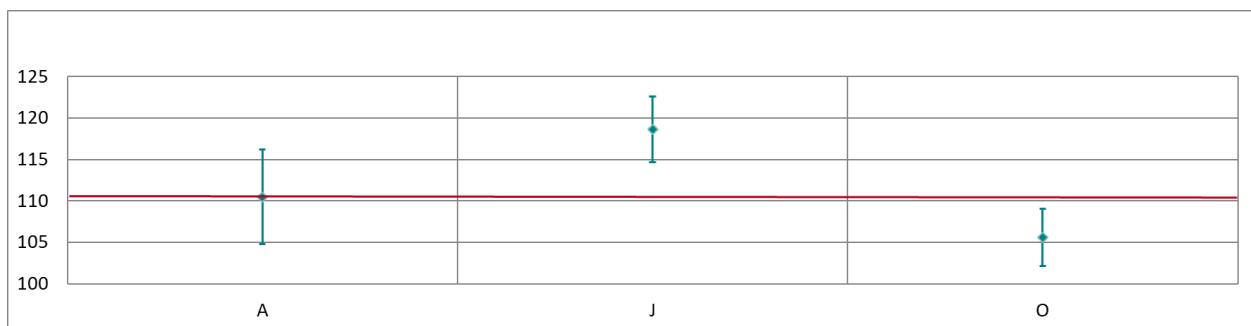
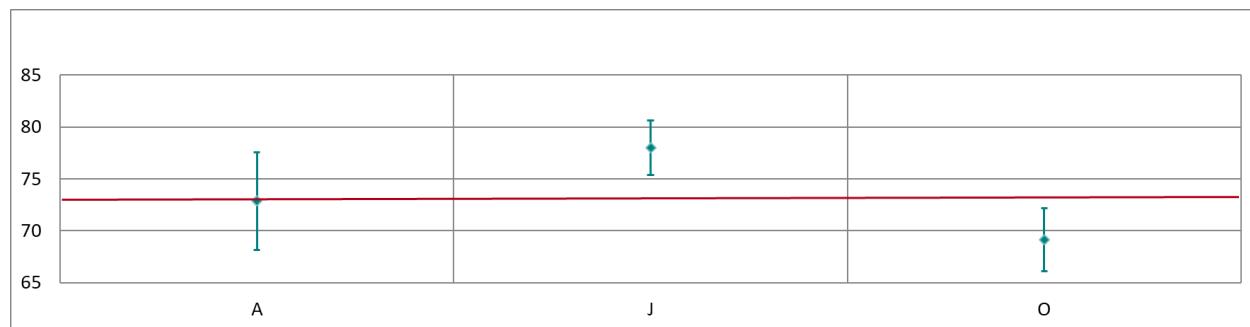


Abbildung 111: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 90: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 3 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 3

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i,1$	72.9	78.0	69.1
$x_i,2$	72.8	78.1	69.1
$x_i,3$	72.8	78.0	69.2
X_i	72.9	78.0	69.1
S_i	0.0	0.1	0.1
$u(x_i)$	2.34	1.31	1.52
$U(x_i)$	4.69	2.62	3.04

Abbildung 112: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 3 (in nmol/mol).Tabelle 91: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 5

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i,1$	149.4	160.7	143.9
$x_i,2$	149.6	161.0	143.9
$x_i,3$	149.6	161.0	144.0
X_i	149.5	160.9	143.9
S_i	0.1	0.2	0.1
$u(x_i)$	3.32	2.70	1.98
$U(x_i)$	6.63	5.41	3.96

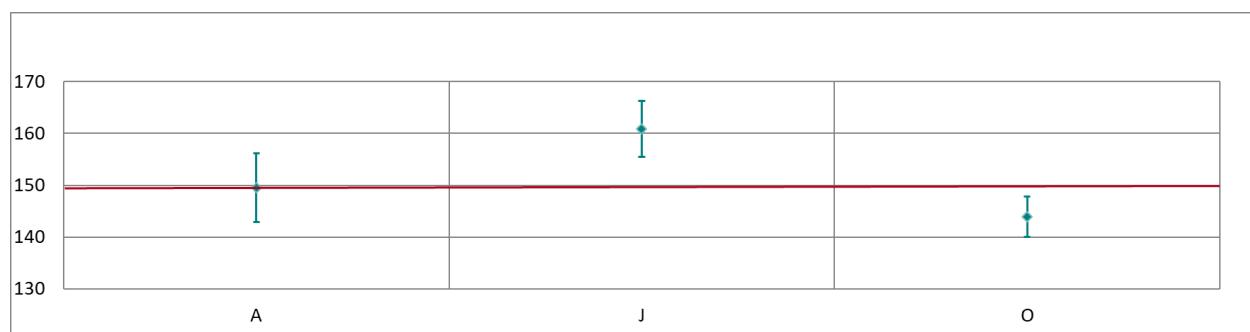
Abbildung 113: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 92: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 6

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	8.4	8.5	7.8
$x_i, 2$	8.3	8.4	7.7
$x_i, 3$	8.3	8.4	7.6
$X_i,$	8.3	8.4	7.7
$S_i,$	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	0.57	0.40	0.19
$U(x_i)$	1.14	0.80	0.38

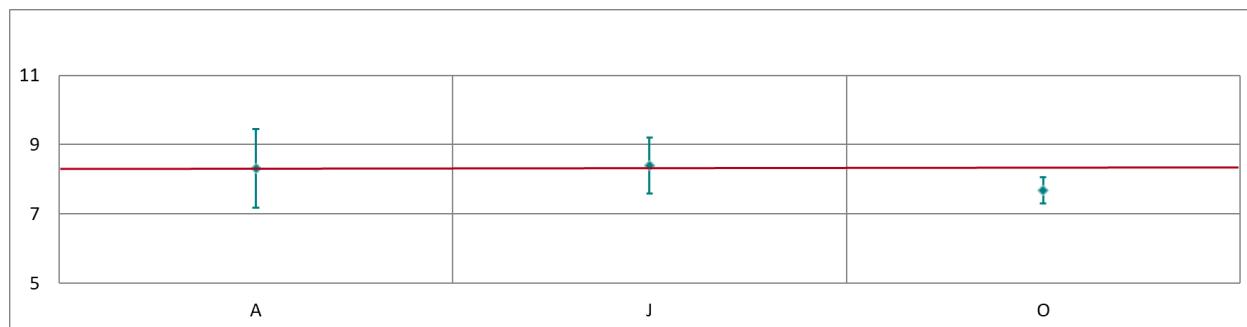


Abbildung 114: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 93: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 7

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	34.7	37.1	32.5
$x_i, 2$	34.8	37.2	32.5
$x_i, 3$	34.7	37.1	32.4
$X_i,$	34.7	37.1	32.4
$S_i,$	0.0	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.54	0.62	1.36
$U(x_i)$	3.08	1.25	2.72

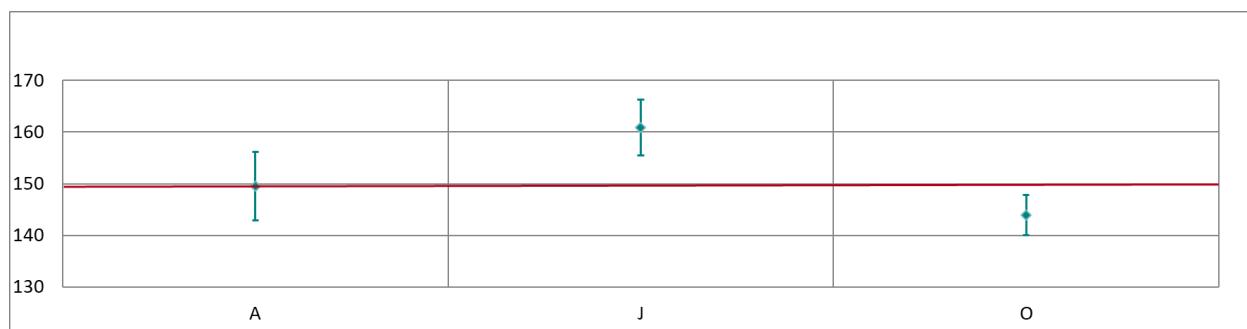


Abbildung 115: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 94: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 8 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 8

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	91.3	98.5	87.0
$x_i, 2$	91.5	98.2	87.1
$x_i, 3$	91.3	98.1	87.1
X_i	91.3	98.3	87.1
S_i	0.1	0.2	0.1
$u(x_i)$	2.55	1.65	1.61
$U(x_i)$	5.09	3.30	3.22

Abbildung 116: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 8 (in nmol/mol).Tabelle 95: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: SO_2 , Durchgang 9

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	53.4	57.1	50.5
$x_i, 2$	53.2	57.0	50.4
$x_i, 3$	53.3	56.9	50.3
X_i	53.3	57.0	50.4
S_i	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.70	0.96	1.42
$U(x_i)$	3.41	1.92	2.84

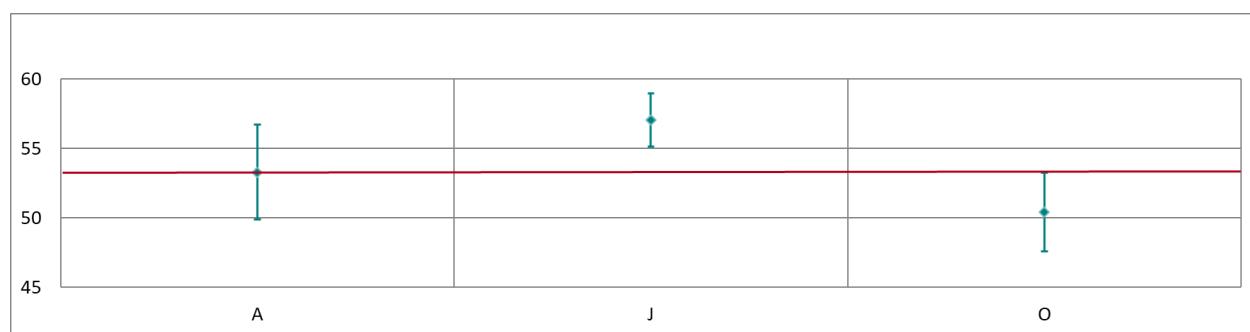
Abbildung 117: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 96: Ergebnisse für SO_2 bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: SO_2 , Durchgang 0

	Teilnehmer:innen		
	A	J	O
$x_i, 1$	0.1	0.1	0.2
$x_i, 2$	0.0	0.1	0.0
$X_i,$	0.1	0.1	0.1
$S_i,$	0.0	0.0	0.1
$u(x_i)$	0.27	0.40	0.17
$U(x_i)$	0.53	0.80	0.34

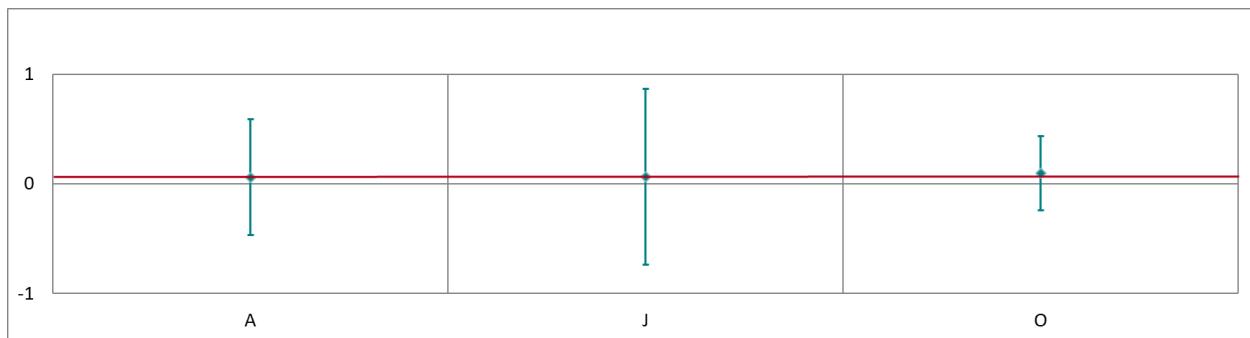


Abbildung 118: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO_2 -Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 97: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,10$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i, 1$	0.2	0.0	0.2	0.1	0.1
$x_i, 2$	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1
X_i	0.2	0.0	0.1	0.2	0.1
$S_i,$	0.01	0.00	0.06	0.07	0.02
$u(x_i)$	0.47	0.40	0.41	0.50	0.15
$U(x_i)$	0.93	0.80	0.81	1.00	0.30

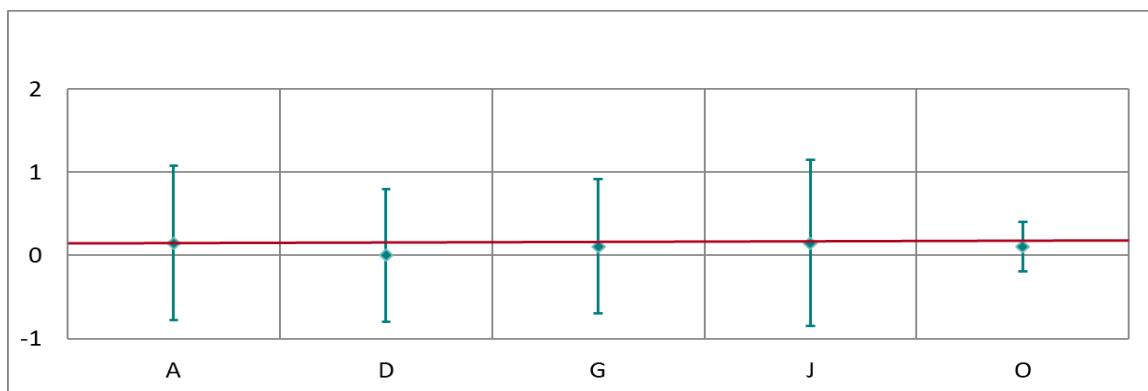


Abbildung 119: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 98: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1

 $x^* = 469,5$ $s^* = 2,36$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	465.3	467.6	471.7	469.1	468.8
$x_i,2$	464.8	467.6	473.0	469.5	469.0
$x_i,3$	464.0	467.0	472.4	469.4	469.0
X_i ,	464.7	467.4	472.4	469.3	468.9
S_i ,	0.7	0.3	0.6	0.2	0.1
$u(x_i)$	5.86	5.24	5.20	7.42	5.87
$U(x_i)$	11.71	10.48	10.41	14.54	11.73

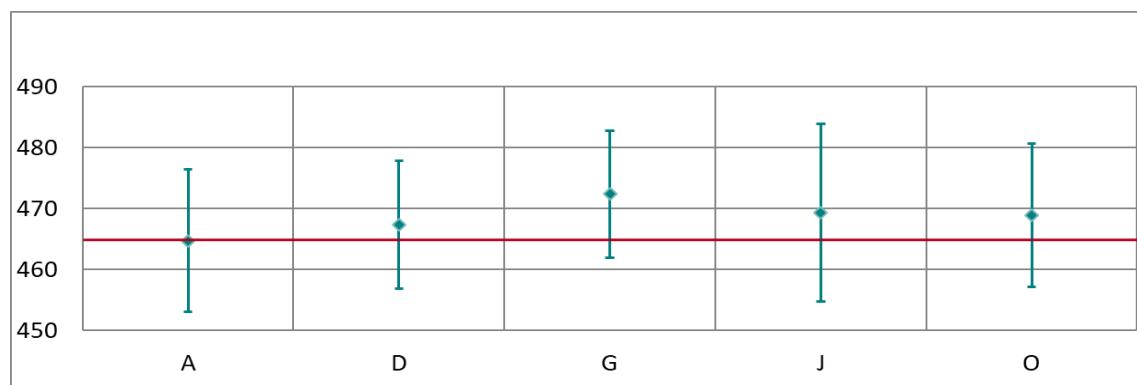


Abbildung 120: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 99: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2

 $x^* = 416,5$ $s^* = 2,52$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	411.8	414.0	419.0	416.6	416.3
$x_i,2$	411.9	413.7	419.2	416.8	416.2
$x_i,3$	411.7	413.4	419.0	417.4	416.0
X_i ,	411.8	413.7	419.1	416.9	416.1
S_i ,	0.11	0.30	0.10	0.42	0.14
$u(x_i)$	5.27	4.64	4.63	6.59	5.21
$U(x_i)$	10.53	9.28	9.27	12.92	10.41

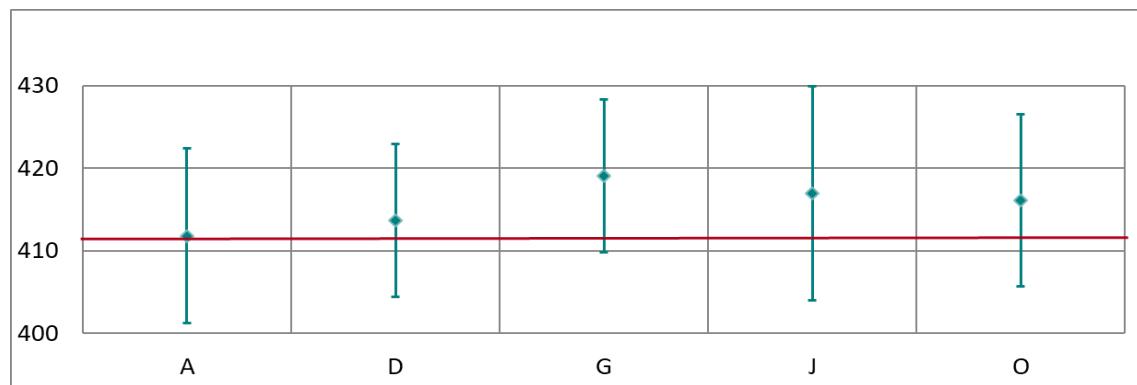


Abbildung 121: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 100: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 356,0$ $s^* = 3,06$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	353.2	352.8	358.5	357.7	355.9
$x_i,2$	353.7	352.4	358.4	357.8	355.7
$x_i,3$	353.8	351.9	358.0	357.9	355.5
$X_i,$	353.6	352.4	358.3	357.8	355.7
$S_i,$	0.33	0.45	0.25	0.10	0.20
$u(x_i)$	4.45	3.95	3.94	5.65	4.46
$U(x_i)$	8.91	7.90	7.88	11.07	8.92

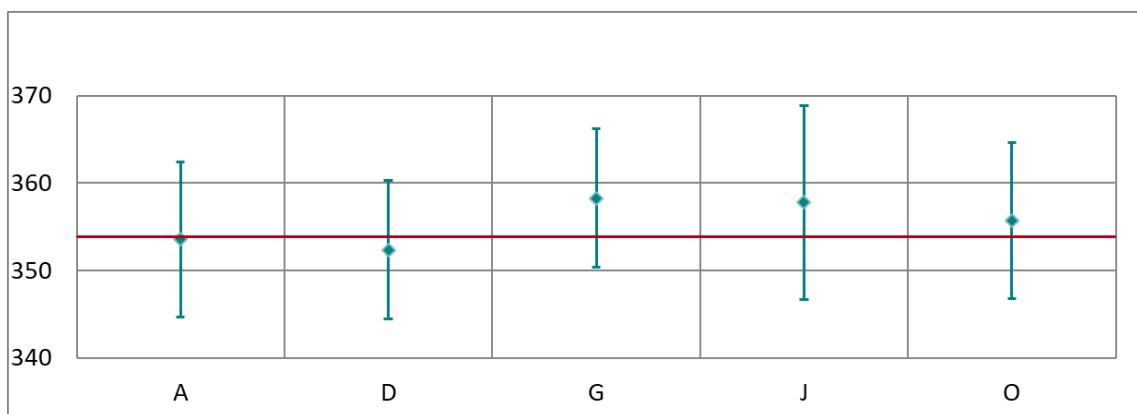


Abbildung 122: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 101: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 468,4$ $s^* = 4,54$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	465.4	462.9	471.2	471.6	467.9
$x_i,2$	465.5	463.1	471.5	471.7	467.6
$x_i,3$	465.4	463.1	471.2	471.6	467.6
$X_i,$	465.4	463.0	471.3	471.6	467.7
$S_i,$	0.06	0.12	0.16	0.06	0.15
$u(x_i)$	5.98	5.19	5.19	7.45	5.85
$U(x_i)$	11.97	10.38	10.38	14.60	11.71

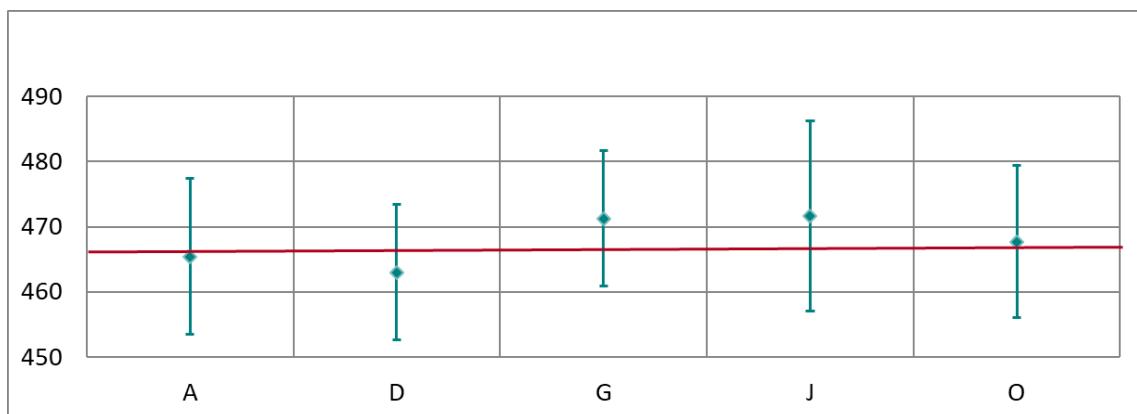


Abbildung 123: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 102: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5

 $x^* = 365,6$ $s^* = 3,32$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	363.7	361.7	367.7	368.1	364.6
$x_i,2$	363.7	361.9	367.6	368.1	364.6
$x_i,3$	363.7	362.2	367.8	368.1	364.5
$X_i,$	363.7	361.9	367.7	368.1	364.5
$S_i,$	0.03	0.25	0.11	0.00	0.08
$u(x_i)$	4.91	4.06	4.04	5.82	4.57
$U(x_i)$	9.82	8.12	8.08	11.40	9.14

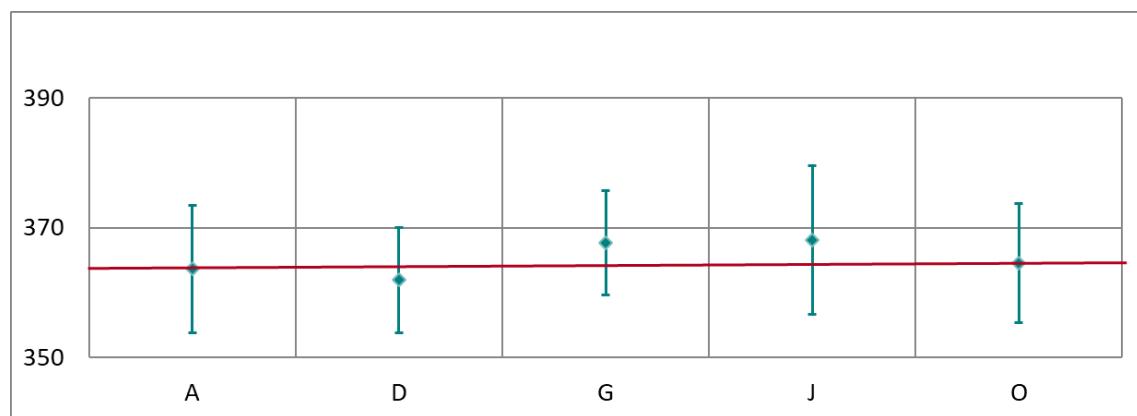


Abbildung 124: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 103: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6

 $x^* = 225,5$ $s^* = 1,71$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	224.9	223.9	226.6	227.2	224.6
$x_i,2$	224.8	224.1	226.3	227.0	224.5
$x_i,3$	224.8	223.8	226.5	226.9	224.4
$X_i,$	224.8	223.9	226.5	227.0	224.5
$S_i,$	0.04	0.15	0.15	0.15	0.09
$u(x_i)$	3.10	2.52	2.51	3.59	2.82
$U(x_i)$	6.19	5.04	5.01	7.04	5.63

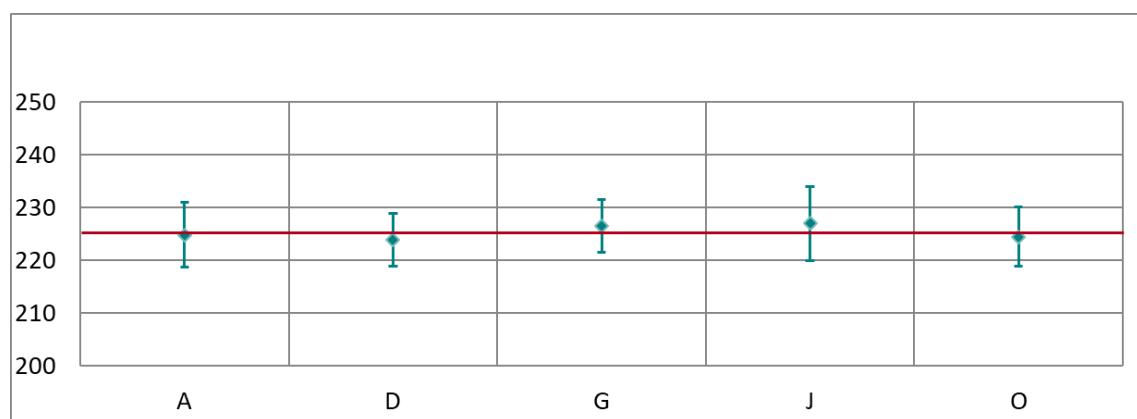


Abbildung 125: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 104: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 198,4$ $s^* = 1,67$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	197.3	197.0	199.4	200.1	197.4
$x_i,2$	197.2	197.2	199.2	200.0	197.2
$x_i,3$	197.2	196.9	199.1	199.9	197.1
$X_i,$	197.2	197.0	199.2	200.0	197.2
$S_i,$	0.07	0.15	0.15	0.10	0.13
$u(x_i)$	2.75	2.23	2.22	3.16	2.47
$U(x_i)$	5.50	4.46	4.43	6.19	4.94

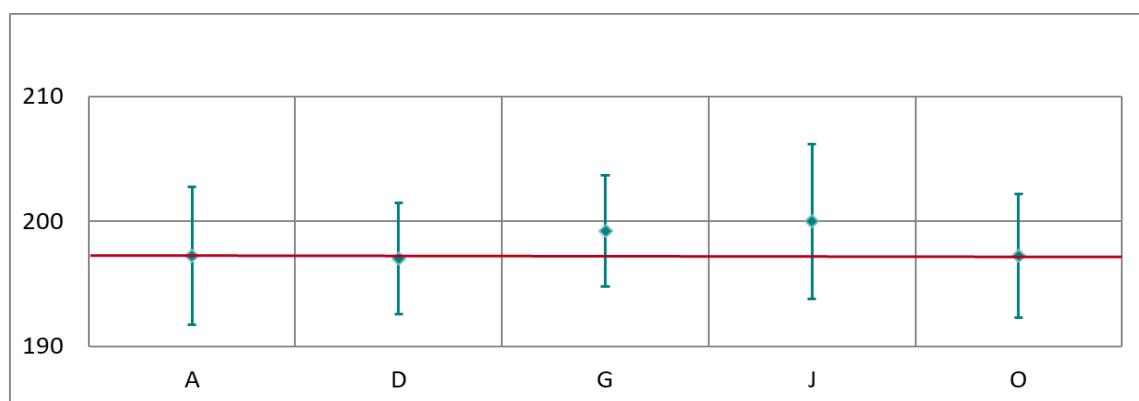


Abbildung 126: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 105: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 105,6$ $s^* = 0,97$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	105.6	105.0	106.1	106.6	104.8
$x_i,2$	105.6	105.0	106.0	106.7	104.8
$x_i,3$	105.6	105.1	106.0	106.7	105.0
$X_i,$	105.6	105.0	106.0	106.7	104.8
$S_i,$	0.03	0.06	0.07	0.06	0.11
$u(x_i)$	1.54	1.21	1.19	1.69	1.32
$U(x_i)$	3.07	2.42	2.38	3.30	2.63

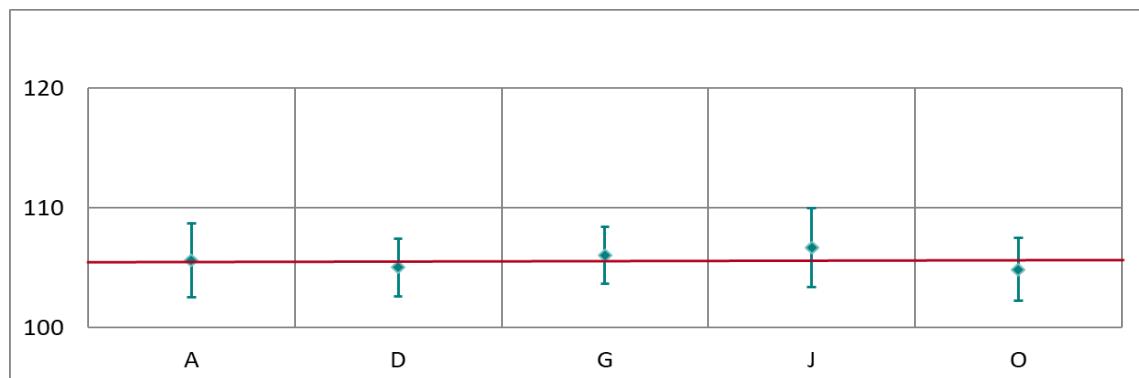


Abbildung 127: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 106: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9

 $x^* = 26,1$ $s^* = 0,51$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	26.0	26.0	26.1	26.8	25.7
$x_i,2$	26.1	26.0	26.1	26.7	25.7
$x_i,3$	26.0	25.9	26.0	26.7	25.6
$X_i,$	26.0	26.0	26.1	26.7	25.7
$S_i,$	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
$u(x_i)$	0.46	0.50	0.30	0.50	0.33
$U(x_i)$	0.93	1.00	0.61	1.00	0.67

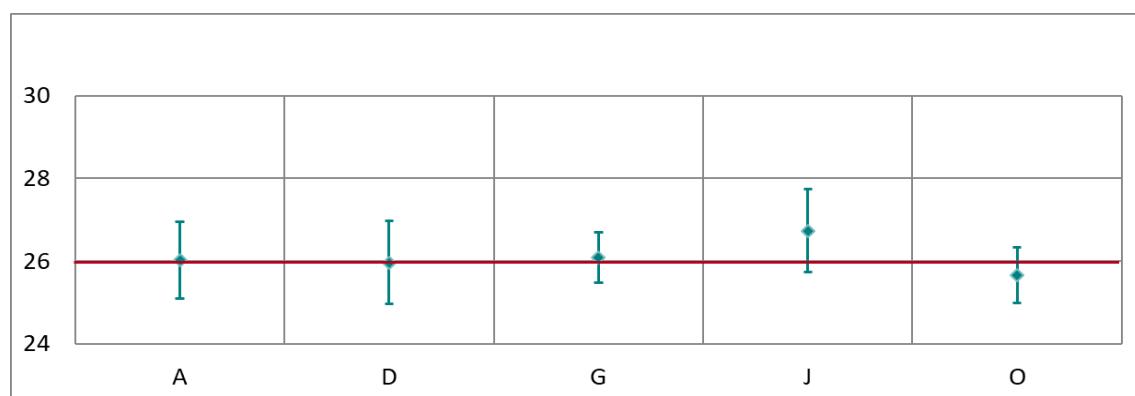


Abbildung 128: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 107: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10

 $x^* = 155,5$ $s^* = 1,76$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	155.7	154.1	156.3	157.3	154.5
$x_i,2$	155.7	154.0	156.5	157.3	154.3
$x_i,3$	155.6	154.1	156.0	157.3	154.2
$X_i,$	155.7	154.1	156.2	157.3	154.3
$S_i,$	0.02	0.06	0.26	0.00	0.14
$u(x_i)$	2.26	1.75	1.73	2.49	1.94
$U(x_i)$	4.53	3.50	3.46	4.87	3.88

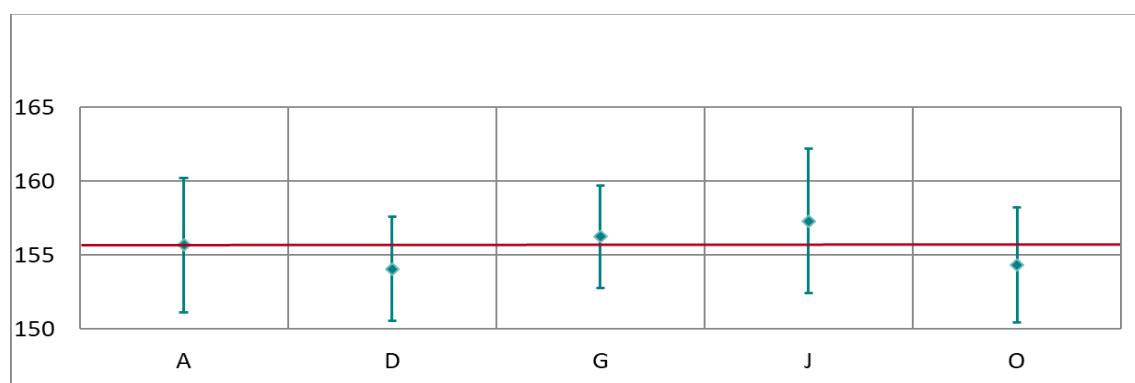


Abbildung 129: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 108: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11

$x^* = 38,3$

$s^* = 0,81$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	38.1	38.1	38.4	39.1	37.4
$x_i,2$	38.1	38.1	38.7	39.1	37.4
$x_i,3$	38.1	38.2	38.4	39.1	37.4
$X_i,$	38.1	38.1	38.5	39.1	37.4
$S_i,$	0.04	0.06	0.14	0.00	0.04
$u(x_i)$	0.47	0.50	0.45	0.62	0.47
$U(x_i)$	0.94	1.00	0.90	1.21	0.93

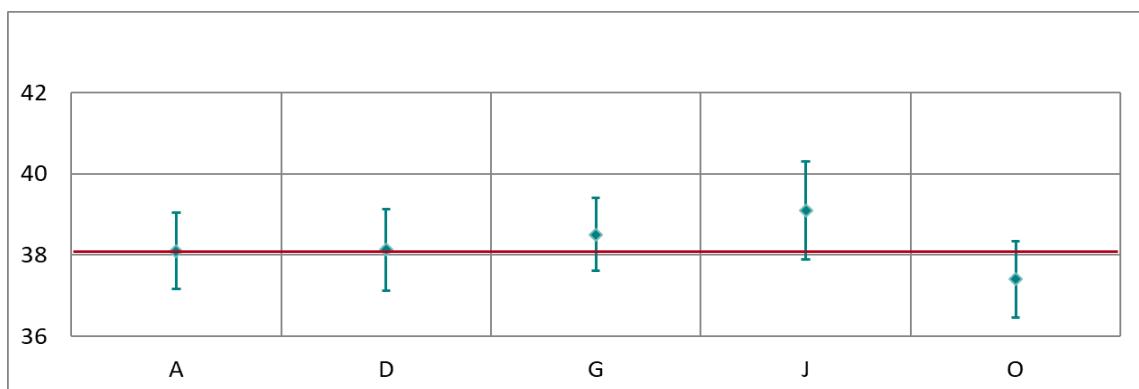


Abbildung 130: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 109: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12

$x^* = 287,6$

$s^* = 3,49$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	285.8	286.2	290.4	289.7	283.7
$x_i,2$	285.8	286.3	291.0	289.6	284.0
$x_i,3$	285.9	286.3	290.3	289.5	283.9
$X_i,$	285.8	286.3	290.6	289.6	283.9
$S_i,$	0.07	0.06	0.35	0.10	0.16
$u(x_i)$	3.91	3.21	3.20	4.58	3.55
$U(x_i)$	7.82	6.42	6.39	8.97	7.11

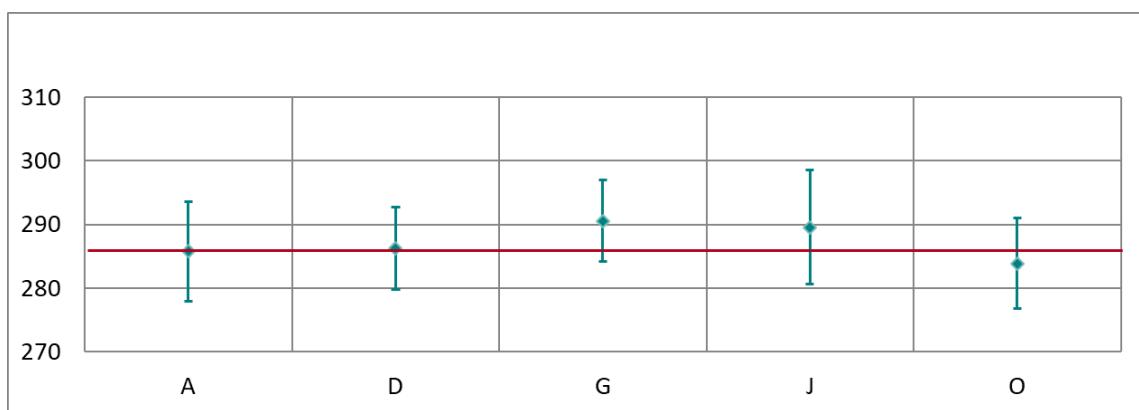


Abbildung 131: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 110: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13

 $x^* = 399,0$ $s^* = 4,69$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	396.1	396.8	403.2	401.6	394.0
$x_i,2$	395.9	397.4	403.0	401.8	394.2
$x_i,3$	395.5	397.5	403.1	401.9	394.2
$X_i,$	395.8	397.2	403.1	401.8	394.1
$S_i,$	0.00	1.41	7.26	5.94	-1.71
$u(x_i)$	5.19	4.45	4.44	6.35	4.93
$U(x_i)$	10.38	8.90	8.89	12.44	9.85

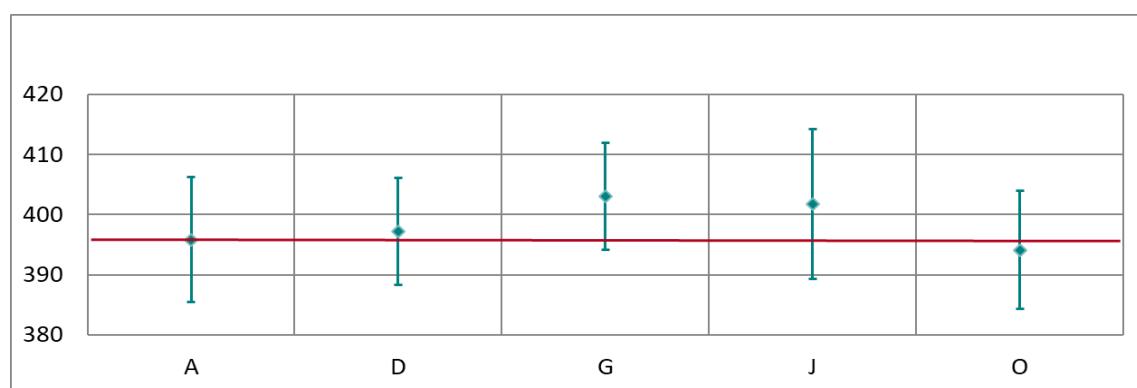


Abbildung 132: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 111: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14

 $x^* = 29,0$ $s^* = 0,69$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	28.8	29.0	29.0	29.8	28.3
$x_i,2$	28.8	28.9	29.2	29.7	28.2
$x_i,3$	28.8	29.0	29.1	29.7	28.2
$X_i,$	28.8	29.0	29.1	29.7	28.2
$S_i,$	0.05	0.06	0.08	0.06	0.05
$u(x_i)$	0.46	0.50	0.35	0.50	0.35
$U(x_i)$	0.91	1.00	0.70	1.00	0.71

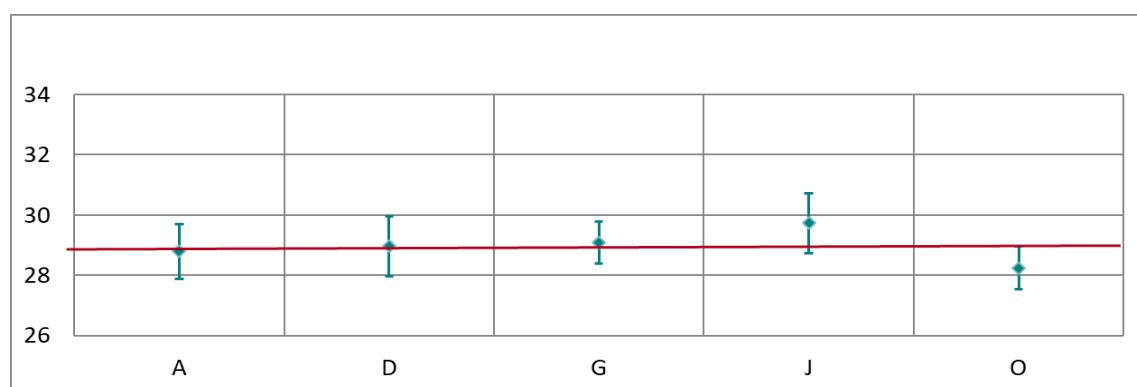


Abbildung 133: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 112: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,0$ $s^* = 0,03$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.1
$x_i,2$	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.1
X_i	0.1	0.0	0.0	-0.2	0.1
$S_i,$	0.02	0.00	0.00	0.07	0.01
$u(x_i)$	0.93	0.70	0.71	0.50	0.20
$U(x_i)$	1.86	1.40	1.42	1.00	0.40

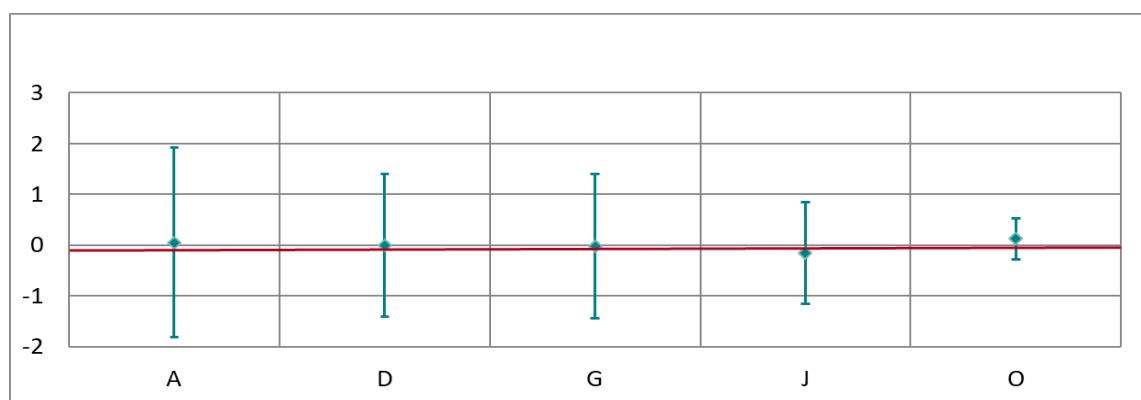


Abbildung 134: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 113: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 1 $x^* = 10,9$ $s^* = 1,27$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	11.2	11.8	9.8	10.2	11.8
$x_i,2$	10.9	11.8	9.1	10.7	11.6
$x_i,3$	11.0	11.8	9.4	11.1	11.8
$X_i,$	11.0	11.8	9.4	10.6	11.8
$S_i,$	0.1	0.0	0.4	0.4	0.1
$u(x_i)$	1.14	0.80	0.96	0.50	0.34
$U(x_i)$	2.29	1.60	1.92	1.00	0.69

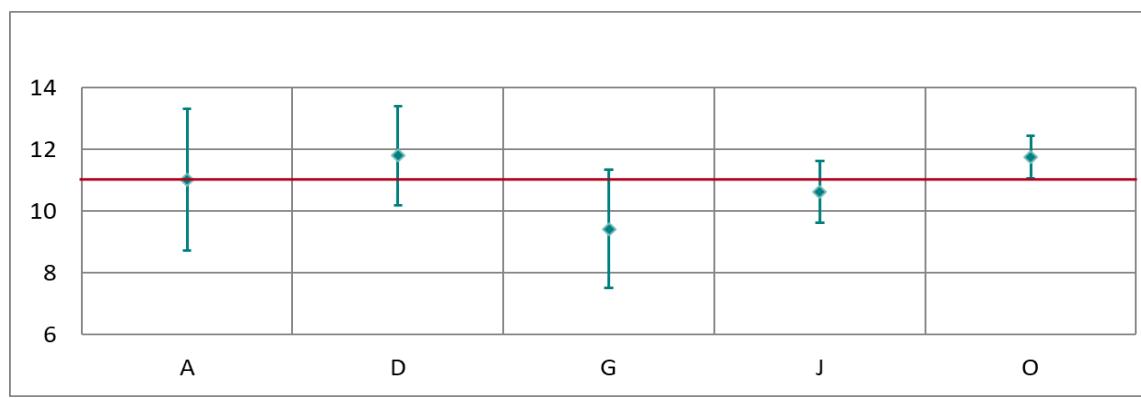
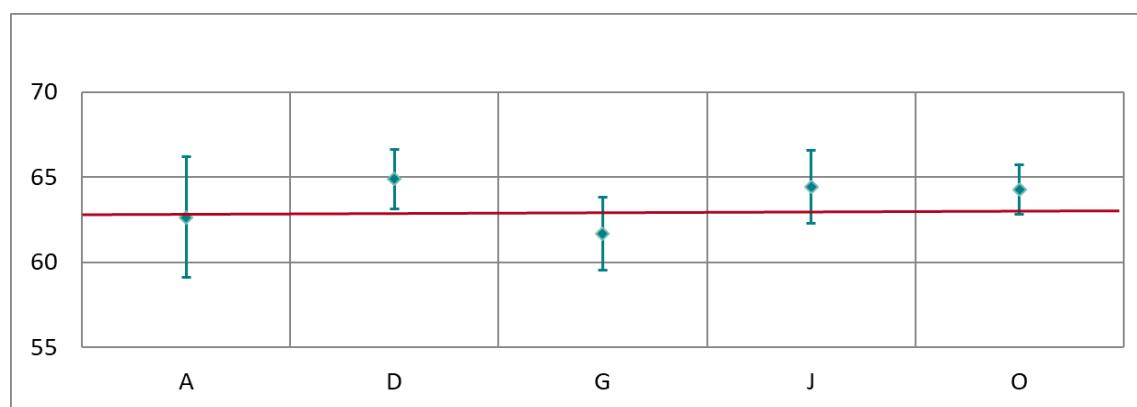


Abbildung 135: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 114: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 2 $x^* = 63,8$ $s^* = 1,64$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	62.6	64.9	61.9	64.2	64.1
$x_i,2$	62.7	64.9	61.8	64.4	64.3
$x_i,3$	62.7	64.9	61.4	64.6	64.5
$X_i,$	62.7	64.9	61.7	64.4	64.3
$S_i,$	0.08	0.00	0.27	0.24	0.18
$u(x_i)$	1.76	0.87	1.08	1.09	0.73
$U(x_i)$	3.52	1.74	2.16	2.14	1.46

Abbildung 136: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 2 (in nmol/mol).Tabelle 115: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 3 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 3 $x^* = 123,6$ $s^* = 2,21$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	121.7	124.6	120.6	124.9	123.8
$x_i,2$	121.7	124.6	121.3	125.2	124.0
$x_i,3$	122.2	124.7	120.7	125.5	123.7
$X_i,$	121.9	124.6	120.8	125.2	123.8
$S_i,$	0.27	0.06	0.37	0.29	0.14
$u(x_i)$	2.39	1.52	1.65	2.12	1.61
$U(x_i)$	4.77	3.04	3.30	4.16	3.22

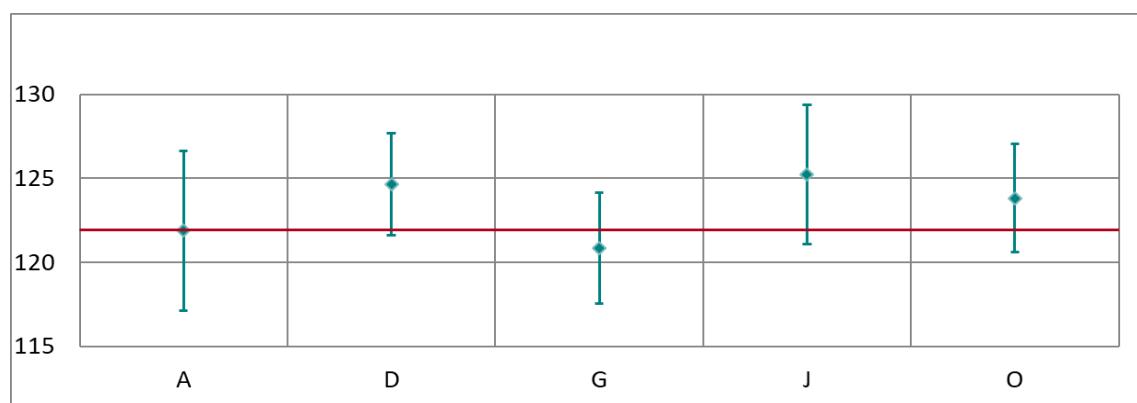
Abbildung 137: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 116: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 4

$x^* = 11,1$

$s^* = 2,36$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	11.1	11.7	8.3	12.9	11.5
$x_{i,2}$	11.1	11.6	8.0	12.9	12.0
$x_{i,3}$	11.2	11.7	8.0	13.0	11.9
X_i ,	11.1	11.7	8.1	12.9	11.8
S_i ,	0.04	0.06	0.19	0.06	0.23
$u(x_i)$	1.11	0.80	0.96	0.50	0.36
$U(x_i)$	2.21	1.60	1.93	1.00	0.72

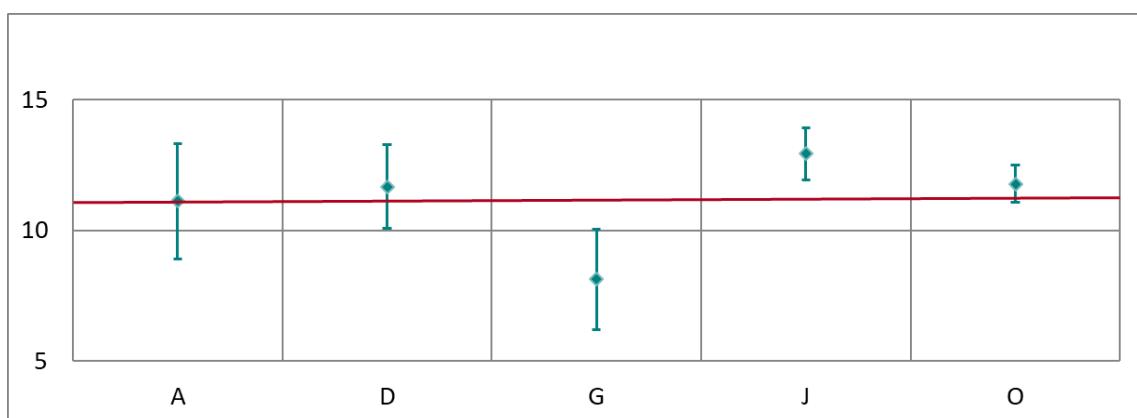


Abbildung 138: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 117: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 5

$x^* = 44,0$

$s^* = 2,17$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	43.4	44.6	41.5	45.9	44.0
$x_{i,2}$	43.5	44.4	41.7	45.9	44.1
$x_{i,3}$	43.4	44.5	41.0	46.1	44.0
X_i ,	43.4	44.5	41.4	46.0	44.0
S_i ,	0.02	0.10	0.35	0.11	0.06
$u(x_i)$	1.00	0.80	0.83	0.78	0.63
$U(x_i)$	1.99	1.60	1.67	1.53	1.26

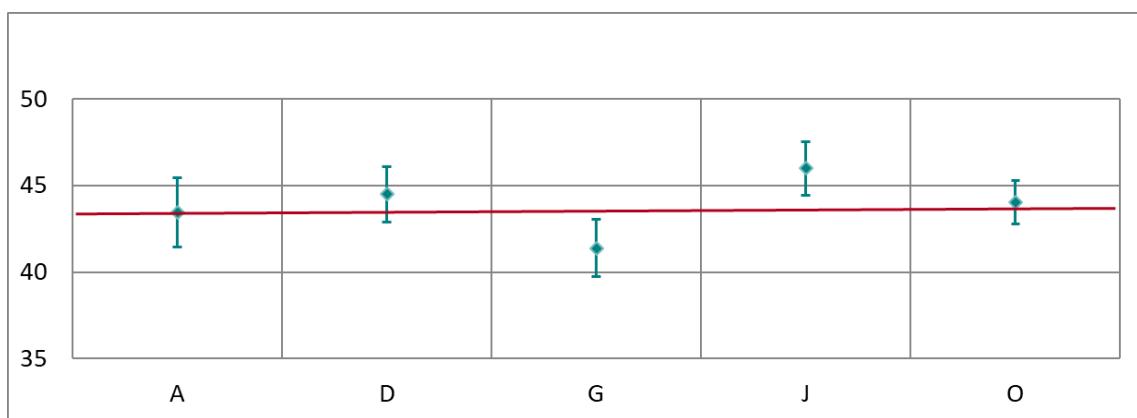
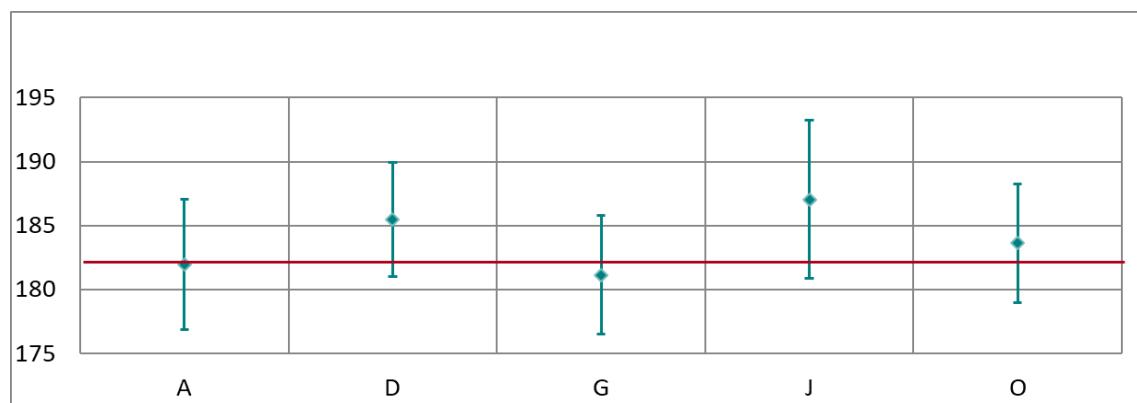


Abbildung 139: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 118: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 6 $x^* = 184,3$ $s^* = 2,89$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	181.8	185.3	181.4	186.7	183.4
$x_i,2$	182.0	185.5	181.1	187.1	183.7
$x_i,3$	182.1	185.6	180.8	187.3	183.8
$X_i,$	181.9	185.5	181.1	187.1	183.6
$S_i,$	0.15	0.15	0.29	0.30	0.22
$u(x_i)$	2.54	2.22	2.32	3.16	2.32
$U(x_i)$	5.08	4.44	4.63	6.19	4.63

Abbildung 140: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 6 (in nmol/mol).Tabelle 119: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 7 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 7 $x^* = 10,9$ $s^* = 1,63$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	10.6	11.0	9.1	12.8	10.8
$x_i,2$	10.7	11.0	9.2	12.6	11.0
$x_i,3$	11.0	11.1	9.1	12.4	11.0
$X_i,$	10.8	11.0	9.1	12.6	10.9
$S_i,$	0.17	0.06	0.07	0.20	0.08
$u(x_i)$	0.77	0.80	0.85	0.50	0.28
$U(x_i)$	1.54	1.60	1.69	1.00	0.55

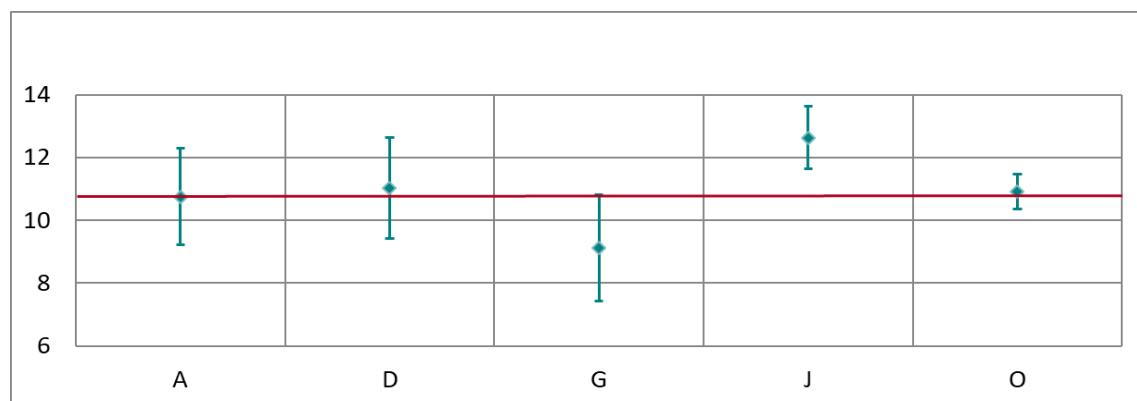
Abbildung 141: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 120: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8

$x^* = 103,7$

$s^* = 1,79$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	102.5	104.4	101.7	105.4	103.0
$x_{i,2}$	102.6	104.5	102.2	105.5	103.1
$x_{i,3}$	102.5	104.4	102.0	105.5	102.7
X_i ,	102.5	104.4	101.9	105.5	102.9
S_i ,	0.05	0.06	0.24	0.06	0.21
$u(x_i)$	1.34	1.30	1.33	1.78	1.30
$U(x_i)$	2.67	2.60	2.65	3.49	2.59

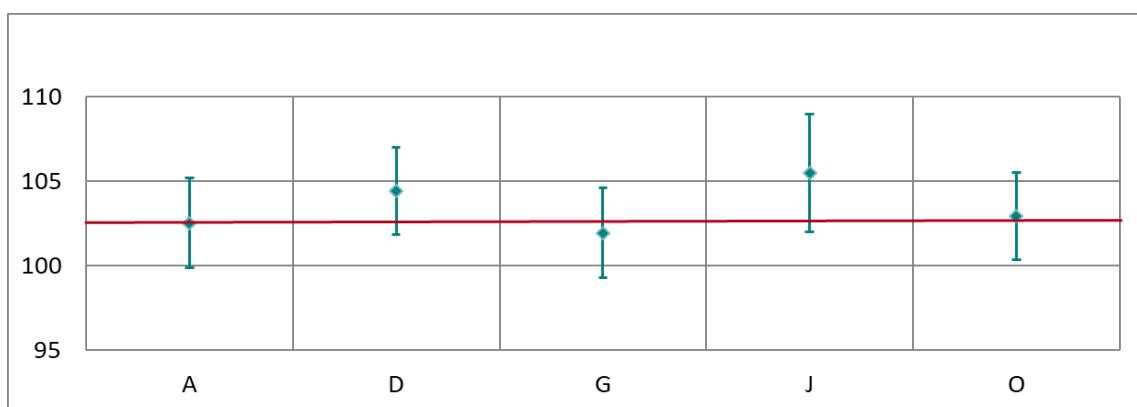


Abbildung 142: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 121: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9

$x^* = 33,8$

$s^* = 1,07$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	33.5	34.3	32.9	35.2	33.3
$x_{i,2}$	33.4	34.2	32.8	34.9	33.2
$x_{i,3}$	33.5	34.2	33.0	34.8	33.3
X_i ,	33.4	34.2	32.9	35.0	33.3
S_i ,	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0
$u(x_i)$	0.93	0.80	0.73	0.59	0.42
$U(x_i)$	1.86	1.60	1.45	1.16	0.85

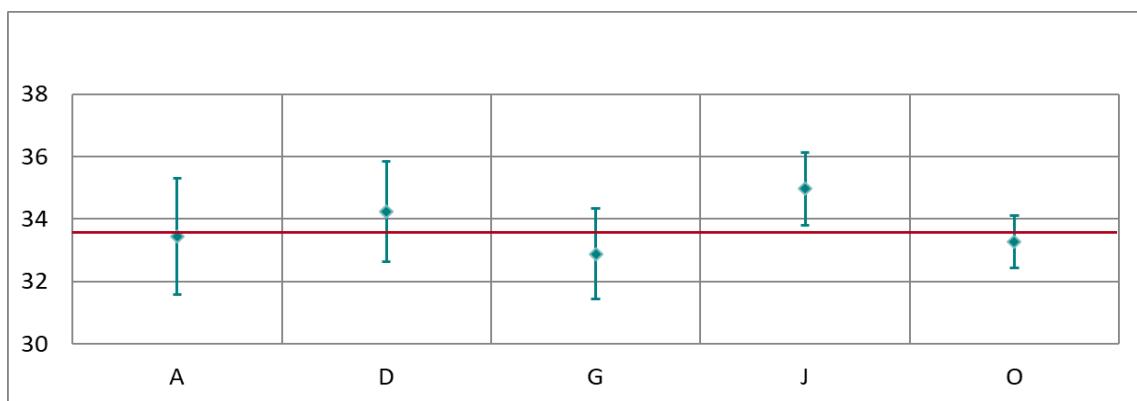
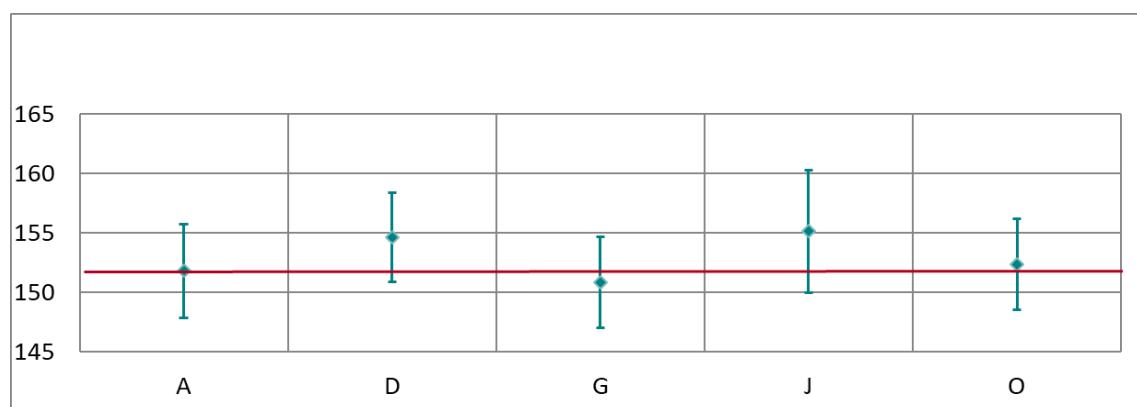


Abbildung 143: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 122: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 10 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 10 $x^* = 153,2$ $s^* = 2,27$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	151.7	154.5	151.2	154.8	152.3
$x_i,2$	151.8	154.7	150.4	155.2	152.5
$x_i,3$	152.0	154.7	150.9	155.3	152.3
$X_i,$	151.8	154.6	150.9	155.1	152.3
$S_i,$	0.16	0.12	0.37	0.26	0.10
$u(x_i)$	1.97	1.86	1.92	2.62	1.92
$U(x_i)$	3.94	3.72	3.84	5.14	3.84

Abbildung 144: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 10 (in nmol/mol).Tabelle 123: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 11 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 11 $x^* = 21,7$ $s^* = 0,91$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	21.4	22.1	20.6	22.8	21.2
$x_i,2$	21.5	22.0	21.0	22.6	21.2
$x_i,3$	21.5	22.2	20.9	22.4	21.2
$X_i,$	21.5	22.1	20.8	22.6	21.2
$S_i,$	0.01	0.10	0.21	0.20	0.03
$u(x_i)$	0.90	0.80	0.73	0.50	0.28
$U(x_i)$	1.81	1.60	1.47	1.00	0.56

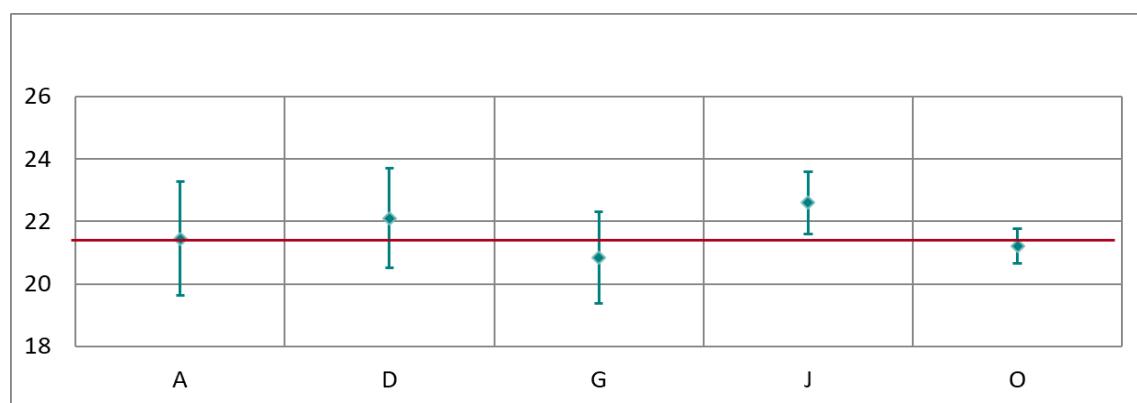
Abbildung 145: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 124: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 12

$x^* = 21,7$

$s^* = 1,60$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	22.1	22.2	19.8	22.6	22.1
$x_{i,2}$	22.1	22.2	19.1	22.9	21.9
$x_{i,3}$	22.2	22.1	20.0	23.0	22.1
X_i ,	22.1	22.2	19.6	22.9	22.0
S_i ,	0.09	0.06	0.51	0.21	0.08
$u(x_i)$	0.83	0.80	0.82	0.50	0.37
$U(x_i)$	1.65	1.60	1.64	1.00	0.74

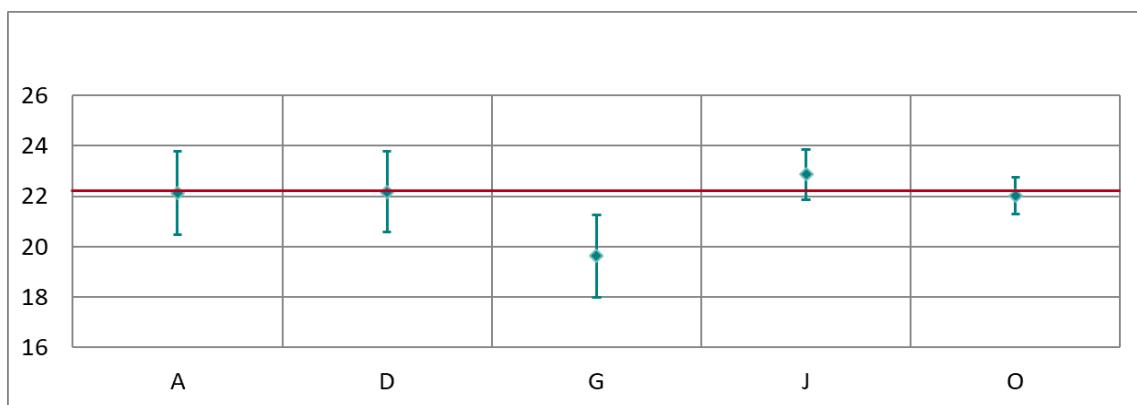


Abbildung 146: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 125: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO_2 , Durchgang 13

$x^* = 10,9$

$s^* = 2,16$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_{i,1}$	11.5	11.2	8.0	12.4	11.3
$x_{i,2}$	11.4	11.2	8.2	12.7	11.5
$x_{i,3}$	11.6	11.3	8.3	12.8	11.4
X_i ,	11.5	11.2	8.2	12.6	11.4
S_i ,	0.00	-0.27	-3.34	1.14	-0.11
$u(x_i)$	0.81	0.80	0.92	0.50	0.35
$U(x_i)$	1.62	1.60	1.83	1.00	0.70

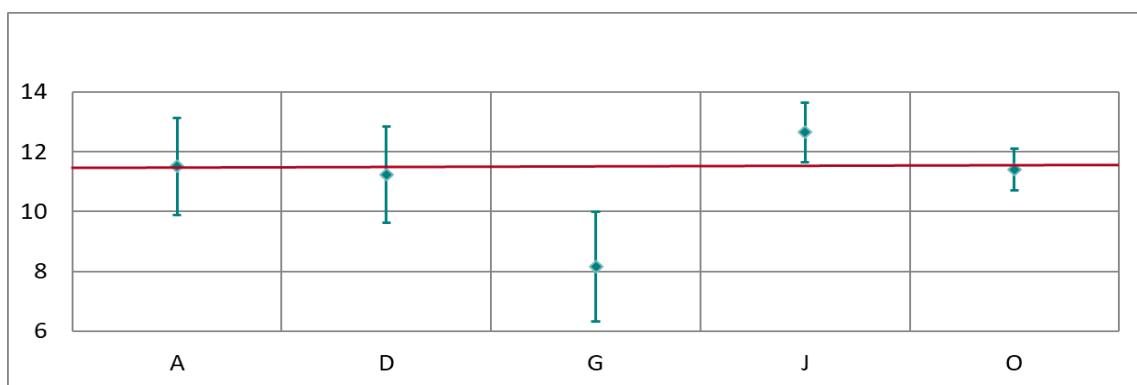
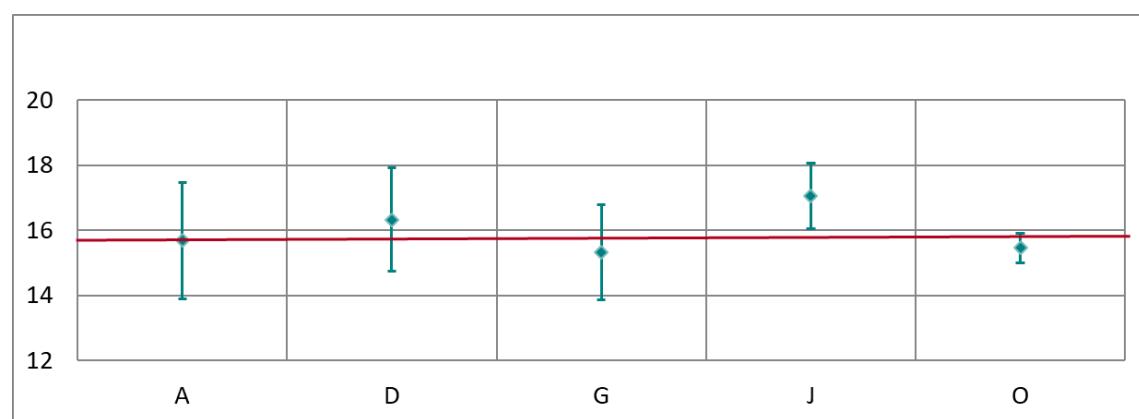


Abbildung 147: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 126: Ergebnisse für NO_2 bei Durchgang 14 (in nmol/mol).Parameter: NO_2 , Durchgang 14 $x^* = 16,0$ $s^* = 0,84$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	G	J	O
$x_i,1$	15.7	16.4	15.3	17.4	15.5
$x_i,2$	15.7	16.4	15.4	17.0	15.5
$x_i,3$	15.7	16.2	15.3	16.8	15.4
$X_i,$	15.7	16.3	15.3	17.1	15.5
$S_i,$	0.04	0.12	0.03	0.30	0.05
$u(x_i)$	0.89	0.80	0.73	0.50	0.23
$U(x_i)$	1.79	1.60	1.46	1.00	0.46

Abbildung 148: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO_2 -Durchgang 14 (in nmol/mol).

Anhang D: FRAGEBÖGEN

Die Fragebögen, die vor der Eignungsprüfung von jeder teilnehmenden Organisation zwecks Dokumentation der eingesetzten Messgeräte und Kalibriermittel ausgefüllt wurden, sind nachfolgend unverändert wiedergegeben.

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Stadt Wien - Umweltschutz
Namen der Teilnehmer: Ing. Christina Kellner
Kontakt: 1200 Wien, Dresdner Straße 45
Telefonnummer: +43 676 8118 73777
E-Mail: christina.kellner@wien.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	874,4nm/mol 876,6nm/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0,75%
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja, interne Nullluft

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Umweltbundesamt 108/2023

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2017

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $uc = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_r^2}$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	184,6nm/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0,85%
Hersteller	Thermo
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja interne Nullluft

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Umweltbundesamt 107/2023

Verwendetes Nullgas: Interne Nullluft

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T100

Baujahr: 2022

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_c = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_r^2}$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	19,12 $\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,75%
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja interne Nullluft

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Umweltbundesamt 106/2023

Verwendetes Nullgas:

Interne Nullluft

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA-370

Baujahr: 2020

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_c = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_r^2}$

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Salzburger Landesregierung
Namen der Teilnehmer: 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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	NO: 770ppb; NOX: 775ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3%
Hersteller	MCZ CMK 5T #1407-230
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnungskalibrator mit MFC

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Vorlagenkoffer MCZ Silicagel – Purafil – Aktivkohle – CO-Scrubber

Kalibrierschein UBA vom 27.02.2023 #022/2023 → Transfer auf #1407-230

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2012; SNr.: # 38G57B50

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span
Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut PowerPoint Vortrag UBA

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	143,7 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,88%
Hersteller	MCZ CMK 5T #1407-231
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnungskalibrator mit MFC

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Vorlagenkoffer MCZ Silicagel – Purafil – Aktivkohle – CO-Scrubber

Kalibrierschein UBA vom 28.02.2023 #023/2023

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 43i

Baujahr: 2012; SNr.: # JC1222600338

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut PowerPoint Vortrag UBA

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	16,21ppm
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	1,5%
Hersteller	MCZ CMK 5T #1407-232
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnungskalibrator mit MFC

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: **Vorlagenkoffer MCZ Silicagel – Purafil – Aktivkohle – CO-Scrubber**

Kalibrierschein UBA vom 01.03.2023 #025/2023

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA-370

Baujahr: 2016; SNr.: # TA3HEREE

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut PowerPoint Vortrag UBA

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Oö. LReg

Namen der Teilnehmer: Manfred Stummer, Gabrysch Mario

Kontakt: siehe Teilnehmer

Telefonnummer: 0732/7720-13602 (Labor)

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

Problem NO-Messgerät:
Verunreinigung in Messzelle!!

- Problem Nullpunkt Offset und Einfluss dessen bei niedrigen NO-Konzentrationen!
- NG1, Run 9 und 11 sind Falschmessungen und wurden daher eliminiert!

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	PGG NO/NOx 914,6/916,3 Flasche NO/NOx 801/802
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	PGG im Kalibrierpunkt 6,0 nmol/mol
Hersteller	Horiba, Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Land Oö.
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Bezugsnormal Statische Injektion Nr: 98023 (Stickstoff 5.0, NO 2.5)

Crosscheck Dynamische Verdünnung Nr: 98060 (NO/N2 Primärgas VSL Nr: MR8471)

ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 015/23, 016/23

Verwendetes Nullgas:

Nullluftaufbereitung mit Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb und Aktivkohle

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2021

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

ISO 6144, EUROLAB Leitfaden, QMSOP-GA-001/LG

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	PGG SO ₂ 187,6 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	im Kalibrierpunkt 2,3 ppb
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Land Oö.
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung (Permeation)

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Bezugsnormal Dynamische Verdünnung Nr: 98062 (SO₂/N₂ Primärgas VSL Nr: 1115A)
Crosscheck Statische Injektion Nr: 98023 (Synt. Luft KW-frei, SO₂ 3.8)
ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 017/23

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 43i-TL

Baujahr: 2017

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: QMSOP-GA-001/LG

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	PGG 17,81 ppm; Flasche 17,47 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	PGG im Kalibrierpunkt 0,50 ppm
Hersteller	HORIBA, LINDE
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Land Oö.
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Bezugsnormal Statische Injektion Nr: 98023 (Synt. Luft KW-frei, CO 4.7)
ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 018/23

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

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA-370

Baujahr: 2023

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: ISO 6144, QMSOP-GA-001/LG

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Waldschutz – Fachbereich Luftgüte

Namen der Teilnehmer: Pöllmann Andreas

Kontakt: Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

Telefonnummer: 0043 676 885084621

E-Mail: andreas.poellmann@tirol.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	727,9 / 737,0
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5% (Referenz – UBA) + 1%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	MFC (Fa. Vögtlin) / Transfer-Light-GPT-372

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Umweltbundesamt Wien Kalibrierworkshop 2023 -> Transferabgleich Land Tirol

Verwendetes Nullgas: Kompressor – Silikagel – Purafil – Cromoxid – Aktivkohle – Molekularsieb – DFU-Filter

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2019

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Nullpunkt + Prüfpunkt

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

NO:

$$u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

$$u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

NO2:

$$u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw-NO}}^2 + u_{\text{stabw-NOx}}^2}$$

$$u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw-NO}}^2 + u_{\text{stabw-NOx}}^2}$$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	174,5
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,85% (Referenz – UBA) + 1%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	MFC (Fa. Vögtlin) / Transfer-Light-378

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts):

Verwendetes Nullgas: Kompressor – Silicagel – Aktivkohle – Molekularsieb – DFU-Filter

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APOA 370

Baujahr: 2017

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Nullpunkt - Prüfpunkt

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

$$u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	15,18
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	1,5% (Referenz – UBA) + 1%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	MFC (Fa. Vögtlin) / Transfer-Light-378

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Kompressor – Silicagel – Aktivkohle – Molekularsieb – Hopkalit –

DFU-Filter

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370

Baujahr: 2015

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Nullpunkt + Prüfpunkt

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

$$u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$$

Eignungsprüfung für NO/NO₂ SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Burgenländischen Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Philipp Gulner
Kontakt: Abteilung 4, Hauptreferat Klima und Energie, Referat Luftreinhaltung und Luftgüte, A-7000 Eisenstadt, Landhaus, Europaplatz 1
Telefonnummer: 057/6002933
E-Mail: post.a4-luft@bglg.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	737,4/743,3
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,06 nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nulllufterzeugung

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts (Kalibrierschein 039/2023)

Verwendetes Nullgas: Interne Nullluftvorlage mit Silikagel, Natronkalk, Aktivkohle und Molekularsieb

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: T200

Baujahr: 2022

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: lt. Internen Unterlagen

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	167,3
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,81
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Permeation und interner Nullluftzeugung

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts (Kalibrierschein 041/2023)

Verwendetes Nullgas: Interne Nullluftvorlage mit Silikagel, Natronkalk, Aktivkohle und Molekularsieb

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APSA 360

Baujahr: 1999

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: lt. Internen Unterlagen

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	16,27
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,244
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nulllufterzeugung

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts, Kalibrierschein 043/2023

Verwendetes Nullgas: : Interne Nullluftvorlage mit Silikagel, Natronkalk, Aktivkohle und Molekularsieb

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA370

Baujahr: 2011

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: lt. Internen Unterlagen

Eignungsprüfung für NO/NO₂ SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Landesagentur für Umwelt und Klimaschutz – Labor für Luftanalysen und Strahlenschutz

Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer und Oswald Vigl

Kontakt: Amba Alagi Straße 5 – 39100 Bozen (I)

Telefonnummer: +39 0471 417140

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	810,8 / 811,4
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+/- 12,16
Hersteller	SIAD #544676 (10 lt - NO in N2)
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifiziert durch UBA Wien Kalibrierschein nr. 074/2023 vom 18.04.2023
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

Nullgas aus Druckgasbehälter 10 lt Air Liquide sn. ADPF8YA von 03.09.2014

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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 – sn WXX99A82 interne S.Nr.30 -

Baujahr: 2015

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero/Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

für NO: $\sqrt{((\text{dev.std})^2 + (\text{u Prüfgasflasche})^2 + (\text{u Kurzzeit Drift})^2 + (\text{u LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2)}$

für NO₂: $\sqrt{((\text{dev.std})^2 + (\text{u Prüfgasflasche})^2 + (\text{u Kurzzeit Drift})^2 + (\text{u LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2 + (\text{u Konvertereffizienz})^2 + (\text{u NO}_2\text{-Gehalt in der Prüfgasflasche})^2)}$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	146,1 (142,6 ref to 50ppm SIAD G-CRM 15.11.23)*
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+/- 2,7 (UBA) / 3,0 LfU BZ ref. to G-CRM
Hersteller	SIAD #568554 (10 lt – SO ₂ in S.L.)
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifiziert durch UBA Wien Kalibrierschein nr. 076/2023 vom 19.04.2023
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

*...eine interne Prüfung der Flasche an der LfU Bozen vor der Anreise zum Ringversuch hat ergeben, dass der Kalibrierstandard in der Zeit zwischen der Zertifizierung durch das UBA Wien und dem Ringversuch einen negativen Drift von 2,4% erfahren hat, weshalb dem Prüfgas hausintern mittels 50 ppm G-CRM und dynamischen Verdünnung (Verdünnungsverhältnis ermittelt mit Molbox1+Molbloc System) ein neuer Konzentrationswert von 142,6 ppb zugewiesen worden ist.

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

Nullgas aus Druckgasbehälter 10 lt Air Liquide sn. ADPF8YA von 03.09.2014

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: TEI43i-TLE sn. 817231053 (int.sn.08)

Baujahr: 2008

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero/Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: lt. Internen Unterlagen

für SO₂: $\sqrt{[(dev.std)^2 + (u \text{ Prüfgasflasche})^2 + (u \text{ Kurzzeit Drift})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (Auflösung \text{ des Analysators})^2]}$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	10,16
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	+/- 0,152
Hersteller	SIAD #544346 (10 lt - CO in S.L.)
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifiziert durch UBA Wien Kalibrierschein nr. 077/2023 vom 20.04.2023
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

Nullgas aus Druckgasbehälter 10 lt Air Liquide sn. ADPF8YA von 03.09.2014

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370 sn E7P1LBHL (int sn. 15)

Baujahr: 2010

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero/Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

für CO: $\sqrt{[(\text{dev.std})^2 + (\text{u Prüfgasflasche})^2 + (\text{u Kurzzeit Drift})^2 + (\text{u LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2]}$

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: iC consulenten Ziviltechniker GesmbH

Namen der Teilnehmer: DI Martin Koller, Ing. Benjamin Ofner

Kontakt: Schönbrunnerstraße 297, 1120 Wien

Telefonnummer: 0664 601 69 217

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	0 | 773,9 nmol/mol NO, 776,4 nmol/mol NO _x
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0 | 11,61 nmol/mol
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator zur dynamischen Verdünnung des PRM: Horiba ASGU 370S, SerienNr. HA1410

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Nullgasversorgung Umweltbundesamt

PRM: NO in N₂ VSL #APEX1429230, Zertifikat Nr C2160201.01

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	vor/nach	
Kalibrierung des NO-Kanals mit NO	X/-	
Kalibrierung des NO _x -Kanals mit NO	X/-	
Überprüfung mit NO ₂		X
GPT	X/X	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		X

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: S/N 8390

Baujahr: 2023

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (0 | 773,3 nmol/mol NO)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Erweiterte Messunsicherheit NO:

$$U_{c.NO} = 2 \times U_{c.NO} \quad U_{c.NO} = \sqrt{(U_{(rep.NO)})^2 + U_{(cal)}^2 + U_{(lin.NO)}^2}$$

Erweiterte Messunsicherheit NO₂:

$$U_{c.NO_2} = 2 \times U_{c.NO_2} \quad U_{c.NO_2} = \sqrt{(U_{(rep.NO)})^2 + U_{(rep.NOx)}^2 + U_{(cal)}^2 + U_{(lin.NO)}^2 + U_{(lin.NOx)}^2}$$

$U_{(rep.NO)}$	...Messunsicherheit des jeweiligen NO HMW	
$U_{(rep.NOx)}$	...Messunsicherheit des jeweiligen NO _x HMW	
$U_{(cal)}$	...Messunsicherheit Kalibrator (siehe Prüfschein)	... 1,25 %
$U_{(lin.NO)}$	...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO	... 0,74 %
$U_{(lin.NOx)}$	...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO _x	... 0,43 %

Minimale Messunsicherheit (unter anderem für den Nullpunkt) wurden mit 0,6 nmol/mol für NO und 0,9 nmol/mol NO₂ angenommen.

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts):

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Ringversuch für NO/NO₂ SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Kärnten

Namen der Teilnehmer: Ing. Franz Hohenwarter

Kontakt: Flatschacherstrasse 70 9020 Klagenfurt

Telefonnummer: 04638053618072

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	818,8 / 823,2
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	12,23
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD Flasche

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: intern Pumpe Silikagel Natronkalk Molekularsieb Aktivkohle

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: Teledyne API

Modell: T200

Baujahr: 2021

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorgabe UBA

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	100,5
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,7
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD Permeation

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: intern Pumpe Silikagel Natronkalk Molekularsieb Aktivkohle

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API Teledyne

Modell: T100

Baujahr: 2021

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorgabe UBA

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	18,37
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,276
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD Flasche

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370

Baujahr: 2016

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut UBA Vorgabe

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

6. bis 10. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und

Thermodynamik mbH, Inffeldgasse 19, 8010 Graz

Namen der Teilnehmer: Thomas Nöst

Kontakt: Thomas Nöst

Telefonnummer: 0664/60 873 7587

E-Mail: noest@ivt.tugraz.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	890 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2 %
Hersteller	Linde GmbH
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Linde GmbH
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten

Prüfgas Linde GmbH, Kalibrierschein Nr. 15681, DAkkS D-K-21622-01-00

Verwendetes Nullgas: Nullluft-Generator mit Purafil/Aktivkohle

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2021

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

NO: Bezogen auf den jeweiligen Konzentrationspunkt

$$u_x = \sqrt{(u_{Kai}^2 + u_{repeat}^2 + u_{LoF}^2)}$$

NO2: Bezogen auf den jeweiligen Konzentrationspunkt

$$u_x = \sqrt{(u_{Kai}^2 + u_{repeatNO}^2 + u_{repeatNOx}^2 + u_{LoF}^2)}$$

u_{Kai}: 1% (erweiterte Messunsicherheit / 2)

u_{lin}: 1,66% Standardabweichung (größte Abweichung beim letzten LoF)

u_r: Standardabweichung ermittelt aus den Minutenmittelwerten

Beim/Um Nullpunkt:

$$u_{Null} = \sqrt{(u_{NWG}^2 + u_{repeat}^2)}$$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

13. bis 17. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der steiermärkischen Landesregierung

Namen der Teilnehmer: Martin Tantscher, Benedikt Tschofenig

Kontakt: Benedikt Tschofenig

Telefonnummer: +43 (0)316 877 4919 | +43 676 8666 4919

E-Mail: benedikt.tschofenig@stmk.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	658,3
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	± 9,87
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Massendurchflussregler

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Umweltbundesamt Wien

Umweltbundesamt Wien

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: Teledyne API

Modell: T200

Baujahr: 2016

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Die Unsicherheitsberechnung beinhaltet die Abweichung aus dem Lack of Fit (LoF), den Unsicherheitsbeitrag des Kalibriermittels und die Standardabweichung der Minutenmittelwerte. Sie setzt sich wie folgt zusammen:

$$U_C(x) = 2 * \sqrt{u(x)_{stdAbw}^2 + u(x)_{lin}^2 + u(x)_{kal}^2}$$

Die einzelnen Beiträge wurden wie folgt bestimmt:

u_{lin} ... bestimmt durch maximale Abweichung beim LoF.

u_{kal} ... Unsicherheit des Kalibriermittels (0.75 %).

u_{stdAbw} ... Standardabweichung der Minutenmittelwerte für die Messperiode.

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	279,8
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	± 4,20
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Massendurchflussregler

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APOA 370

Baujahr: 2015

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Es wurden aufgrund eines Gerätedefekts keine Daten für den SO₂ Teil des Ringversuchs abgegeben.

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	14,68
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	$\pm 0,220$
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Massendurchflussregler

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA-370

Baujahr: 2016

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Die Unsicherheitsberechnung beinhaltet die Abweichung aus dem Lack of Fit (LoF), den Unsicherheitsbeitrag des Kalibriermittels und die Standardabweichung der Minutenmittelwerte. Sie setzt sich wie folgt zusammen:

$$U_C(x) = 2 * \sqrt{u(x)_{stdAbw}^2 + u(x)_{lin}^2 + u(x)_{kal}^2}$$

Die einzelnen Beiträge wurden wie folgt bestimmt:

u_{lin} ... bestimmt durch maximale Abweichung des LoF.

u_{kal} ... Unsicherheit des Kalibriermittels (0.75 %).

u_{stdAbw} ... Standardabweichung der Minutenmittelwerte für die Messperiode.

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

13. bis 17. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der NÖ Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Ing. Stefan Haslinger, Manfred Messinger
Kontakt: BD4 Anlagentechnik, Landhausplatz 1, 3109 St. Pölten
Telefonnummer: 0676 812 14163
E-Mail: stefan.haslinger@noel.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	Transferkalibrator (HA2007) 924/928nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5% (k=2)
Hersteller	Horiba, Flasche Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt GmbH Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit 200 ppm NO Flasche (in N2)

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 010/2023 vom 13.02.2023

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2014

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:
 $u_{NO} = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{r NO}^2}$
 $u_{NOx} = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{r NO}^2 + u_{r NOx}^2}$

2 SO₂ keine Daten auf Grund von Gerätedefekt abgegeben**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts):

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	Transferkalibrator (HA1102) 11,63 $\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	1,5% (k=2)
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt GmbH Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit 200 ppm CO Flasche (in Synthetischer Luft)

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA370

Baujahr: 2022

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

13. bis 17. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Infraserv GmbH & Co. Höchst KG

Namen der Teilnehmer: Christian Steinmüller

Kontakt: Katja Pöllmann

Telefonnummer: +49 69 305 23948

E-Mail: katja.poellmann@infraserv.com

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?		
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	10,31
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	2 %
Hersteller	Air Liquide
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Kalibrierschein Kalibrierlabor Air Liquide
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA-370

Baujahr: 2018

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kaliberpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Berechnung aus Streuung der Kurzzeitwerte und Unsicherheit des Prüfgases

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und O₃

13. bis 17. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Laboratorium für Umweltanalytik

Namen der Teilnehmer: R. Ellinger, A. Göndör

Kontakt: A. Göndör

Telefonnummer: +43 664 1071 830

E-Mail: office@luacoat.com

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	470/471
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	NO \pm 3,10% NO ₂ \pm 3,31%
Hersteller	Laboratorium für Umweltanalytik
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	-
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamisch mit Horiba ASGU 370 TS

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

UBA Wien 113/2021 Kalibrierschein vom 22.11.2021

Verwendetes Nullgas: Kieselgel-Aktivkohle- Molsieb-Adsorberpatrone

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: 2023

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

NO $u_c = 1,58\%$ $U_c = 3,10\%$

NO₂ $u_c = 1,69\%$ $U_c = 3,31\%$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	112
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	± 3,32%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	-
	dynamisch mit Horiba ASGU 370 TS

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Verwendetes Nullgas: Kieselgel-Aktivkohle- Molsieb Adsorberpatrone

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APSA 370

Baujahr: 2023

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

U_c = 1,70% U_c = 3,32%

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	40,5
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	$\pm 4,27\%$
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifizierte Gasmischung Messer
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamisch mit Horiba ASGU 370 TS EMI

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Messer Zertifikat 419651 vom 21.07.2020 (accredited Mix) -> überprüft am 15.02.2023

Verwendetes Nullgas: Hopkalitadsorber

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370

Baujahr: 2023

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 1 (NP)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$u_c = 2,18\%$ $U_c = 4,25\%$

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

13. bis 17. November 2023

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Umweltbundesamt GmbH / Messnetz

Namen der Teilnehmer: Franz Zimmerl, Anton Tanzberger

Kontakt: Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

Telefonnummer: 01/31304-5859

E-Mail: franz.zimmerl@umweltbundesamt.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe 1.4):

Stoffmengenanteile (NO/NOx in nmol/mol)	697,3
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	10,46 nmol/mol
Hersteller	Messer Schweiz
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, as Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Kalibrierschein 110/2023 vom 09.10.2023 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas: Tragbare Nullluftanlage Horiba

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach der Eignungsprüfung?	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: Teledyne API

Modell: API T200U #498

Baujahr: 2023

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

NO: $u_{NO} = \sqrt{u^2_{Kal} + u^2_{repeat} + u^2_{LoF}}$;

$u_{Null} = \sqrt{u^2_{NWG} + u^2_{repeat}}$

NO₂: $u_{NO_2} = \sqrt{u^2_{Kal} + u^2_{repeatNO} + u^2_{repeatNOx} + u^2_{LoF}}$

$u_{Null} = \sqrt{u^2_{NWG} + u^2_{repeat}}$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	147,9
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,70 nmol/mol
Hersteller	Messer Schweiz
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z. B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Kalibrierschein 113/2023 vom 17.10.2023 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas: Tragbare Nullluftanlage Horiba

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Teledyne API

Modell: API T100 #428

Baujahr: 2022

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$u_{SO_2} = \sqrt{u^2_{Kal} + u^2_{repeat} + u^2_{LoF}}$$

$$u_{Null} = \sqrt{u^2_{NWG} + u^2_{repeat}}$$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	1,55
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,105 $\mu\text{mol/mol}$
Hersteller	Westfalen
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Nein

Angabe der Rückführbarkeit auf nationale Standards bzw. auf SI-Einheiten (Name des Labors, das Kalibrierschein ausgestellt hat; z.B. nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts).

Kalibrierschein 114/2023 vom 17.10.2023 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas: Tragbare Nullluftanlage Horiba

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370 # LGL3 ANAN

Baujahr: 2010

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$u_{\text{CO}} = \text{Wurzel} (u^2_{\text{Kal}} + u^2_{\text{repeat}} + u^2_{\text{LoF}})$

$u_{\text{Null}} = \text{Wurzel} (u^2_{\text{NWG}} + u^2_{\text{repeat}})$

ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS-ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

Die Prüfgegenstände NO_x, CO und SO₂ wurden mit der Gasmischsanlage der Ringversuchsanlage erzeugt und über die Ringleitung aus Borosilikatglas an die Teilnehmer:innen der Eignungspürfungen verteilt.

E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

- O₃: (auch zur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung):
Platz 1: TEI 49C, S/N 64071-341
Platz 14: TEI 49i, S/N 1317957903
- SO₂: Platz 1: TEI 43 cTL, S/N 61892-333
Platz 14: TEI 43 iTLE S/N: 1182920003
- CO: Platz 1: APMA 360CE, S/N 8907040114
Platz 14: APMA 370, S/N F0R0BX0T
- NO: Platz 1: Horiba APNA 370, S/N: TLK34DAG
Platz 14: Horiba APNA 370, S/N: 300DPVAE

E2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2023 eingesetzt:

Tabelle 127: Eingesetzte Verdünnungsgase bei der Eignungsprüfung 2023.

Hersteller	Stoffmengenanteil	Analysetoleranz des Herstellers	Trägergas
NO	Messer Austria 1590A	48,93 µmol/mol +/- 2 %	N ₂
SO ₂	Messer A2370	40,5 µmol/mol +/- 2 %	N ₂
CO	Air Liquide (AL) D6GAH	4879 µmol/mol +/- 2 %	N ₂

E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen

Während der Eignungsprüfung wurden die Temperaturwerte im Messraum und im Raum der Gasmischsanlage gemessen und aufgezeichnet. Zusätzlich wurde die Taupunkttemperatur des Trägergases im Raum der Gasmischsanlage gemessen und dokumentiert.

Beim ersten Durchgang der Eignungsprüfung beträgt die mittlere Temperatur im Messraum 22,9°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von 22,1°C und eine Maximaltemperatur von 24,1°C aufgezeichnet.

Beim zweiten Durchgang beträgt die mittlere Temperatur im Messraum der Ringversuchsanlage 23,7°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von 19,2°C und eine Maximaltemperatur von 26,1°C aufgezeichnet.

Beim ersten Durchgang beträgt die mittlere Taupunkttemperatur der Nullluft -40,9°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von -52,4°C und eine Maximaltemperatur von -24,1°C aufgezeichnet.

Beim zweiten Durchgang beträgt die mittlere Taupunkttemperatur der Nullluft -40,7°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von -50,5°C und eine Maximaltemperatur von -27,2°C aufgezeichnet.

E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität

E4.1 Eignungsprüfungsrounde 6.-10.11.2023

Homogenität bzw. Stabilität von Prüfgegenständen können an einer Ringversuchsanlage nur durch Messungen am Beginn und am Ende der Leitung sichergestellt werden.

Die Überprüfung der Ringleitung auf Verunreinigungen erfolgt mit Ozon, da diese Komponente am empfindlichsten auf Verunreinigungen reagiert. Dazu wird über einen bestimmten Zeitraum (zumindest 2 Stunden) ein Stoffmengenanteil in der Größenordnung von 150–200 nmol/mol Ozon erzeugt und mit den kalibrierten Messgeräten auf Platz 1 und auf Platz 14 gemessen. Diese Messwerte werden als Minutenmittelwerte aufgezeichnet und über den gesamten Zeitraum der Messung verglichen. Der absolute Verlust von Ozon darf einen Wert von kleiner gleich 1 nmol/mol nicht übersteigen.

Bei der Überprüfung der Ringleitung auf Verunreinigungen am 03. November 2023, wurden keine Verunreinigungen festgestellt und die Anforderungen wurden eingehalten.

Die Anforderungen an die Homogenität und an die Stabilität erfolgen anhand von Halbstundenmittelwerten am Anfang und am Ende der Ringleitung vor und am Ende der Eignungsprüfung.

Homogenität: Differenz der Messwerte am Beginn und am Ende der Ringleitung:

- < 3,0 nmol/mol für SO₂
- < 0,4 µmol/mol für CO
- < 4,0 nmol/mol für NO₂ und NO in Mischungen

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2023 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten SO₂, CO und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrounde betrugen:

SO₂ 2,0 nmol/mol

CO 0,03 µmol/mol

NO, NO₂: 2,7 nmol/mol

Stabilität: Der Verlauf des Stoffmengenanteils des Prüfgegenstandes darf keine Schwankungen aufweisen, die die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Position an der Ringleitung beeinflussen.

Veränderungen der Stoffmengenanteile, deren Einfluss nicht positionsabhängig ist, haben keinen Einfluss auf die Bewertung, da die Erfassung der Referenzwerte unter den gleichen Bedingungen erfolgt. Allerdings erhöhen sie die kombinierte Messunsicherheit sowohl der Referenzwerte als auch der Messwerte der Teilnehmer:innen. Daher sollten diese so gering wie möglich gehalten werden.

Folgende Veränderungen der Stoffmengenanteile über die 3 Halbstundenmittelwerte sind für die Anlage typisch, es gilt der jeweils höhere Wert:

SO₂: < 1 % oder 3,0 nmol/mol

CO < 1 % oder 0,4 µmol/mol

NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der ersten Eignungsprüfungsrounde vom 6.-10.11.2023 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten SO₂, CO und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrounde betragen:

SO₂ 0,3 nmol/mol

CO 0,04 µmol/mol

NO, NO₂: 0,5/0,3 nmol/mol

E4.2 Eignungsprüfungsrounde 13.-17.12.2023

Homogenität: Die Stoffmengenanteile der ermittelten Halbstundenmittelwerte dürfen folgende Kriterien nicht überschreiten:

< 3,0 nmol/mol für SO₂

< 0,4 nmol/mol für CO

< 4,0 nmol/mol für NO₂ und NO in Mischungen

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der zweiten Eignungsprüfung vom 13.-17.11.2023 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten SO₂, CO und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrounde betragen:

SO₂ 2,9 nmol/mol

CO 0,38 µmol/mol

NO, NO₂: 2,1 nmol/mol

Stabilität: Die Stoffmengenanteile der aufeinanderfolgenden Halbstundenmittelwerte (Referenzwerte) dürfen folgende Kriterien nicht überschreiten:

SO₂ < 1 % oder 3,0 nmol/mol

CO < 0,4 µmol/mol

NO, NO₂: < 1 % oder 4,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der zweiten Eignungsprüfungsrounde vom 13.-17.11.2023 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten SO₂, CO und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrounde betragen:

SO₂ 0,24 nmol/mol

CO 0,03 µmol/mol

NO, NO₂ 0,8/0,4 nmol/mol

E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte

Für die Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte bzw. der Ergebnisse im Rahmen von Eignungsprüfungsrunden wurden folgende Beiträge berücksichtigt:

- *Beitrag Messunsicherheit Kalibriegas jeweilige Komponente – u_{Kal}*

Der Beitrag der verwendeten Kalibriegasgemische zur Messunsicherheit ergibt sich aus dem gültigen Kalibrierschein der Gasmischung (Gasflasche oder Kalibrator). Im Allgemeinen werden Kalibriegasgemische mit einer erweiterten Messunsicherheit < 2 % eingesetzt.

- *Beitrag Messunsicherheit der Streuung des Messsignal – u_{repeat}*

Während der aktuellen Messung: Als Beitrag der Streuung des eingesetzten Analysators wird die Standardabweichung der Einzelwerte, die zur Berechnung des Halbstundenmittelwertes verwendet werden, herangezogen. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um Einminuten(mittel)werte, aus denen ein Halbstundenmittelwert gebildet wird.

- *Beitrag Messunsicherheit Abweichung von der Linearität (LoF) – u_{LoF}*

Der Beitrag der Linearität der Messgeräte ergibt sich aus dem Ergebnis der vorangegangenen LoF-Überprüfung derselben. Die LoF-Überprüfung erfolgt im Allgemeinen im Nullpunkt und in 20 %, 40 %, 60 %, 80 % und 95 % des Zertifizierungsbereiches (oder des definierten Arbeitsbereiches) der jeweiligen Komponente. Die Auswertung einer LoF-Überprüfung erfolgt gemäß den anzuwendenden Normen. Für jeden der Stoffmengenanteile wird ein Wert errechnet, die höchste Abweichung wird für die Berechnung herangezogen. Die maximal zulässige Abweichung beträgt 1 %.

- *Beitrag der Messunsicherheit für die Homogenität der Prüfmittel für alle Teilnehmer:innen- u_{HOM}*

Dieser Betrag besteht aus der tatsächlichen Differenz der beiden Referenzmessgeräte von Platz 1 und Platz 14. Diese wird quadriert und zu den übrigen Teilbeträgen addiert. Die Quadratwurzel aus den 4 Teilbeträgen ergibt dann den Wert der einfachen Messunsicherheit, welcher mit dem Faktor 2 multipliziert die erweiterte Messunsicherheit mit einem Konfidenzintervall von 95 % ergibt.

Für Stoffmengenanteile im Nullpunkt bzw. nahe dem Nullpunkt erfolgt die Berechnung der Messunsicherheit (u_{Null}) wie folgt:

Für die jeweilige Komponente wird der Messunsicherheitsbeitrag der Nachweigrenze (u_{NWG}) und der Streuung der aktuellen Messwerte (u_{repeat}) kombiniert:

$$u_{Null} = \sqrt{(u_{NWG}^2 + u_{repeat}^2 + u_{HOM}^2)} \quad \text{Formel 4}$$

Beispiele für Nachweigrenzen von Messgeräten mit Eignungsprüfungen gemäß EN 14211, EN 14212 und EN 14626 sind:

Komponente	Nachweigrenze
NO	0,5 nmol/mol
NO ₂	0,6 nmol/mol
CO	0,1 µmol/mol
SO ₂	0,3 nmol/mol

Für den Stoffmengenanteil x von der jeweiligen Komponente ergibt sich für die Messunsicherheit:

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + u_{repeat}^2 + u_{LoF}^2 + u_{HOM}^2)} \quad \text{Formel 5}$$

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteile von NO₂ wird, da es aus (NO_x – NO) gebildet wird, sowohl die Streuung des NO-Signals als auch die Streuung des NO_x Signals als zufälliger Beitrag herangezogen.

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + u_{repeatNO}^2 + u_{repeatNOx}^2 + u_{LoF}^2 + u_{Hom}^2)} \quad Formel\ 6$$

Für die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit wird die kombinierte Messunsicherheit mit dem Faktor 2 multipliziert (95 % Vertrauensniveau).

$$U_x = 2u_x \quad Formel\ 7$$

Die Messunsicherheiten für Ozon können direkt mit der im Kalibrierschein angegebenen Funktion errechnet werden.

Die vom Umweltbundesamt ermittelten Referenzwerte werden mit den Ergebnissen der Teilnehmer:innen nach ISO 13528 überprüft und den berechneten robusten Mittelwerten und ihren Standardabweichungen gegenübergestellt.

ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN-NUMMERN

171/174

NO	C		E		F		H		I		K		L	
	z'-score	E _n -Nummer												
NG1	0.61	0.50	0.26	0.30	-	-	0.22	0.23	0.08	0.06	-0.01	-0.01	-0.54	-0.39
c1	-0.11	-0.07	0.44	0.37	0.27	0.22	-0.15	-0.12	0.49	0.35	0.19	0.15	0.07	0.04
c2	-0.15	-0.10	0.29	0.24	0.25	0.20	-0.25	-0.20	0.47	0.33	0.11	0.09	-0.03	-0.02
c3	-0.18	-0.12	0.22	0.19	0.27	0.22	-0.24	-0.19	0.47	0.33	0.10	0.08	-0.07	-0.04
C4	-0.12	-0.08	0.31	0.26	0.21	0.17	-0.24	-0.18	0.51	0.35	0.14	0.11	-0.07	-0.04
C5	-0.16	-0.11	0.17	0.14	0.18	0.14	-0.29	-0.23	0.48	0.33	0.06	0.04	-0.14	-0.08
C6	-0.22	-0.15	-0.06	-0.05	0.18	0.15	-0.28	-0.22	0.39	0.29	0.01	0.01	-0.24	-0.15
C7	-0.05	-0.04	0.08	0.07	0.30	0.26	-0.23	-0.19	0.55	0.42	0.12	0.10	-0.09	-0.06
C8	-0.15	-0.12	-0.25	-0.24	0.32	0.29	-0.27	-0.25	0.42	0.35	0.00	0.00	-0.29	-0.21
C9	0.13	0.14	-0.43	-0.61	-	-	-0.12	-0.15	0.24	0.32	0.03	0.02	-0.47	-0.53
C10	-0.09	-0.07	-0.18	-0.19	0.20	0.18	-0.20	-0.16	0.47	0.36	0.09	0.08	-0.28	-0.19
C11	0.20	0.21	-0.36	-0.49	-	-	-0.08	-0.09	0.40	0.48	0.17	0.15	-0.27	-0.28
C12	0.03	0.02	0.23	0.20	0.29	0.25	-0.09	-0.07	0.61	0.45	0.20	0.16	0.04	0.03
C13	0.07	0.05	0.32	0.28	0.30	0.25	-0.04	-0.03	0.67	0.48	0.26	0.21	0.06	0.04
C14	0.30	0.34	-0.38	-0.56	0.65	0.85	0.03	0.03	0.34	0.45	0.18	0.15	-0.27	-0.31

NO	N		P		D		G		J		O	
	z'-score	E _n -Nummer										
NG1	-0.19	-0.16	0.13	0.11	-0.14	-0.12	-0.04	-0.03	0.00	0.00	-0.04	-0.05
c1	0.30	0.19	0.13	0.09	0.20	0.17	0.57	0.49	0.34	0.25	0.31	0.25
c2	0.19	0.12	0.09	0.06	0.16	0.13	0.60	0.52	0.42	0.31	0.36	0.29
c3	0.17	0.11	0.04	0.03	-0.11	-0.10	0.45	0.40	0.41	0.30	0.20	0.17
C4	0.25	0.15	0.02	0.02	-0.18	-0.15	0.43	0.37	0.46	0.33	0.17	0.14
C5	0.18	0.11	-0.09	-0.06	-0.17	-0.15	0.36	0.31	0.41	0.29	0.08	0.07
C6	0.12	0.08	-0.23	-0.16	-0.13	-0.11	0.23	0.21	0.31	0.23	-0.05	-0.04
C7	0.26	0.17	-0.14	-0.10	-0.03	-0.03	0.31	0.28	0.43	0.33	0.00	0.00
C8	0.16	0.12	-0.09	-0.07	-0.15	-0.14	0.11	0.11	0.28	0.24	-0.20	-0.19
C9	0.26	0.29	0.09	0.09	-0.04	-0.04	0.04	0.06	0.42	0.52	-0.22	-0.33
C10	0.22	0.15	-0.22	-0.16	-0.30	-0.28	0.11	0.10	0.31	0.25	-0.26	-0.22
C11	0.35	0.36	0.04	0.04	0.02	0.02	0.20	0.31	0.51	0.65	-0.36	-0.53
C12	0.51	0.33	-0.02	-0.02	0.05	0.04	0.54	0.47	0.43	0.32	-0.22	-0.18
C13	0.61	0.47	0.02	0.02	0.12	0.10	0.62	0.53	0.51	0.37	-0.15	-0.12
C14	0.49	0.55	0.01	0.01	0.09	0.11	0.16	0.25	0.52	0.67	-0.33	-0.50

NO ₂	C		E		F		H		I		K		L	
	z'-score	E _n -Nummer												
NG1	0.08	0.04	0.21	0.15	-	-	-0.04	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.22	-0.12
c1	-0.86	-0.50	0.65	0.30	0.04	0.02	-0.10	-0.05	0.21	0.12	-0.29	-0.15	-0.75	-0.43
c2	-0.52	-0.35	0.63	0.41	0.12	0.09	-0.29	-0.20	0.47	0.33	0.11	0.06	-0.32	-0.21
c3	-0.40	-0.26	0.58	0.39	0.11	0.08	-0.37	-0.26	0.66	0.44	0.25	0.14	0.05	0.03
c4	-0.70	-0.41	0.20	0.11	0.09	0.05	0.05	0.03	0.28	0.16	-0.14	-0.07	-0.82	-0.48
c5	-0.49	-0.34	0.36	0.24	0.08	0.06	-0.28	-0.21	0.45	0.34	0.12	0.07	-0.39	-0.28
c6	-0.35	-0.22	0.50	0.38	0.11	0.09	-0.47	-0.31	0.80	0.52	0.30	0.16	0.18	0.10
c7	-0.35	-0.22	0.07	0.04	-0.07	-0.04	-0.04	-0.03	-0.18	-0.11	-0.09	-0.05	-0.65	-0.39
c8	-0.21	-0.15	0.28	0.24	0.07	0.07	-0.39	-0.34	0.56	0.43	0.28	0.17	0.14	0.09
c9	-0.06	-0.05	0.12	0.11	-0.01	-0.01	-0.15	-0.14	0.30	0.28	0.03	0.02	-0.01	-0.01
c10	-0.21	-0.14	0.38	0.30	0.16	0.13	-0.39	-0.25	0.63	0.44	0.36	0.20	0.16	0.09
c11	-0.05	-0.03	0.20	0.14	0.04	0.03	-0.04	-0.03	0.14	0.13	-0.04	-0.03	-0.04	-0.02
c12	-0.39	-0.26	0.48	0.29	0.15	0.10	0.07	0.05	-0.05	-0.04	0.17	0.10	-0.36	-0.24
c13	-0.44	-0.28	0.32	0.16	0.22	0.14	0.30	0.19	-0.17	-0.10	0.24	0.12	-0.61	-0.36
c14	0.00	0.00	0.19	0.16	-0.03	-0.02	0.03	0.02	0.19	0.12	-0.10	-0.06	-0.09	-0.06

NO ₂	N		P		D		G		J		O	
	z'-score	E _n -Nummer										
NG1	-0.63	-0.36	0.07	0.04	-0.04	-0.02	-0.06	-0.03	-0.15	-0.10	0.05	0.04
c1	-1.72	-1.14	-0.62	-0.37	0.47	0.28	-0.95	-0.53	-0.23	-0.15	0.44	0.31
c2	-0.84	-0.56	-0.29	-0.20	0.78	0.57	-0.34	-0.24	0.61	0.43	0.57	0.43
c3	-0.45	-0.28	-0.22	-0.15	0.66	0.49	-0.25	-0.18	0.80	0.53	0.46	0.34
c4	-1.53	-1.05	-0.74	-0.43	0.34	0.20	-1.81	-1.02	1.10	0.75	0.41	0.29
c5	-0.96	-0.70	-0.44	-0.31	0.50	0.42	-0.97	-0.79	1.20	1.01	0.27	0.24
c6	-0.23	-0.14	-0.26	-0.18	0.67	0.52	-0.15	-0.12	0.97	0.64	0.32	0.24
c7	-1.23	-1.02	-0.78	-0.50	0.20	0.13	-1.13	-0.71	1.31	1.03	0.11	0.10
c8	-0.35	-0.25	-0.35	-0.25	0.57	0.51	-0.18	-0.16	0.89	0.68	0.12	0.11
c9	-0.66	-0.57	-0.16	-0.13	0.41	0.32	-0.30	-0.24	0.79	0.69	-0.09	-0.09
c10	-0.19	-0.12	-0.36	-0.24	0.63	0.52	-0.22	-0.18	0.74	0.51	0.12	0.10
c11	-0.76	-0.66	-0.31	-0.23	0.38	0.27	-0.37	-0.26	0.68	0.56	-0.14	-0.12
c12	-1.11	-0.88	-0.65	-0.45	0.02	0.01	-1.51	-1.08	0.44	0.38	-0.07	-0.06
c13	-1.38	-1.06	-0.61	-0.37	-0.18	-0.12	-2.27	-1.37	0.78	0.60	-0.07	-0.06
c14	-0.70	-0.57	-0.13	-0.08	0.37	0.25	-0.23	-0.16	0.75	0.58	-0.17	-0.15

SO₂	C		E		F		H		I	
	z'-score	E _n -Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer
NG1	0.05	0.05	0.08	0.15	0.17	0.19	0.32	0.70	0.07	0.04
c1	-0.42	-0.35	0.82	0.61	-0.17	-0.13	-0.01	-0.01	-0.23	-0.15
c2	0.00	0.00	2.08	1.69	0.14	0.12	1.25	0.95	0.77	0.46
c3	-0.19	-0.13	1.80	1.32	0.02	0.02	0.92	0.61	0.58	0.37
C4	-0.27	-0.19	1.96	1.57	0.06	0.05	1.19	0.90	0.98	0.55
C5	-0.49	-0.53	0.57	0.54	-0.09	-0.08	-0.09	-0.10	0.06	0.04
C6	-0.48	-0.35	1.47	1.06	-0.09	-0.06	0.61	0.46	0.35	0.25
C7	-0.23	-0.16	1.87	1.32	0.05	0.04	1.12	0.74	0.82	0.50
C8	-0.15	-0.10	2.00	1.46	-0.01	0.00	0.81	0.61	0.55	0.36
C9	0.07	0.06	0.06	0.10	0.21	0.22	0.25	0.47	-0.04	-0.02
NG2	0.05	0.05	0.08	0.15	0.17	0.19	0.32	0.70	0.07	0.04

SO₂	K		P		J		O	
	z'-score	E _n -Nummer						
NG1	0.02	0.02	0.09	0.09	-0.01	-0.01	0.12	0.27
c1	-0.19	-0.14	-0.75	-0.60	0.27	0.23	-0.89	-0.80
c2	0.76	0.41	-0.26	-0.19	1.83	1.17	-1.10	-0.74
c3	0.49	0.29	-0.39	-0.28	1.49	0.97	-1.06	-0.67
C4	0.88	0.46	-0.19	-0.13	2.10	1.33	-1.04	-0.73
C5	-0.07	-0.05	-0.42	-0.45	0.06	0.06	-0.49	-0.53
C6	0.22	0.14	-0.31	-0.22	1.03	0.73	-0.98	-0.56
C7	0.59	0.33	-0.11	-0.07	1.76	1.14	-1.08	-0.71
C8	0.31	0.19	-0.01	0.00	1.36	0.96	-1.05	-0.65
C9	0.06	0.06	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.03	0.06
NG2	0.02	0.02	0.09	0.09	-0.01	-0.01	0.12	0.27

CO	C		E		F		H		I		K	
	z'-score	E _n -Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer
NG1	-0.005	-0.004	0.048	0.080	-0.048	-0.069	0.000	0.000	-0.048	-0.037	0.048	0.025
c1	-0.109	-0.118	-0.928	-0.944	-0.240	-0.260	-0.096	-0.119	-0.096	-0.103	-0.208	-0.165
c2	0.038	0.027	-1.347	-0.911	-0.302	-0.219	-0.126	-0.106	-0.019	-0.013	-0.296	-0.217
c3	0.026	0.020	-1.128	-0.802	-0.303	-0.228	-0.143	-0.122	-0.025	-0.019	-0.295	-0.216
C4	0.059	0.044	-1.053	-0.743	-0.292	-0.219	-0.142	-0.119	0.008	0.006	-0.284	-0.207
C5	0.102	0.067	-1.155	-0.715	-0.279	-0.184	-0.144	-0.106	0.030	0.019	-0.289	-0.194
C6	0.050	0.071	-0.388	-0.537	-0.129	-0.184	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.065	-0.046
C7	0.152	0.124	-0.855	-0.670	-0.178	-0.146	-0.024	-0.020	0.071	0.058	-0.154	-0.114
C8	0.189	0.133	-0.982	-0.646	-0.178	-0.126	-0.036	-0.028	0.100	0.069	-0.206	-0.145
C9	0.216	0.182	-0.841	-0.669	-0.156	-0.133	0.031	0.029	0.104	0.087	-0.156	-0.123
NG2	0.213	0.176	0.879	1.100	0.185	0.213	0.370	0.430	0.278	0.203	0.278	0.144

CO	P		D		G		J		M		O	
	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E_{n}-Nummer	z'-score	E _n -Nummer
NG1	-0.048	-0.037	-0.096	-0.140	-0.036	-0.057	-0.191	-0.040	-0.105	-0.186	-0.096	-0.086
c1	-0.288	-0.293	-0.206	-0.262	0.054	0.047	-0.459	-0.187	-0.321	-0.433	0.158	0.178
c2	-0.195	-0.129	-0.195	-0.171	0.199	0.117	-0.559	-0.361	-0.353	-0.327	0.339	0.305
c3	-0.219	-0.164	-0.129	-0.120	0.201	0.128	-0.476	-0.306	-0.291	-0.285	0.361	0.336
C4	-0.217	-0.161	-0.069	-0.066	0.220	0.141	-0.406	-0.263	-0.250	-0.251	0.442	0.421
C5	-0.144	-0.093	-0.005	-0.005	0.285	0.163	-0.376	-0.235	-0.207	-0.188	0.572	0.510
C6	-0.259	-0.315	0.130	0.241	0.192	0.242	-0.126	-0.039	-0.032	-0.066	0.259	0.311
C7	-0.142	-0.078	0.126	0.146	0.261	0.196	-0.206	-0.103	-0.060	-0.075	0.528	0.594
C8	-0.078	-0.065	0.115	0.112	0.258	0.160	-0.238	-0.162	-0.093	-0.096	0.669	0.662
C9	-0.052	-0.043	0.157	0.170	0.222	0.153	-0.174	-0.102	-0.063	-0.073	0.658	0.712
NG2	0.185	0.137	0.227	0.243	0.404	0.445	0.227	0.049	0.300	0.346	0.136	0.109