

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung 2018



Auswertung der Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO

EIGNUNGSPRÜFUNG ZUR IMMISSIONSMESSUNG 2018

Auswertung der Eignungsprüfung
für NO/NO₂, SO₂ und CO

Endbericht

Marina Fröhlich
Nicole Klösch
Andreas Wolf

REPORT
REP-0682

Wien, 2019

Eignungsprüfungsstelle akkreditiert von Akkreditierung Austria gemäß ÖVE/ÖNORM ISO/IEC 17043,
Identifikationsnummer 0200, durch den Bescheid des BMDW vom 17.05.2017 (GZ.: BMWFV-92.231/0003-II/12/2017)
für den unter gemäß www.bmdw.gv.at veröffentlichten Akkreditierungsumfang

Firmenbuchgericht: Handelsgericht Wien; Firmenbuchnummer: FN 1870105; DVR 0492221
Bankverbindung: Erste Bank, Kto. Nr. 822-133-328/00, BLZ: 20111, IBAN: AT 742011182213332800, BIC: GIBAATWWXXX



Anbieter von Eignungsprüfungen

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5

1090 Wien

Telefon: +43-(0)1-31304-5514

Telefax: +43-(0)1-31304-5800

Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/>

AutorInnen

Marina Fröhlich

Nicole Klösch

Andreas Wolf

Leitung Eignungsprüfungen

Siegmond Böhmer

Telefon: +43-(0)1-31304-5514

Koordination Eignungsprüfungen

Marina Fröhlich

Telefon: +43-(0)1-31304-5862

Genehmigung/Freigabe des Berichts

Leitung Eignungsprüfungen: Siegmond Böhmer

Art des Berichts und Ausgabedatum:

Endbericht; März 2019

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Manuela Kaitna

Umschlagbild

© Umweltbundesamt

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

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2019

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-501-5

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	19
5.1	z'-score Auswertung	19
5.2	En-Nummer Auswertung	29
5.3	Bias und Messunsicherheit	39
6	LITERATURVERZEICHNIS	52
	ANHÄNGE	53
	ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	54
A1	Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit	55
A2	Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen	55
	ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	56
	ANHANG C: BERICHTETE WERTE	59
	ANHANG D: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH	107
	ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	153
E1	Eingesetzte Referenzmessgeräte	153
E2	Herstellung der Prüfgegenstände	153
E3	Dokumentation der Umgebungsbedingungen	153
E4	Überprüfung von Homogenität und Stabilität	154
E5	Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte	155

ZUSAMMENFASSUNG

Mitte Oktober 2018 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor aufgrund der großen Anfrage zwei aufeinanderfolgende Eignungsprüfungen mit identem Programm für Betreiber von Immissionsmessnetzen. Eignungsprüfungen dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Es wurden Messungen der Luftschadstoffe Kohlenstoffmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt.

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung

Die Ergebnisse aller 15 TeilnehmerInnen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Auswerteverfahren

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

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

Bewertungskriterien

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2018 sind insgesamt sehr zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen wieder.

Für die Komponente CO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten; die Ergebnisse waren vollkommen zufriedenstellend (Bestnote a1).

Ergebnisse Kohlenstoffmonoxid

Für die Komponente SO₂ wurden die vorgegebenen Leistungskriterien ebenfalls bei allen Stoffmengenanteilen von allen Messgeräten eingehalten; die Ergebnisse waren vollkommen zufriedenstellend bis zufriedenstellend. Nur zwei teilnehmende Organisationen erhielten bei niedrigeren Stoffmengenanteilen mehrmals a2- bzw. a3-Bewertungen.

Ergebnisse Schwefeldioxid

Die vorgegebenen Leistungskriterien bei allen Stoffmengenanteilen wurden auch bei der Komponente NO von allen Messgeräten eingehalten. Eine teilnehmende Organisation erhielt bei niedrigeren NO-Stoffmengenanteilen mehrmals eine a2-Bewertung; eine zweite teilnehmende Organisation mehrmals eine a3-Bewertung.

Ergebnisse Stickstoffoxide

Für die Komponente NO₂ wurden die vorgegebenen Leistungskriterien ebenfalls bei allen Stoffmengenanteilen von allen Messgeräten eingehalten. Es wurde größtenteils vollkommen bis sehr zufriedenstellende NO₂ Ergebnisse erzielt. Nur zwei TeilnehmerInnen erreichten zufriedenstellende Bewertungen; eine davon bei hohen Stoffmengenanteilen mehrmals eine a3-Bewertung. Eine teilnehmende Organisation erhielt durchgängig eine a2-Bewertung.

Hervorzuheben ist, dass Bewertungen bis inklusive a3 gute, die Anforderungen 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 Standard gehalten werden konnte.

Im Oktober 2019 ist die nächste Eignungsprüfungsrunde für die Luftschadstoffe NO, NO₂ und O₃ geplant.

nächste Eignungsprüfung im Herbst 2019

SUMMARY

interlaboratory comparison Mid-October 2018 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised due to the large number of registrations two interlaboratory comparisons with identical programs for air quality network operators. The test was undertaken at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants carbon monoxide (CO), sulphur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO and NO₂).

evaluation of measurement results The results of all 15 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 were evaluated.

Overall, the results of the proficiency testing of 2018 are highly satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.

results of CO For CO, all participants complied with the required performance criteria at all concentrations and received fully satisfactory results (a1 evaluations).

results of SO₂ For SO₂ all measurement results complied with the required performance criteria and provided fully satisfactory to satisfactory results. Two participating organizations were classified by low amounts of SO₂ with several a2 or a3 evaluations (z'-score satisfactory, E_n-number not ok, due to underestimation of the measurement uncertainty).

results of NO All NO measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations; One participating organization obtained by low amounts several times a2-evaluations. Another participating organization few times a3-evaluations.

results of NO₂ All NO₂ measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations. The majority of analyzers achieved very satisfactory to satisfactory NO₂ results; just two participating organizations received only satisfactory results (a3). One of these organizations was classified by high amounts of NO₂ with several a3 evaluations. Another organization received throughout all NO₂-concentrations a2-evaluations.

In general it should be 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 level as in previous years.

next proficiency testing round The next proficiency testing round for NO, NO₂ and Ozone will take place in October 2019.

1 EINLEITUNG

Gemäß der Messkonzept-Verordnung zum Immissionsschutzgesetz-Luft ist das Umweltbundesamt verpflichtet, den Betreibern 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. Dies ist dadurch gerechtfertigt, dass auch in diesen die Einhaltung der gesetzlichen Datenqualitätsziele überprüft wird. Wenn durch die nationalen Gesetze weitere Zwischenschritte der Luftgütemessungen eingeführt sind – in Österreich erheben z. B. 10 Messnetze Immissionsdaten – so sind die Anforderungen an die Daten, die Messnetze und die Qualitätssicherung ident zu den Anforderungen eines einzigen nationalen Messnetzes.

**Ziele einer
Eignungsprüfung**

Aufgrund der großen Anzahl an Anmeldungen wurden heuer erstmals zwei aufeinanderfolgende Eignungsprüfungen durchgeführt. Vom 08. bis 12. Oktober 2018 und vom 15. bis 19. Oktober 2018 wurden die Messsysteme von 15 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Kohlenstoffmonoxid (CO₃), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt. Die Ergebnisse beider Eignungsprüfungen werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

**gemessene
Luftschadstoffe**

Das Umweltbundesamt hat vom 13.06. bis 17.06.2016 im ERLAP – dem europäischen Referenzlabor für Luftschadstoffe im Joint Research Centre in Ispra – an einer Eignungsprüfung für nationale Referenzlaboratorien für SO₂, CO, O₃, NO und NO₂ erfolgreich teilgenommen. Durch diese Teilnahme des Umweltbundesamtes konnten die Ergebnisse der vorliegenden Eignungsprüfung mit denen des 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.

**Aufbau
des Berichtes**

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 wiedergegeben. Anhang E behandelt die Vorbereitung der Ringversuchsanlage für gasförmige Luftschadstoffe bei der Eignungsprüfung.

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

2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG

Die Eignungsprüfung 2018 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)



TeilnehmerInnen

An der Eignungsprüfung nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Salzburg, Steiermark, Kärnten und Tirol sowie der LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen) teil. Außerdem waren VertreterInnen der Eurofins NUA – Umwelt GmbH & Co. KG, der iC consulenten Ziviltechniker GesmbH und des Laboratoriums für Umweltanalytik GmbH aus Österreich vertreten. Internationale teilnehmende Organisationen waren Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG aus Deutschland, Milan Vidmar Electric Power Reserach Institute aus Slowenien sowie das nationale Referenzlaboratorium Executive Environment Agency aus Bulgarien (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:
Platznummern und
Acronyme der an den
Eignungsprüfungen des
Umweltbundesamtes
mitwirkenden
Organisationen.

Organisationen	Platznummer	Acronym in den Auswertungen
Umweltbundesamt Referenzwert	1	A
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	3	B
Infraseriv Höchst	3	C
Eurofins NUA	4	D
Amt der Kärntner Landesregierung	5	E
iC consulenten	6	F
Laboratorium für Umweltanalytik	6	G
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	7	H
Executive Environment Agency	8	I
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	9	J
LfU Bozen	10	K
Amt der Burgenländischen Landesregierung	11	L
Amt der Tiroler Landesregierung	11	M
Milan Vidmar Electric Power Research Institute	12	N
Amt der Salzburger Landesregierung	13	O
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	13	P
Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)	14	Q

Die teilnehmenden Organisationen zogen per Los ihren nummerierten Arbeitsplatz an der Ringversuchsanlage (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 TeilnehmerInnen 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

Am Arbeitsplatz 1 und 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut und betrieben. Am Messplatz 1 wurden der NO/NO₂-Referenzwert, der SO₂-Referenzwert sowie der CO-Referenzwert ermittelt. Die Ergebnisse der Messungen der TeilnehmerInnen waren in Form von Halbstundenmittelwerten, einschließlich ihrer Messunsicherheiten, anzugeben.

Tabelle 2: *Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.*

Organisationen	Gerätetyp NO_x	Gerätetyp SO₂	Gerätetyp CO
Umweltbundesamt (Referenz Platz 1)	APNA-370	TEI 43cTL	APMA 360CE
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA-370	APSA-370	APMA-370
Infraserv Höchst	-	-	APMA-370
Eurofins NUA	APNA-370	-	-
Amt der Kärntner Landesregierung	TE 42i	TE 43i	APMA-370
iC consulenten	API T200	-	-
Laboratorium für Umweltanalytik	APNA-370	APSA-370	APMA 360
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA-370
Executive Environment Agency	APNA-370 (defekt)	APSA-370	APMA-370
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA-370	TE 43i TLE	APMA-370
LfU Bozen	APNA-370	TEI 43i TLE	APMA-370
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA 360
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA-370
Milan Vidmar Electric Power Research Institute	APNA-370	APSA-370	-
Amt der Salzburger Landesregierung	APNA-370	TE 43i	APMA-370
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA-370
Umweltbundesamt (Homogenität, Platz 14)	APNA-370	API T100	APMA-370

*Abbildung 2:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
und Personal der
Eignungsprüfungsstelle
vom 08.–12.10.2018.
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 3:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
und Personal der
Eignungsprüfungsstelle
vom 08.–12.10.2018.
(© Umweltbundesamt)*



*Abbildung 4:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
und Personal der
Eignungsprüfungsstelle
vom 15.–19.10.2018.
(© 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 5:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 6:
Konzentriertes Arbeiten
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 7:
VertreterInnen der
teilnehmenden
Organisationen
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)

3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE

Der genaue zeitliche Verlauf sowie die Stoffmengenanteile sind in den nachfolgenden zwei Tabellen für beide Eignungsprüfungsrunden dargestellt.

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschadstoffe (08.–12.10.2018).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)		Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	CO
				in nmol/mol, CO in µmol/mol					
08.10.2018 09:00			Aufbau Einlaufen						
08.10.2018 14:00			Besprechung/ Kalibrierung						
09.10.2018 10:00	NO/NO _x /NG1	01:30	Start NO/NO _x	0					
09.10.2018 11:30	NO/NO _x 1	02:00			470	10	480		
09.10.2018 13:30	NO/NO _x 2	02:00			420	60	480		
09.10.2018 15:30	NO/NO _x 3	02:00			360	120	480		
09.10.2018 17:30	NO/NO _x 4	02:00			470	10	480		
09.10.2018 19:30	NO/NO _x 5	02:00			400	10	410		
09.10.2018 21:30	NO/NO _x 6	02:00			200	210	410		
09.10.2018 23:30	NO/NO _x 7	02:00			0	10	10		
10.10.2018 01:30	NO/NO _x 8	02:00			100	110	210		
10.10.2018 03:30	NO/NO _x 9	02:00			10	50	60		
10.10.2018 05:30	NO/NO _x 10	02:00			150	160	310		
10.10.2018 07:30	NO/NO _x 11	02:00			50	10	60		
10.10.2018 09:30	NO/NO _x 12	02:00			300	10	310		
10.10.2018 11:30	NO/NO _x 13	02:00			10	10	20		
10.10.2018 13:30	NO/NO _x 14	02:00			25	20	45		
10.10.2018 15:30	NO/NO _x /NG2	01:00		0					
10.10.2018 16:30	SO ₂ /CO NG 1	01:30	Start SO ₂ /CO	0					
10.10.2018 18:00	SO ₂ /CO 1	02:00						20	4
10.10.2018 20:00	SO ₂ /CO 2	02:00						120	15
10.10.2018 22:00	SO ₂ /CO 3	02:00						80	10
11.10.2018 00:00	SO ₂ /CO 4	02:00			500	10	510	80	10
11.10.2018 02:00	SO ₂ /CO 5	02:00						160	18
11.10.2018 04:00	SO ₂ /CO 6	02:00						10	2
11.10.2018 06:00	SO ₂ /CO 7	02:00						40	6
11.10.2018 08:00	SO ₂ /CO 8	02:00						100	12
11.10.2018 10:00	SO ₂ /CO 9	02:00						60	8
11.10.2018 12:00	SO ₂ /CO NG	01:30		0					
11.10.2018 13:30		02:00	Ende/Kalibrierung						

Tabelle 4: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschadstoffe (15.–19.10.2018).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	CO
				in nmol/mol, CO in µmol/mol				
15.10.2018 09:00			Aufbau Einlaufen					
15.10.2018 14:00			Besprechung/ Kalibrierung					
16.10.2018 10:00	NO/NO _x /NG1	01:30	Start NO/NO _x	0				
16.10.2018 11:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480		
16.10.2018 13:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480		
16.10.2018 15:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480		
16.10.2018 17:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480		
16.10.2018 19:30	NO/NO _x 5	02:00		400	10	410		
16.10.2018 21:30	NO/NO _x 6	02:00		200	210	410		
16.10.2018 23:30	NO/NO _x 7	02:00		0	10	10		
17.10.2018 01:30	NO/NO _x 8	02:00		100	110	210		
17.10.2018 03:30	NO/NO _x 9	02:00		10	50	60		
17.10.2018 05:30	NO/NO _x 10	02:00		150	160	310		
17.10.2018 07:30	NO/NO _x 11	02:00		50	10	60		
17.10.2018 09:30	NO/NO _x 12	02:00		300	10	310		
17.10.2018 11:30	NO/NO _x 13	02:00		10	10	20		
17.10.2018 13:30	NO/NO _x 14	02:00		25	20	45		
17.10.2018 15:30	NO/NO _x /NG2	01:00		0				
17.10.2018 16:30	SO ₂ /CO NG 1	01:30	Start SO ₂ /CO	0				
17.10.2018 18:00	SO ₂ /CO 1	02:00					20	4
17.10.2018 20:00	SO ₂ /CO 2	02:00					120	15
17.10.2018 22:00	SO ₂ /CO 3	02:00					80	10
18.10.2018 00:00	SO ₂ /CO 4	02:00		500	10	510	80	10
18.10.2018 02:00	SO ₂ /CO 5	02:00					160	18
18.10.2018 04:00	SO ₂ /CO 6	02:00					10	2
18.10.2018 06:00	SO ₂ /CO 7	02:00					40	6
18.10.2018 08:00	SO ₂ /CO 8	02:00					100	12
18.10.2018 10:00	SO ₂ /CO 9	02:00					60	8
18.10.2018 12:00	SO ₂ /CO NG 2	01:30		0				
18.10.2018 13:30		02:00	Ende/Kalibrierung					

Die Gasmischungen für die Eignungsprüfung wurden durch Verdünnung von konzentrierten Gasen von CO, SO₂ oder NO mit Nullluft über thermische Masendurchflussregler (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 Teilnehmerinnen/Teilnehmern 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

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

zulässige Standard- abweichung

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.

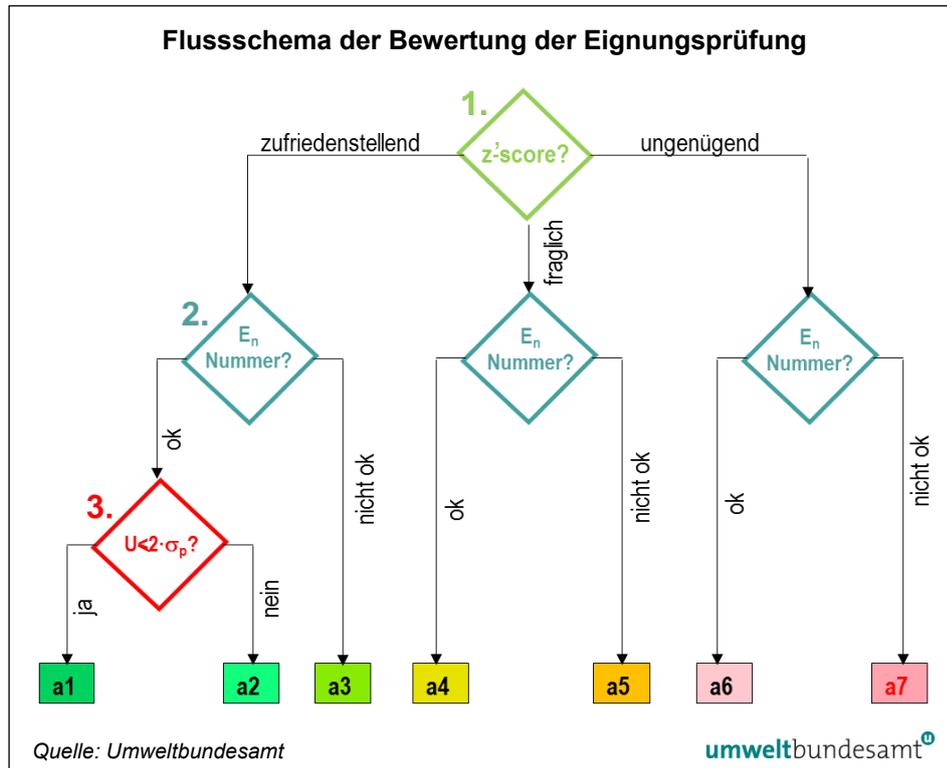


Abbildung 8:
Flussschema
der Bewertung
der Eignungsprüfung.

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

Beurteilungsschema

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen der Eignungsprüfung 2018 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 2018.

	Lauf Nummer	Referenzwerte beider Ringversuche RV1/RV2	B	C	E	G	H	I	J	K	L	M	O	P
CO (µmol/mol)	NG1	-0,004/-0,01	a1											
	CO 1	4,58/4,54	a1											
	CO 2	17,11/17,02	a1											
	CO 3	11,39/11,32	a1											
	CO 4	11,39/11,33	a1											
	CO 5	20,57/20,50	a1											
	CO 6	2,32/2,27	a1											
	CO 7	6,82/6,76	a1											
	CO 8	13,58/13,53	a1											
	CO 9	9,05/8,99	a1											
	NG2	-0,002/-0,090	a1											

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2018.

	Lauf Nummer	Referenzwerte beider Ringversuche RV1/RV2	B	E	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
SO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,09	a1	a2	a1	a1								
	SO ₂ 1	21,27/21,31	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1
	SO ₂ 2	118,59/119,05	a1											
	SO ₂ 3	80,47/80,56	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1
	SO ₂ 5	157,76/158,20	a1											
	SO ₂ 6	11,78/11,82	a3	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1
	SO ₂ 7	41,40/41,51	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1
	SO ₂ 8	99,65/99,86	a1											
	SO ₂ 9	60,97/61,10	a1	a2	a1	a1								
	NG2	0,08/0,09	a1	a2	a1	a1								

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2018.

	Lauf Nummer	Referenzwerte RV1/RV2 ~[nmol/mol]	B	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	
NO (nmol/mol)	NG1	1	a1	a2	a1	a1										
	NO1	491	a1													
	NO 2	438	a1													
	NO 3	377	a1													
	NO 4	491	a1													
	NO 5	421	a1													
	NO 6	231	a1	a1	a1	a3	a1									
	NO 7	1/9	a1	a2	a1	a1										
	NO 8	110	a1	a1	a1	a3	a1									
	NO 9	25	a1	a1	a1	a3	a1	a2	a1	a1						
	NO 10	177	a1	a1	a1	a3	a1									
	NO 11	63	a1	a1	a1	a3	a1	a2	a1	a1						
	NO 12	321	a1	a1	a1	a3	a1									
	NO 13	20	a1	a1	a1	a3	a1	a2	a1	a1						
	NO 14	36	a1	a1	a1	a3	a1	a2	a1	a1						
NG2	0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a2	a1	

	Lauf Nummer	Referenzwerte beider Ringversuche RV1/RV2	B	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,1/0,3	a1	a2	a1	a1									
	NO ₂ 2	66,1/66,5	a1	a3	a2	a1	a1								
	NO ₂ 3	127,5/127,7	a1	a3	a2	a1	a1								
	NO ₂ 6	202,8/202,9	a1	a2	a1	a3	a2	a1	a1						
	NO ₂ 7	0,4/4,2	a1	a2	a1	a1									
	NO ₂ 8	117,0	a1	a2	a1	a1									
	NO ₂ 9	42,8/42,7	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2	a1	a1
	NO ₂ 10	153,8/154,2	a1	a2	a1	a3	a2	a1	a1						
	NO ₂ 14	14,8	a1	a2	a1	a1									
	NG2	0	a1	a2	a1	a1	a1	a2	a1						

Tabelle 9:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2018.

Bei der Eignungsprüfung 2018 haben die TeilnehmerInnen C, D, E, G, H, L und P, durchgehend für alle Komponenten und Stoffmengenanteile die Bewertung a1 erhalten. TeilnehmerIn C hat nur für die Komponente CO teilgenommen, TeilnehmerIn D nur für NO und NO₂.

Ergebnisse

TeilnehmerInnen J und O weisen sehr zufriedenstellende Ergebnisse auf und haben jeweils nur eine a2-Bewertung, TeilnehmerIn J für NO₂ und TeilnehmerIn O für NO.

TeilnehmerIn K hat – neben zwei a2-Bewertungen bei NO₂ bei hohen Stoffmengenanteilen – ausnahmslos a1-Bewertungen. TeilnehmerIn B hat – ausgenommen einer a3-Bewertung bei SO₂ (bei niedrigem Stoffmengenanteil) – durchgehend a1-Bewertungen. TeilnehmerIn F hat nur für die Komponente Stickstoffoxide teilgenommen; neben mehreren a3-Bewertungen bei NO und einer a3-Bewertung bei NO₂ finden sich ausschließlich a1-Bewertungen.

TeilnehmerIn N überschätzte bei SO₂, NO und NO₂ die Messunsicherheit ($> \sigma_{PT}$), was zu mehreren a2-Bewertungen führte. Die Komponente CO wurde bei allen Stoffmengenanteilen mit a1 bewertet. *Participant N overestimated the measurement uncertainty for SO₂, NO and NO₂ ($> \sigma_{PT}$), consequently evaluated as a2. CO was evaluated with a1 only.*

TeilnehmerIn M hat bei CO, SO₂ und NO nur a1-Bewertungen, jedoch vier a3-Bewertungen bei NO₂ zu verzeichnen.

TeilnehmerIn I weist neben ausschließlich a1-Bewertungen bei CO und vier a3-Bewertungen bei der Komponente SO₂ auf – eine Folge der Unterschätzung der Messunsicherheit. Der NO_x-Monitor der TeilnehmerIn I war beim Transport beschädigt worden, sodass keine Messungen durchgeführt werden konnten. *Participant I receives solely a1 for CO, four a3 for SO₂ due to underestimation of measurement uncertainty. The NO_x monitor of participant I was broken during transport, so no measurements could be taken.*

Mit Bewertungen von a1 bis a3 weisen alle teilnehmenden Organisationen vollkommen zufriedenstellende bis zufriedenstellende Ergebnisse auf.

Für die Komponente CO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten und wurden ausschließlich mit a1 – vollkommen zufriedenstellen – bewertet (siehe Tabelle 6).

Komponente CO

Auch für die Komponente SO₂ wurden die vorgegebenen Leistungskriterien bei allen Stoffmengenanteilen von allen Messgeräten eingehalten; die Ergebnisse waren vollkommen zufriedenstellend bis zufriedenstellend (siehe Tabelle 7). Nur

Komponente SO₂

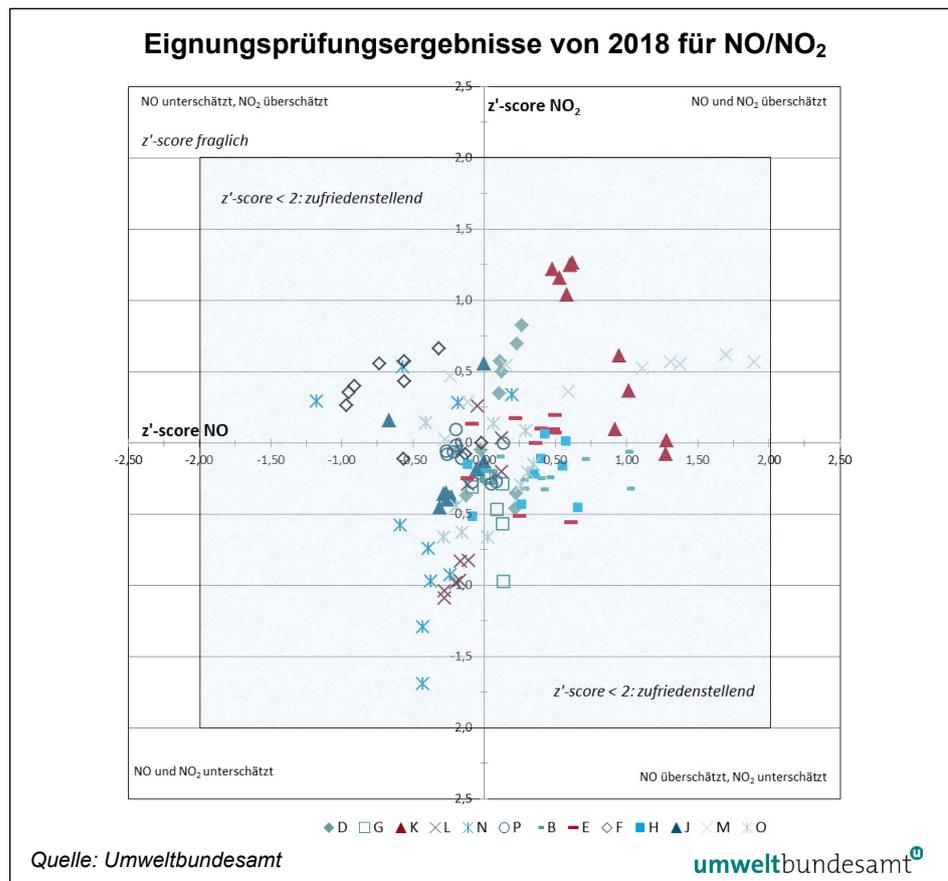
zwei teilnehmende Organisationen erhielten bei geringeren Stoffmengenanteilen mehrmals a2- bzw. a3-Bewertungen.

Komponente NO Für die Komponente NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien bei allen Stoffmengenanteilen von allen Messgeräten eingehalten; Eine teilnehmende Organisation wurde bei geringen NO Stoffmengenanteilen mehrmals mit a2-bewertet, eine zweite TeilnehmerIn mehrmals mit a3 (siehe Tabelle 8).

Komponente NO₂ Für diese Komponente NO₂ hat der Großteil der Messgeräte vollkommen bis sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Nur zwei teilnehmende Organisationen haben zufriedenstellende Bewertungen erhalten. Eine teilnehmende Organisation wurde bei hohen Stoffmengenanteilen mehrmals mit a3, eine TeilnehmerIn wurde durchgängig mit a2 bewertet (siehe Tabelle 9).

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse für die Mischungen von NO und NO₂ in Zusammenhang zu stellen und grafisch abzubilden, bietet das Youden Plot. Dafür werden die z'-scores für NO und NO₂ von jedem/er TeilnehmerIn für jeden Durchgang kombiniert. Aus nachstehender 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 2018 für NO/NO₂ – dargestellt in Form des Youden Plot.



hervorragendes Gesamtergebnis

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2018 ist hervorragend: Die z'-scores liegen bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2. Das sehr gute Gesamtergebnis ist auch grafisch gut ersichtlich, da der größte Anteil der Ergebnisse der teilnehmenden Organisationen um das Zentrum streut.

5 AUSWERTUNG DER DATEN

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

5.1 z'-score Auswertung

Mit dem z'-score wird überprüft, ob die Differenz zwischen einer gemessenen Konzentration 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 ÖNORM EN 14211, ÖNORM EN 14212, ÖNORM EN 14625 und ÖNORM 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.

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 NO₂ ist die Anforderung von $b = 1$ 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 NO₂ können daher durch Überschreiten von σ_P schlechtere Bewertungen auftreten, die nicht maßgeblich für die Bewertung der Kompetenz der teilnehmenden Organisation sind.

Ermittlung des Schwellenwertes

zulässige Messunsicherheit

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

Tabelle 10:
Berechnung der zulässigen Standardabweichung für die Konformitätsbewertung.

Das z'-score wird nach ISO 13528 folgendermaßen berechnet:

**Berechnung
des z'-score**

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

- x_i Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden i bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente
- X Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente
- $x_i - X$ Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)
- σ_p zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung
- u_x Messunsicherheit des Referenzwertes
- a Steigung der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt
- b Achsenschnitt der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt

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

z'-score-Ergebnisse

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

Für CO, SO₂, NO und NO₂ lag das z'-score bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2 und wurde damit für alle TeilnehmerInnen und Stoffmengenanteile als „zufriedenstellend bewertet (siehe Abbildung 10 bis Abbildung 27).

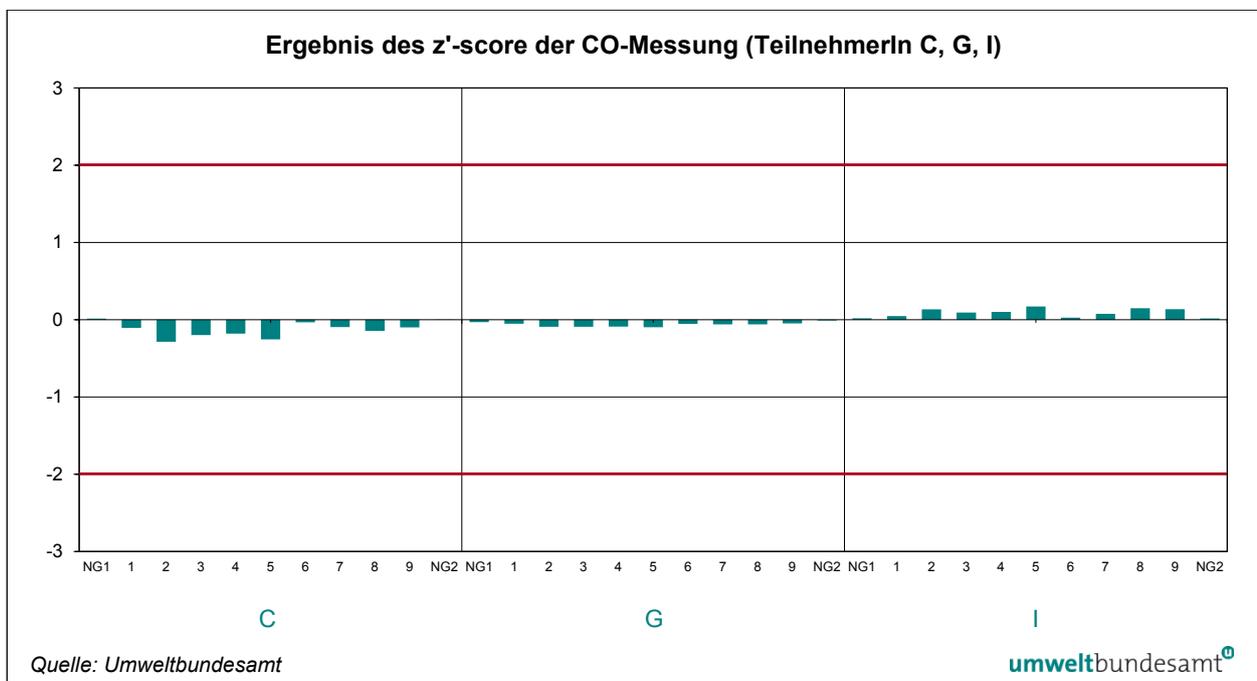


Abbildung 10: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (TeilnehmerIn C, G, I).

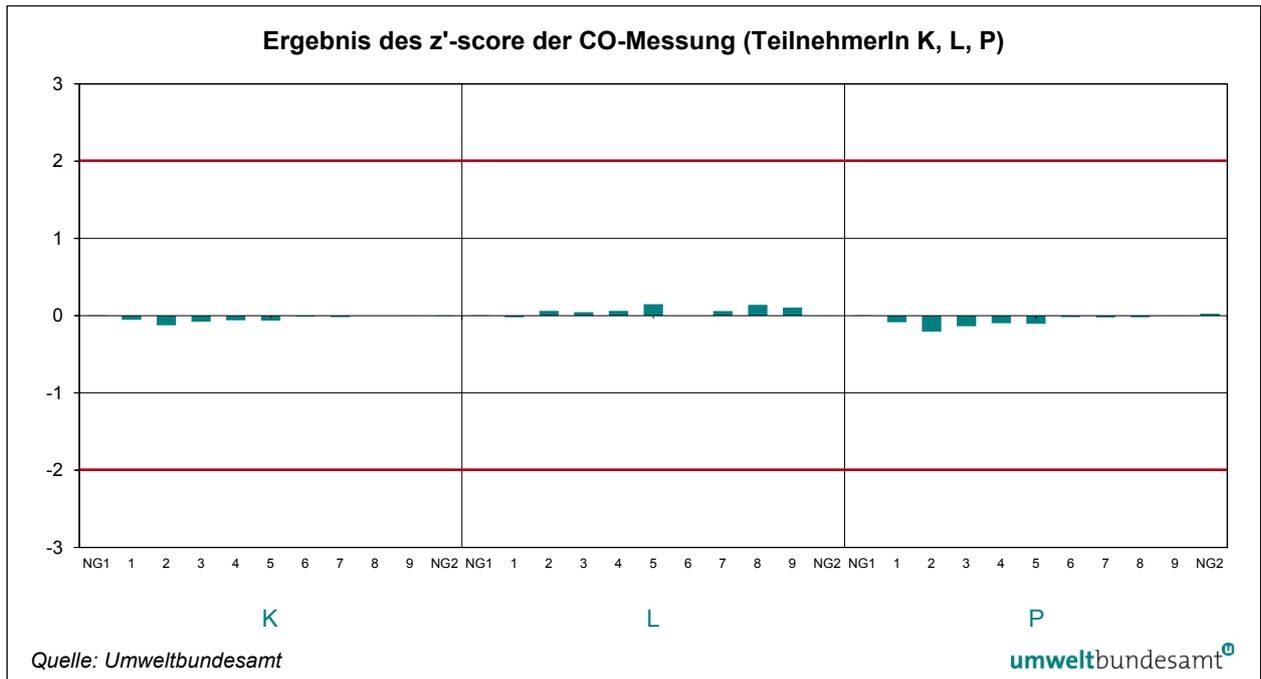


Abbildung 11: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (TeilnehmerIn K, L, P).

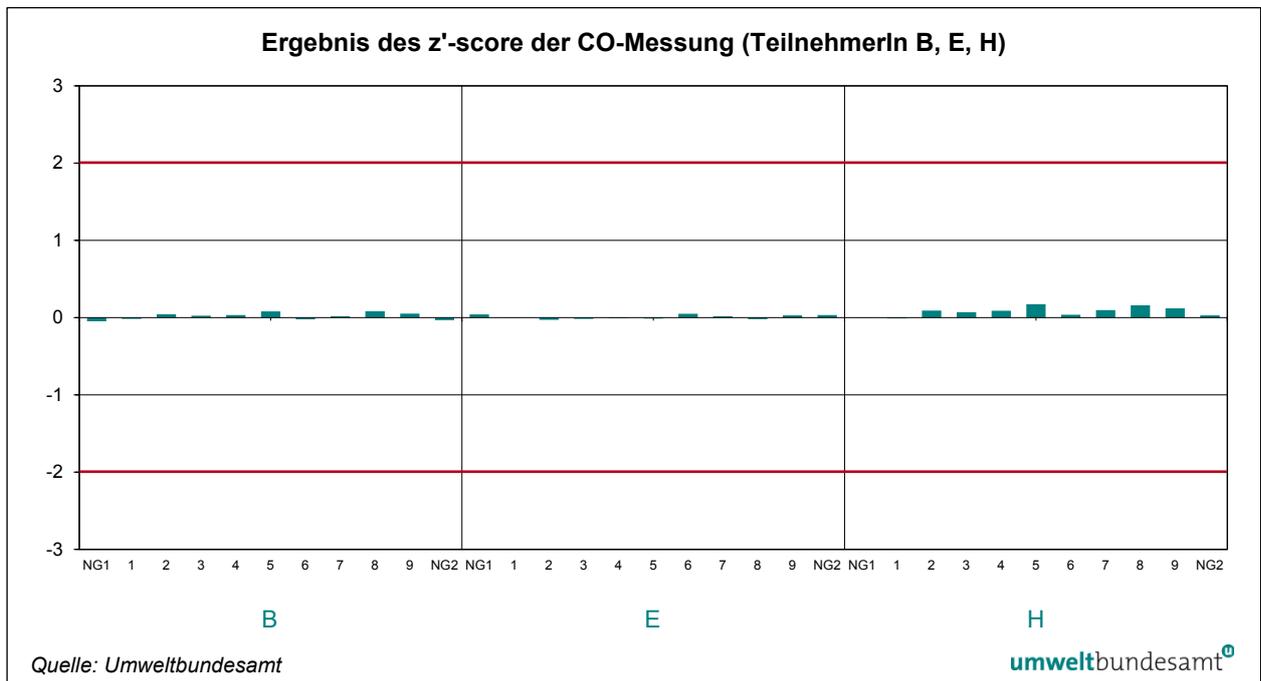


Abbildung 12: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (TeilnehmerIn B, E, H).

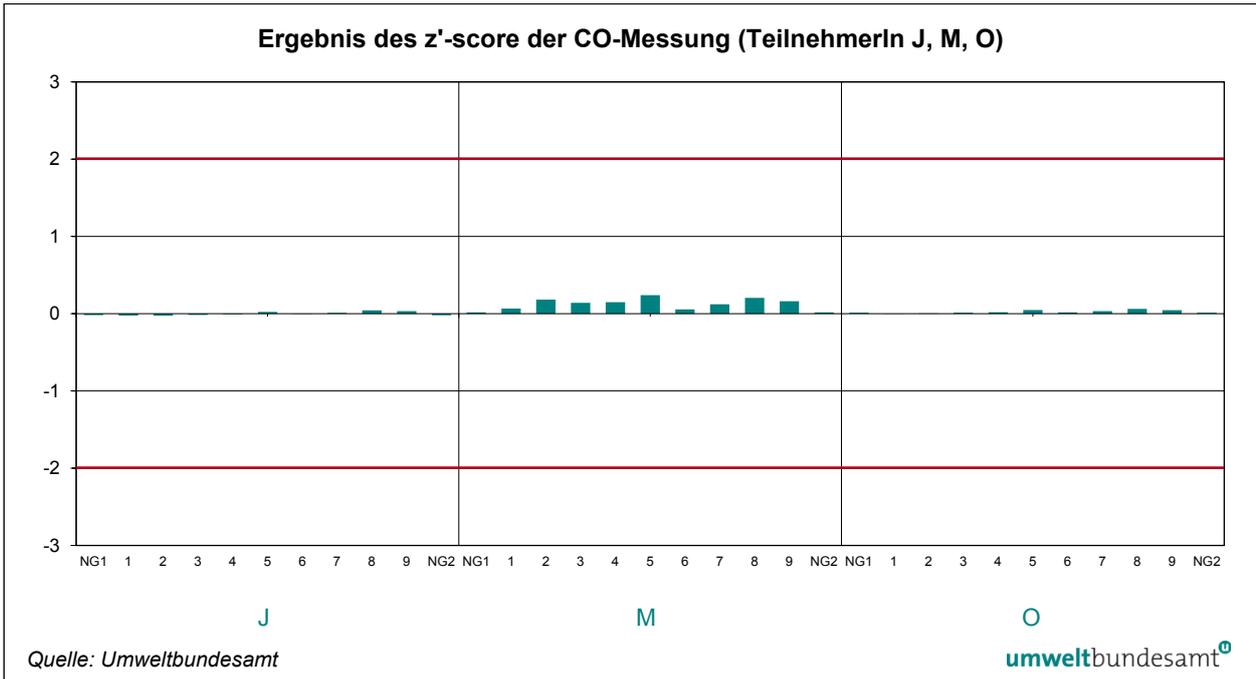


Abbildung 13: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

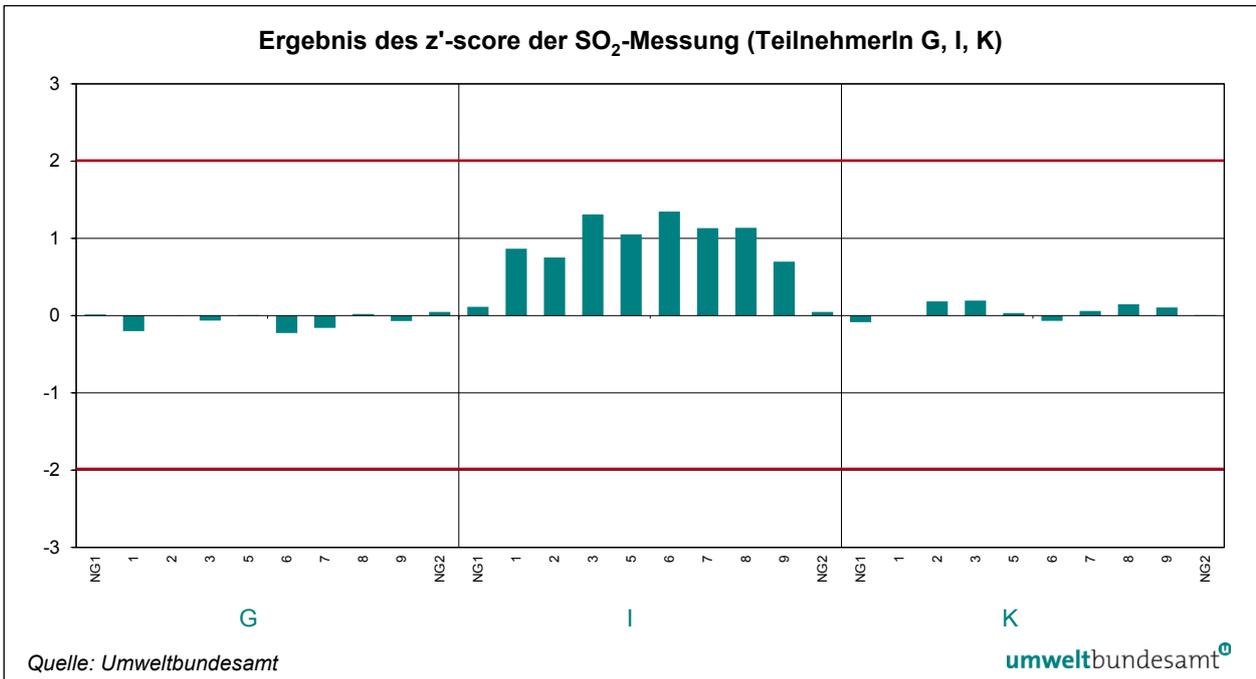


Abbildung 14: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn G, I, K).

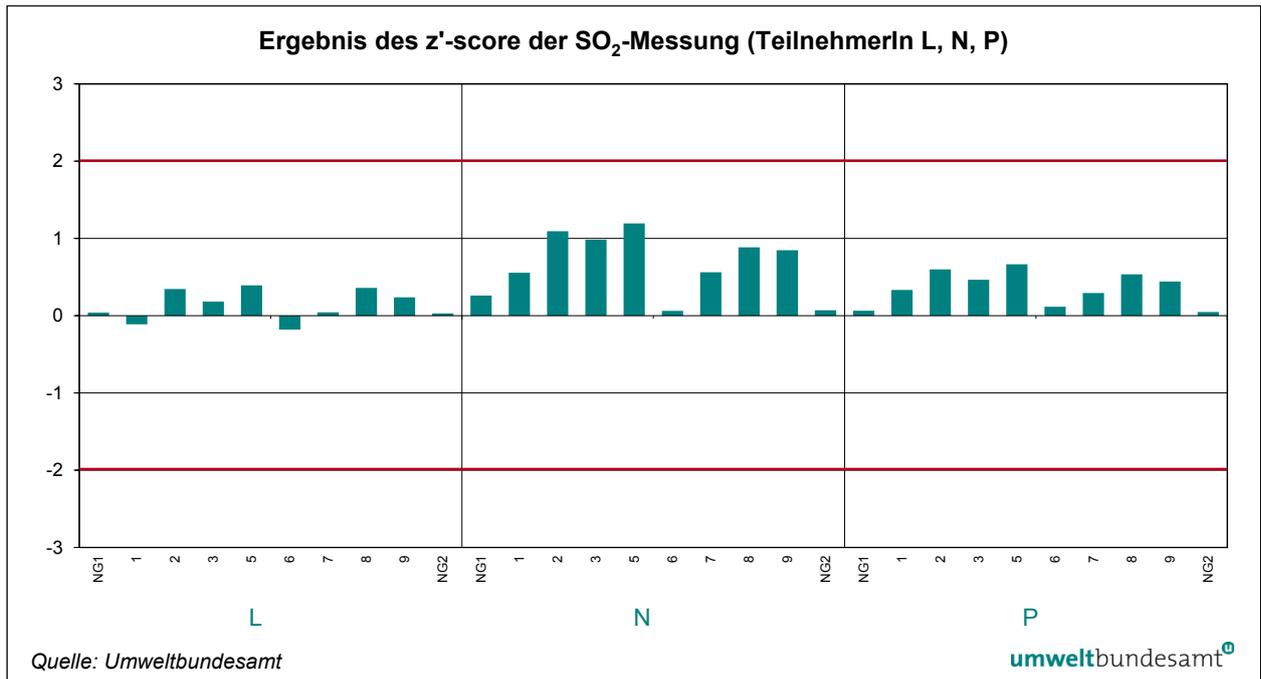


Abbildung 15: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, N, P).

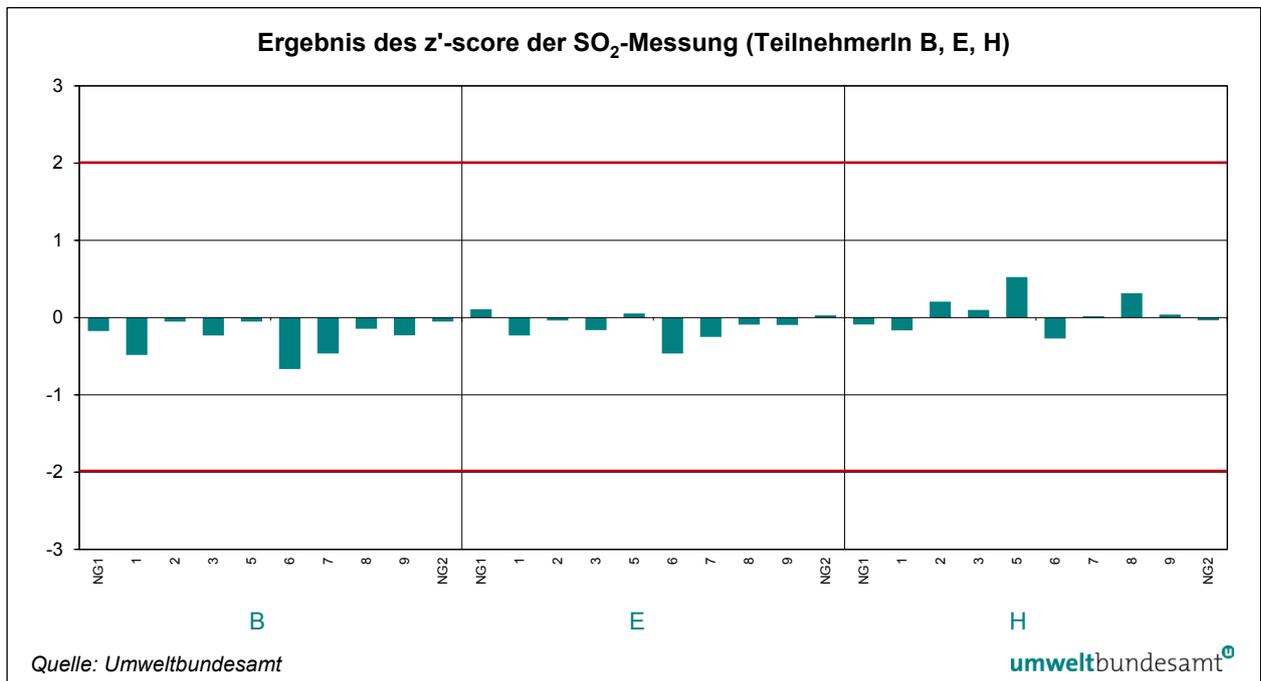


Abbildung 16: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, E, H).

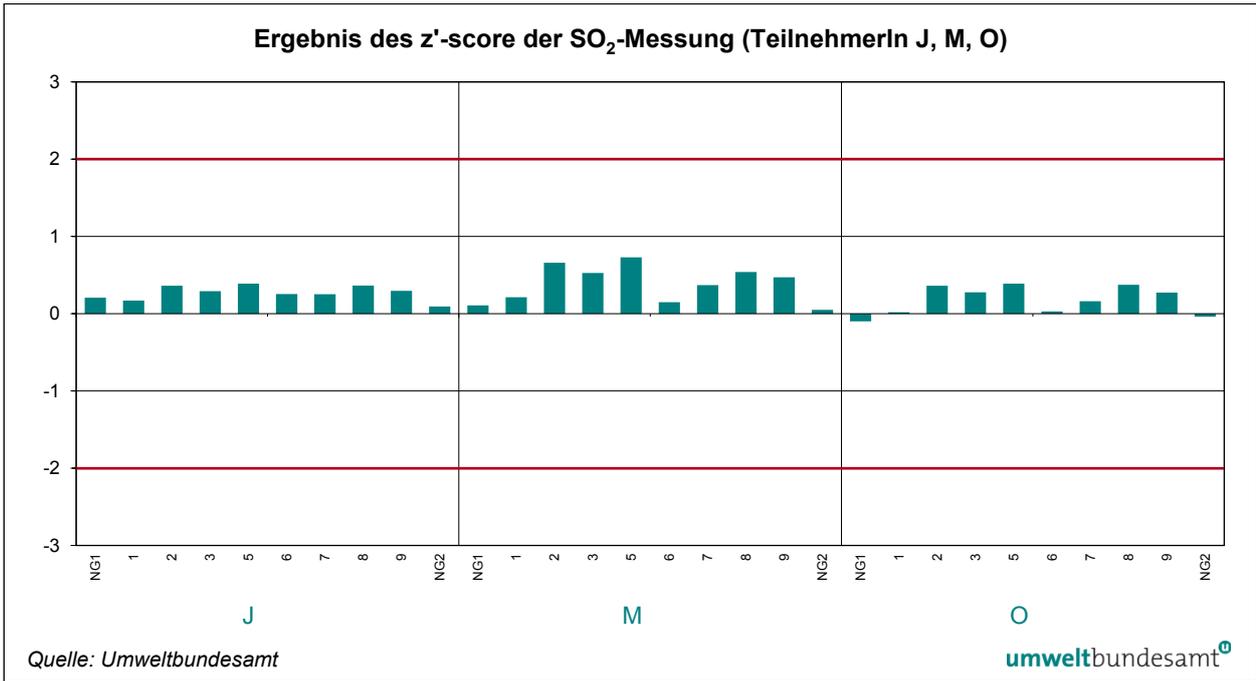


Abbildung 17: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

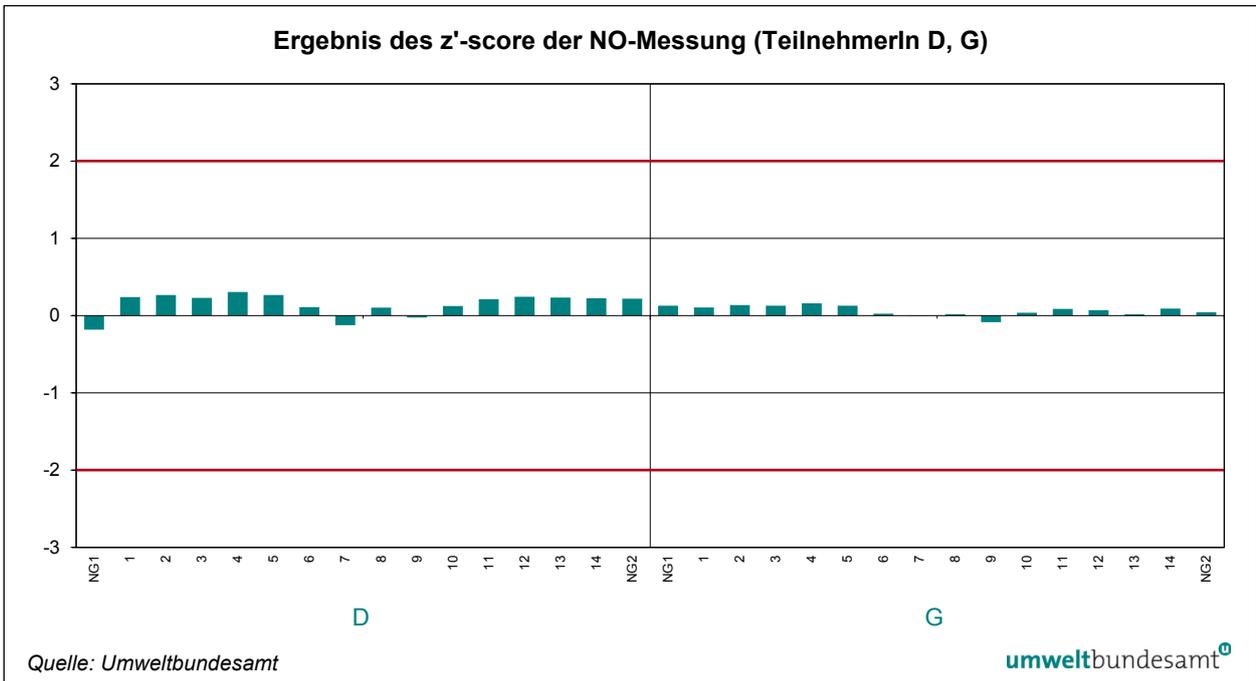


Abbildung 18: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn D, G).

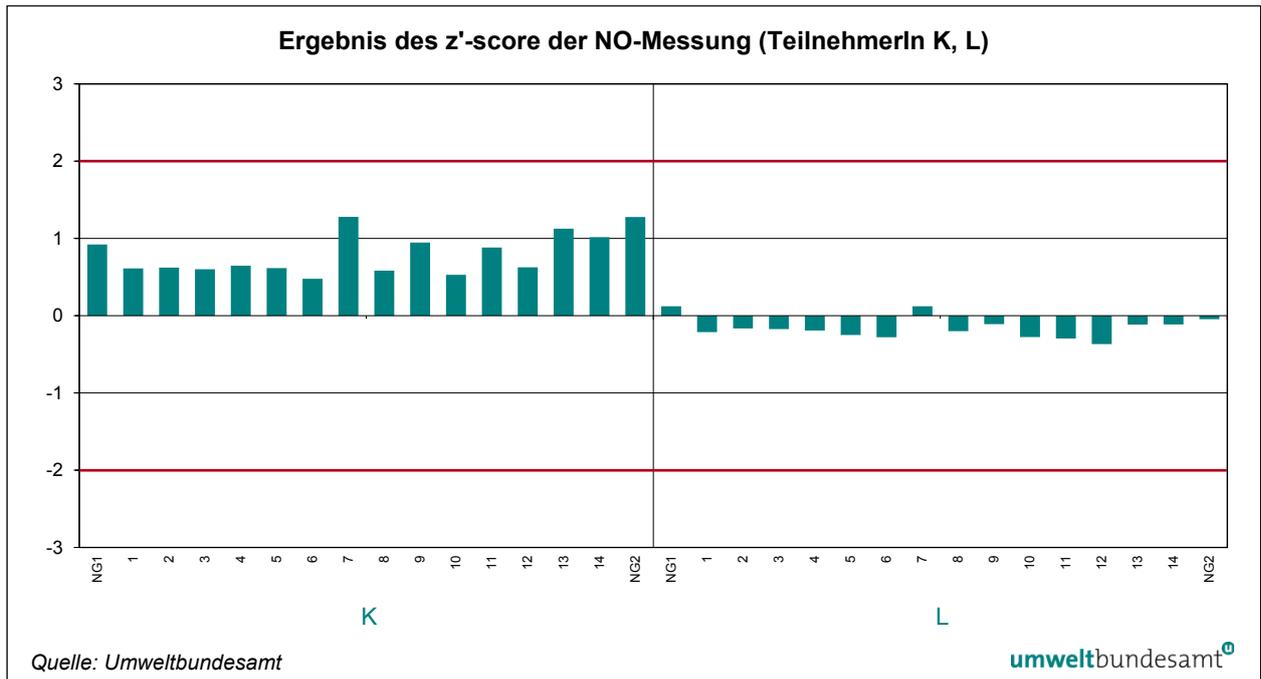


Abbildung 19: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn K, L).

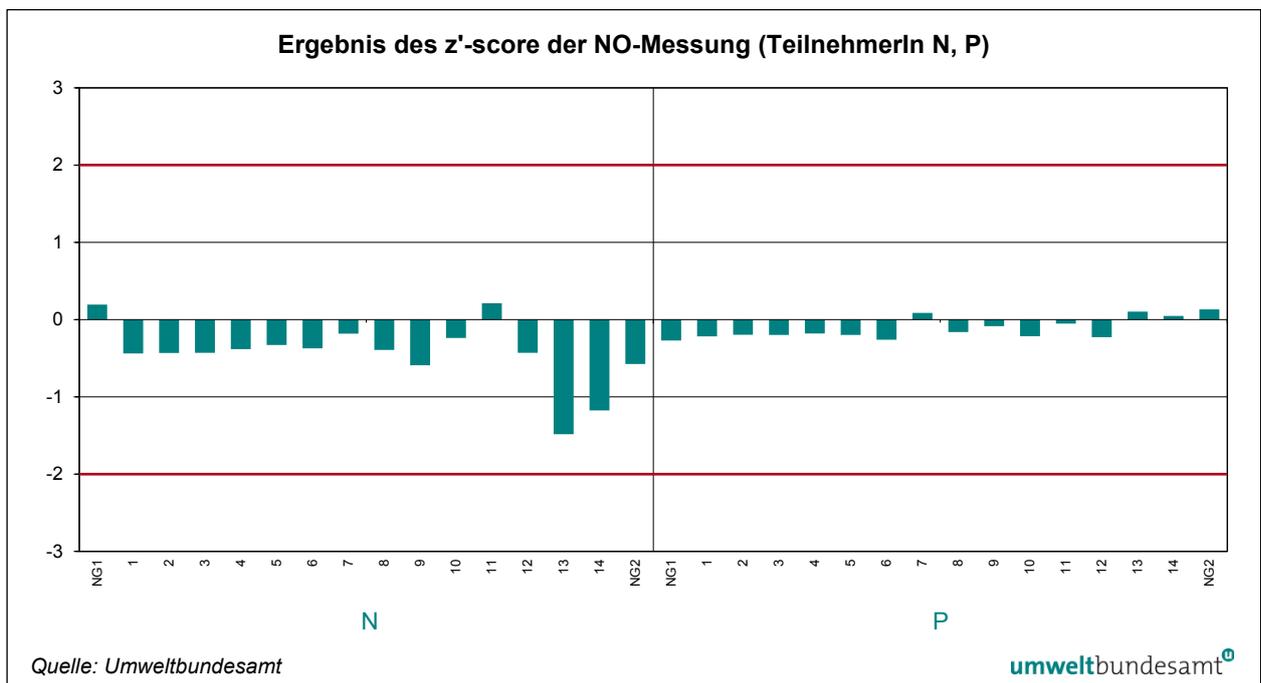


Abbildung 20: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn N, P).

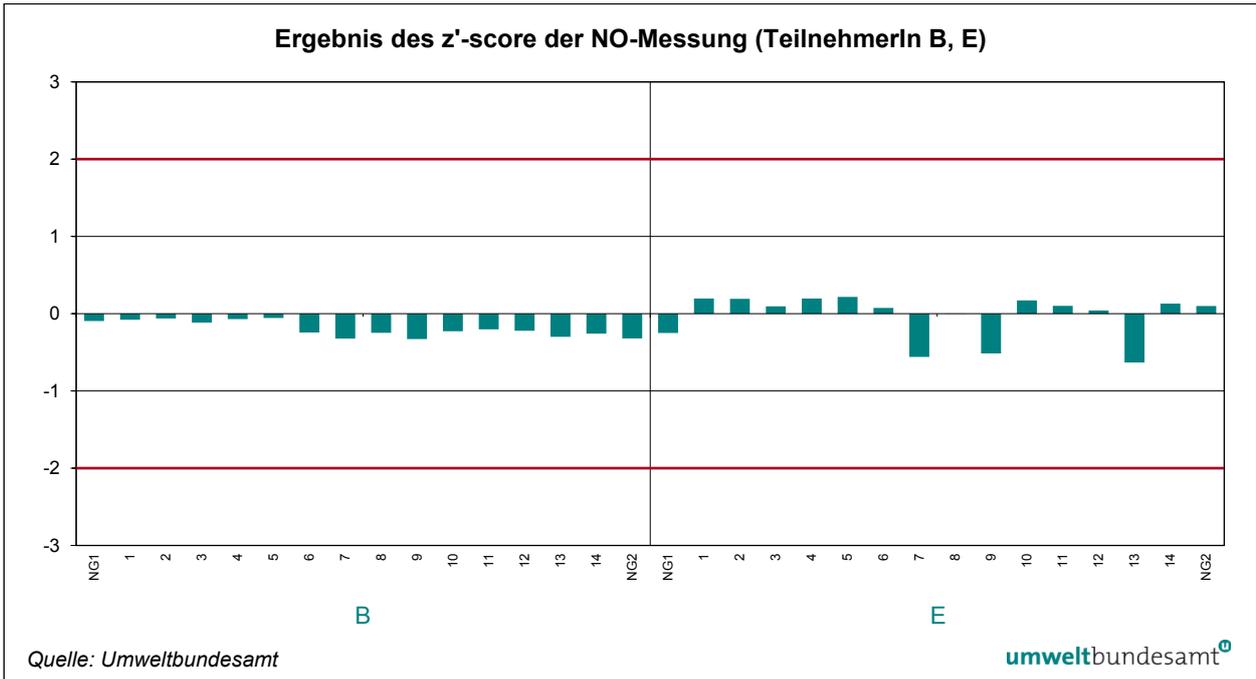


Abbildung 21: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, E).

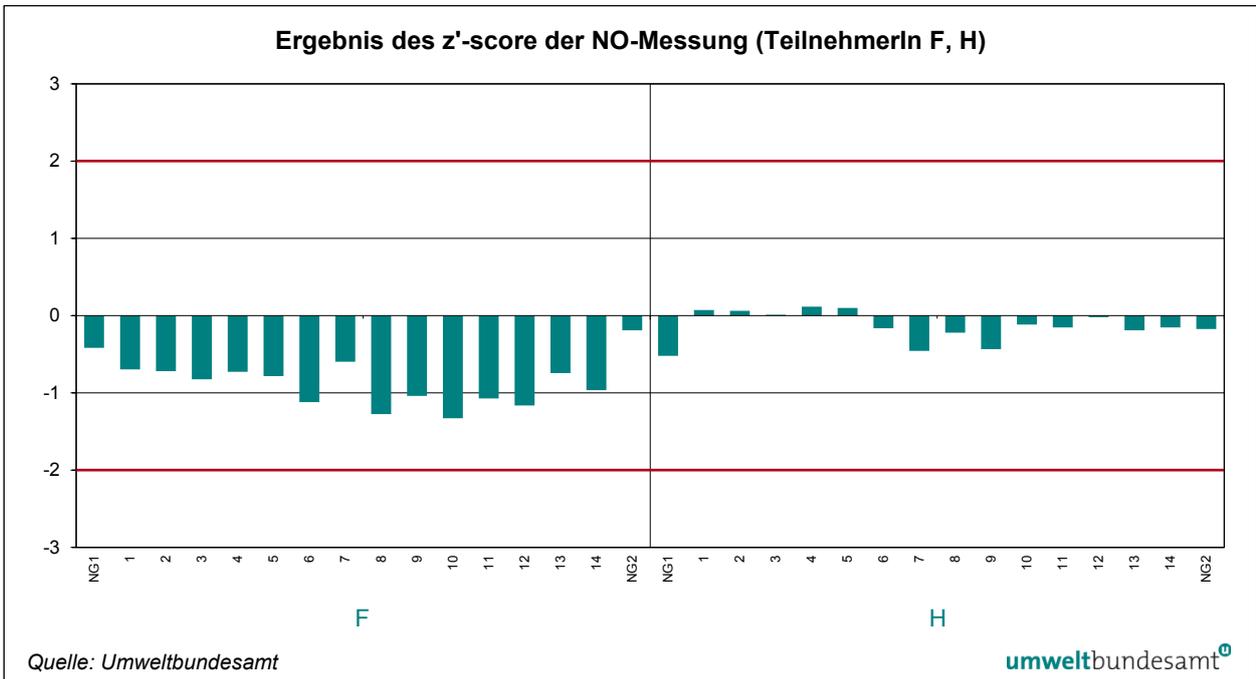


Abbildung 22: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn F, H).

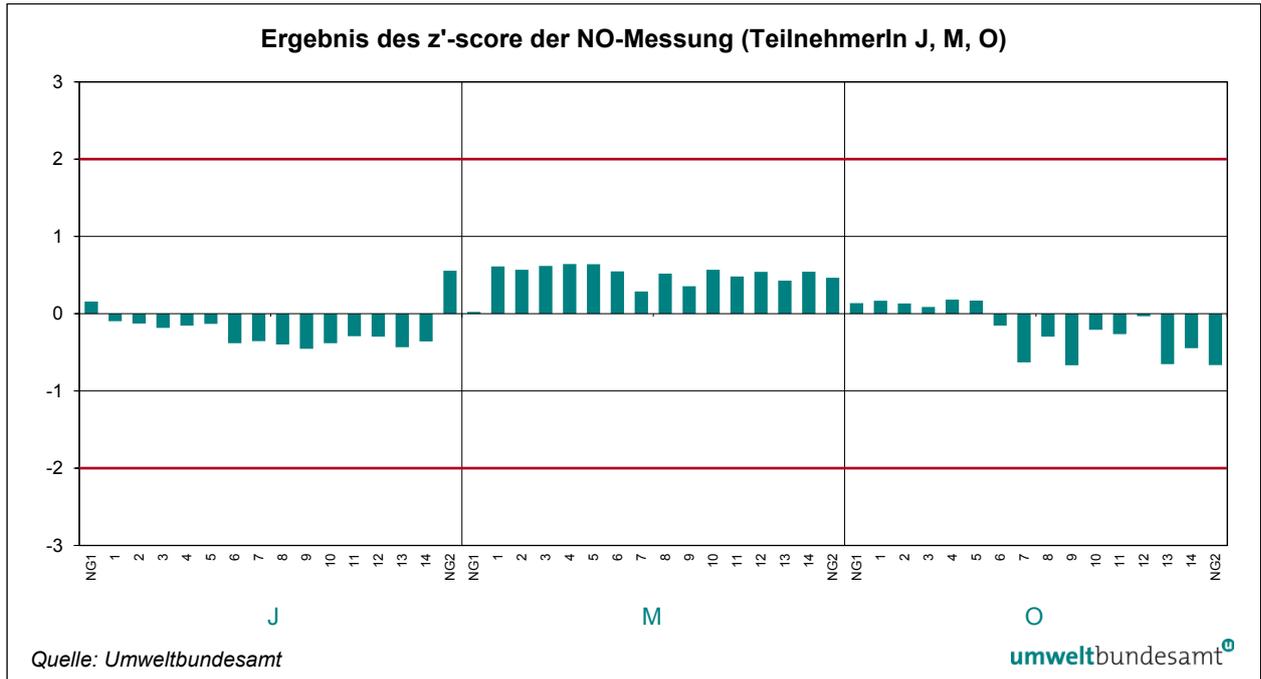


Abbildung 23: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

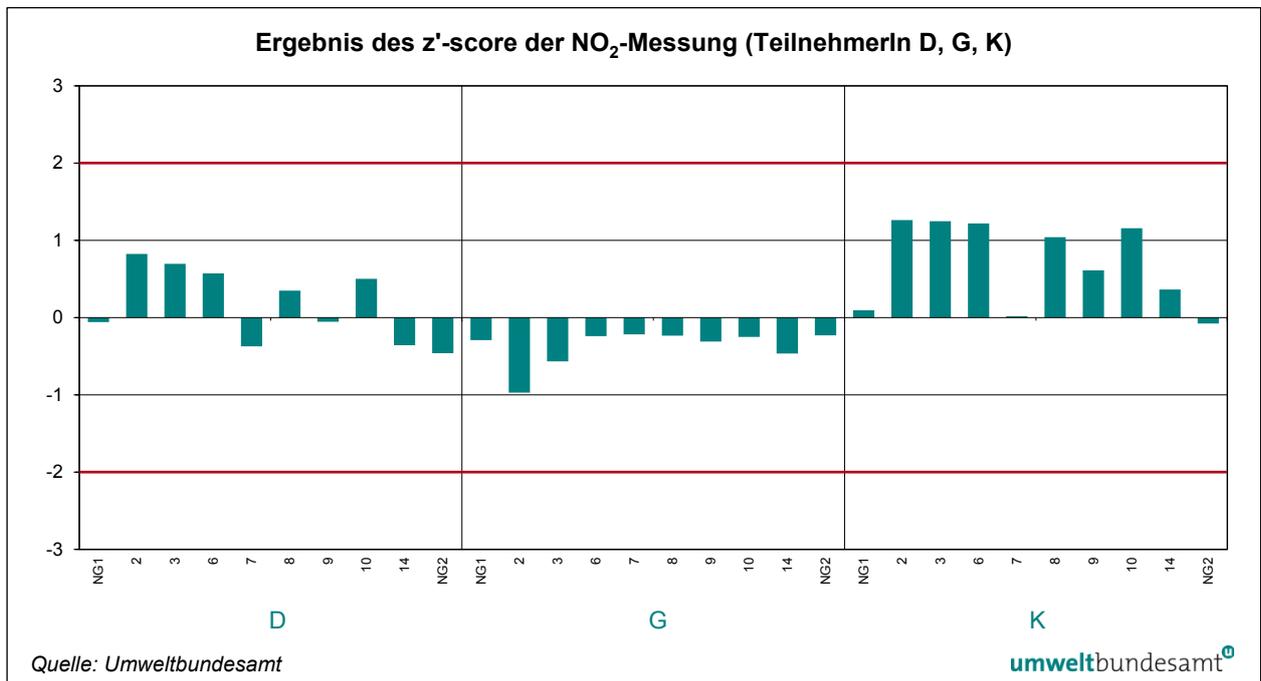


Abbildung 24: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn D, G, K).

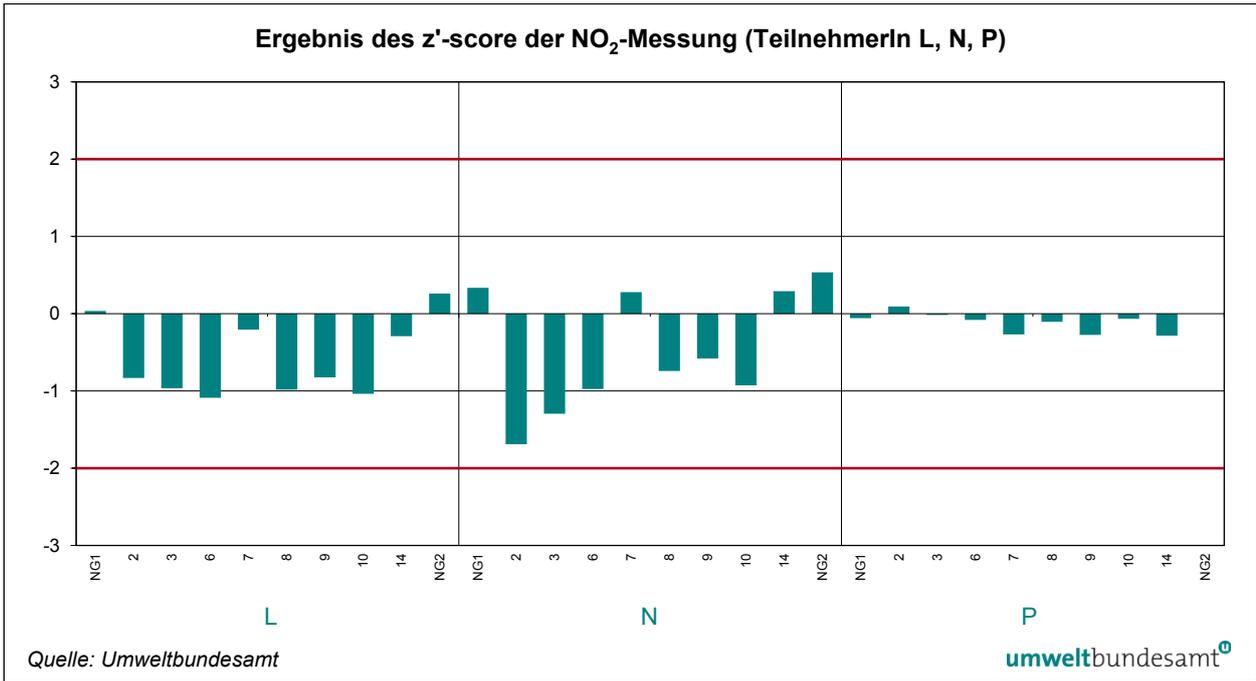


Abbildung 25: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, N, P).

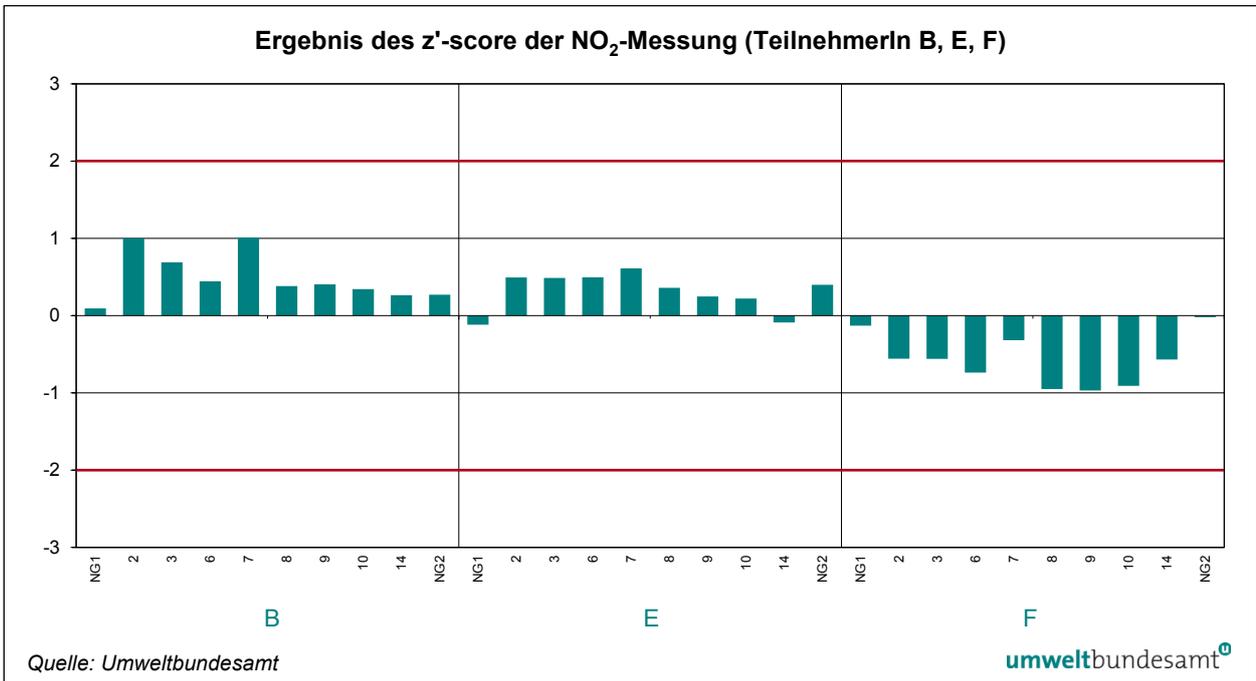


Abbildung 26: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, E, F).

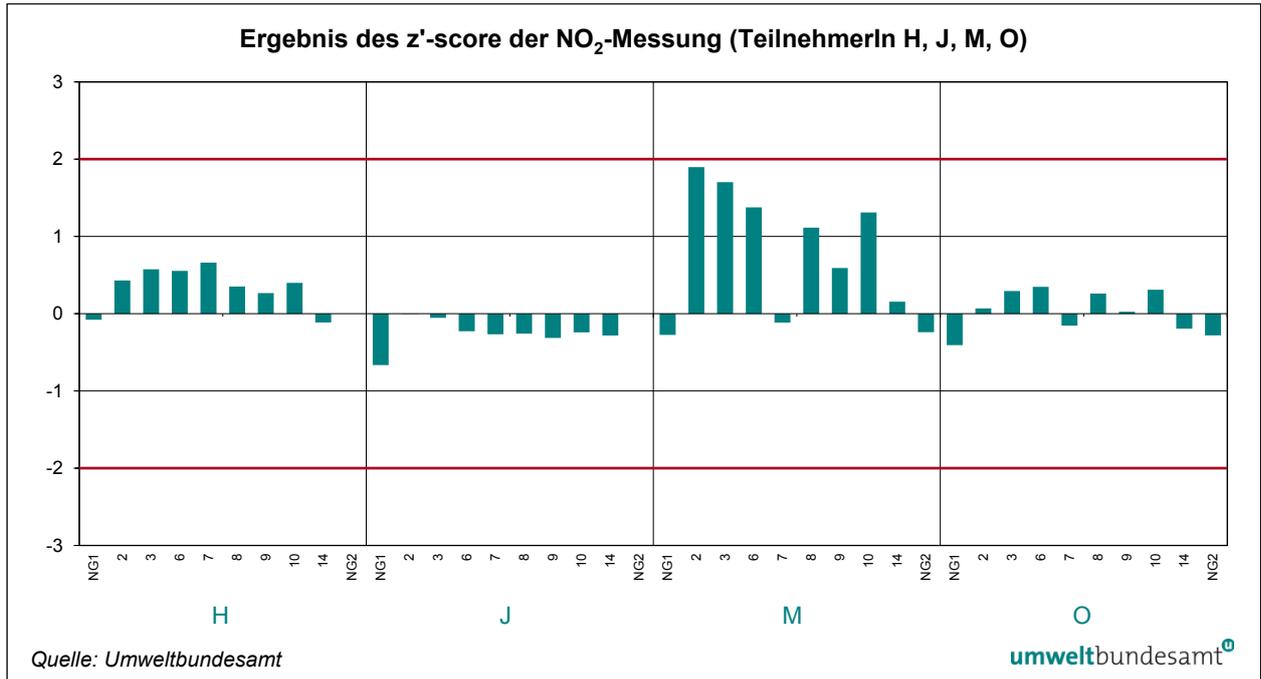


Abbildung 27: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, M, O).

5.2 E_n-Nummer Auswertung

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.

Ermittlung des Schwellenwertes

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

Berechnung der E_n-Nummer

x_i Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden i bei einem Konzentrationsdurchgang einer Komponente

X Referenzwert des jeweiligen Konzentrationsdurchgangs einer Komponente

x_i - X Differenz zwischen Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden und dem Referenzwert (Bias)

U_x Erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes

U_{xi} Erweiterte Messunsicherheit des Mittelwertes *x_i*

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

erweiterte Messunsicherheiten

$$|E_n| \leq 1$$

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

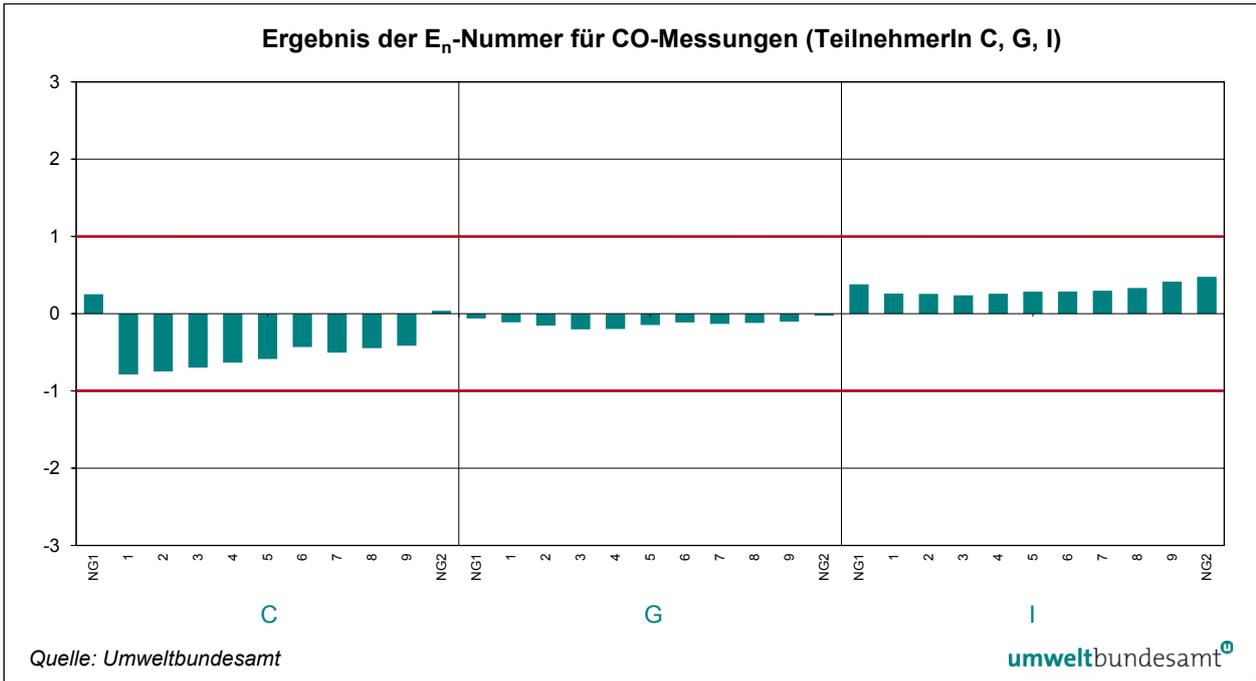


Abbildung 28: Ergebnisse der E_n-Nummer für CO-Messungen (TeilnehmerIn C, G, I).

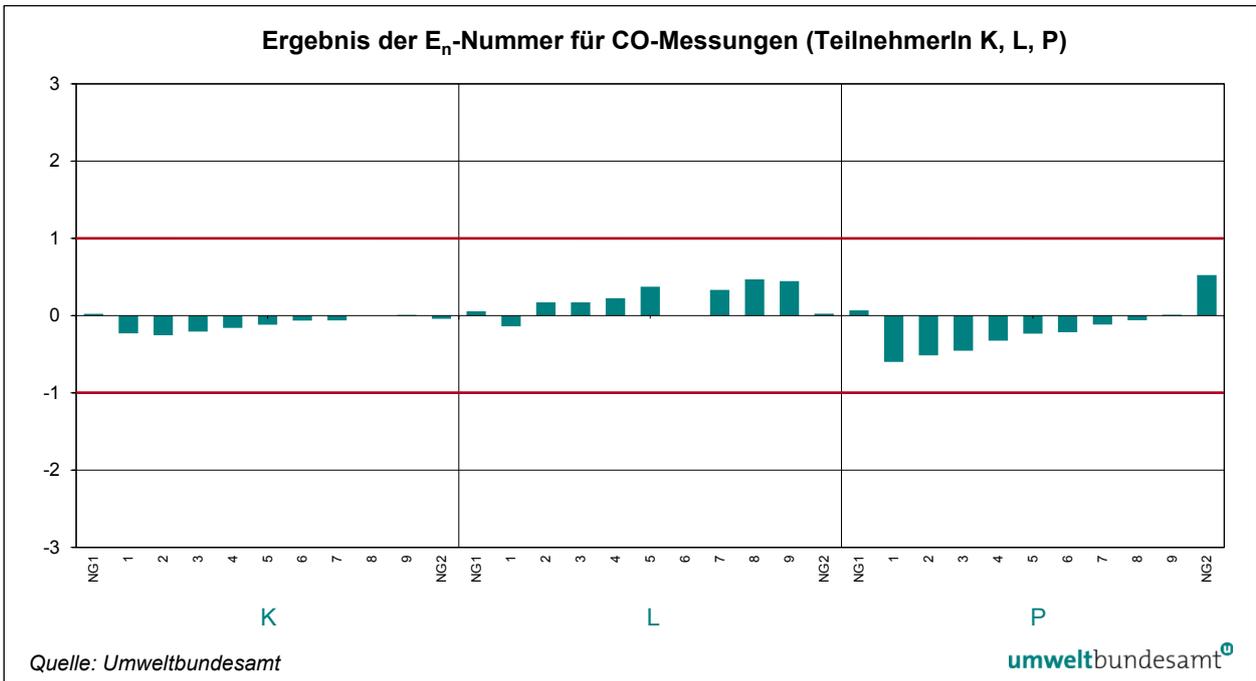


Abbildung 29: Ergebnisse der E_n-Nummer für CO-Messungen (TeilnehmerIn K, L, P).

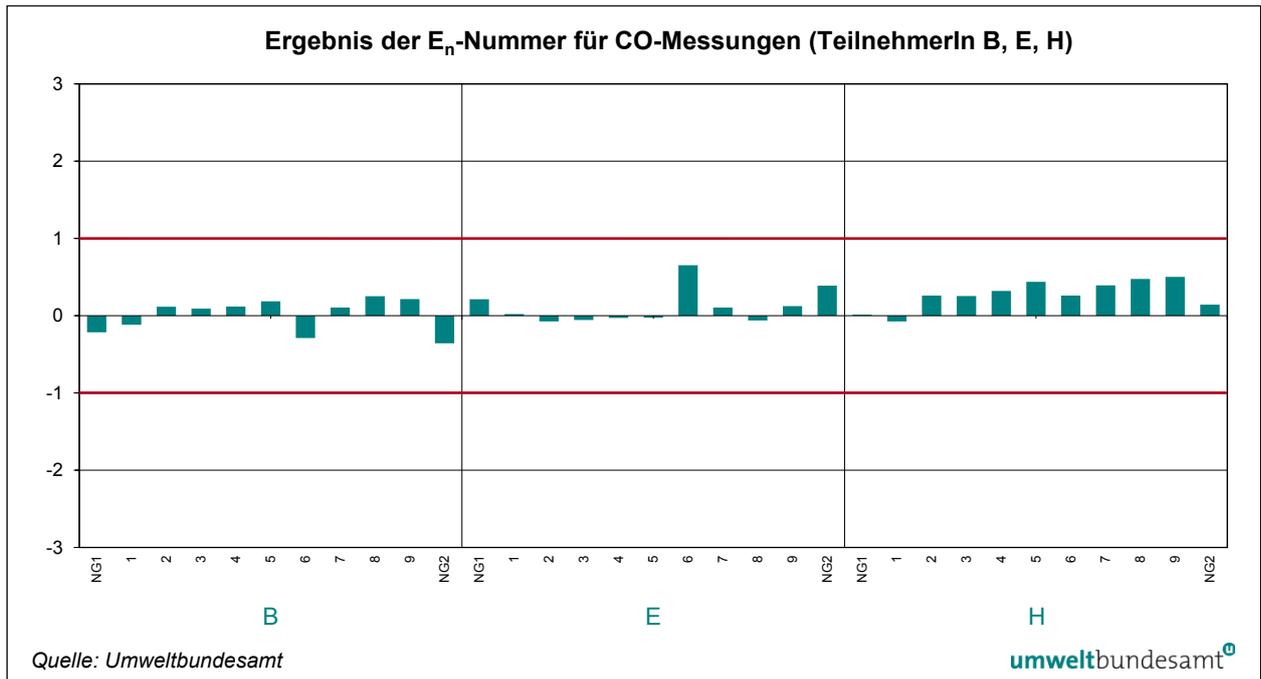


Abbildung 30: Ergebnisse der E_n -Nummer für CO-Messungen (TeilnehmerIn B, E, H).

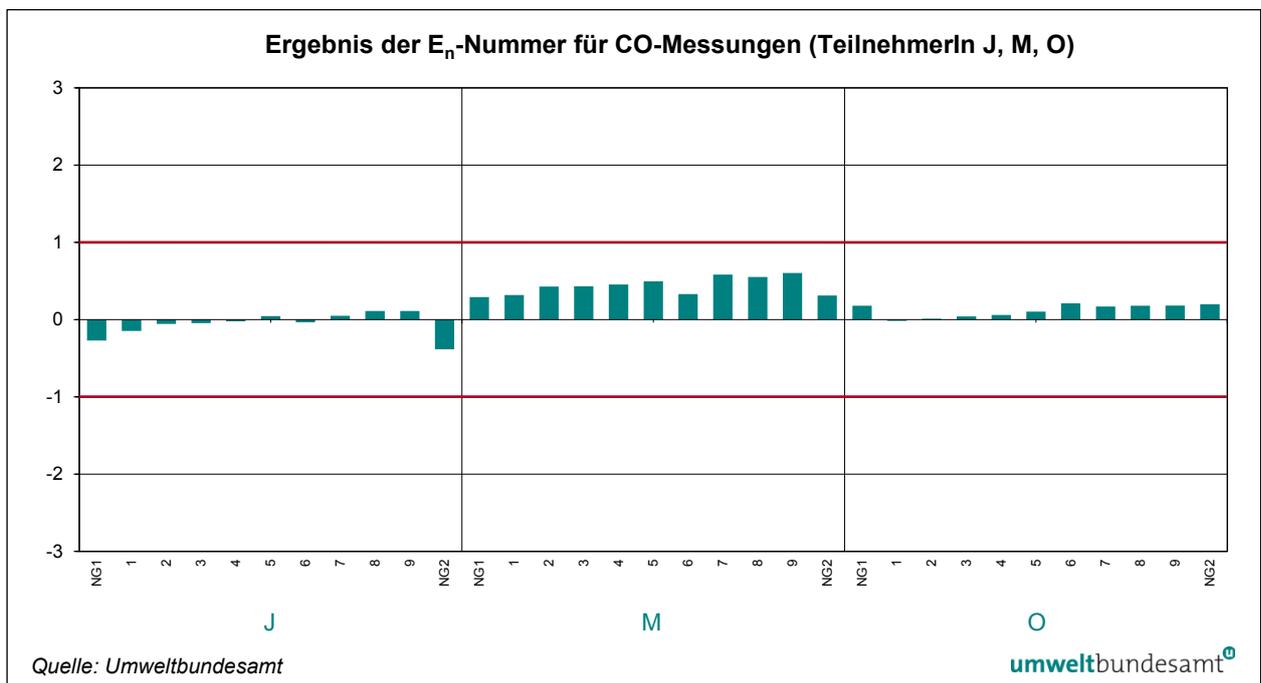


Abbildung 31: Ergebnisse der E_n -Nummer für CO-Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

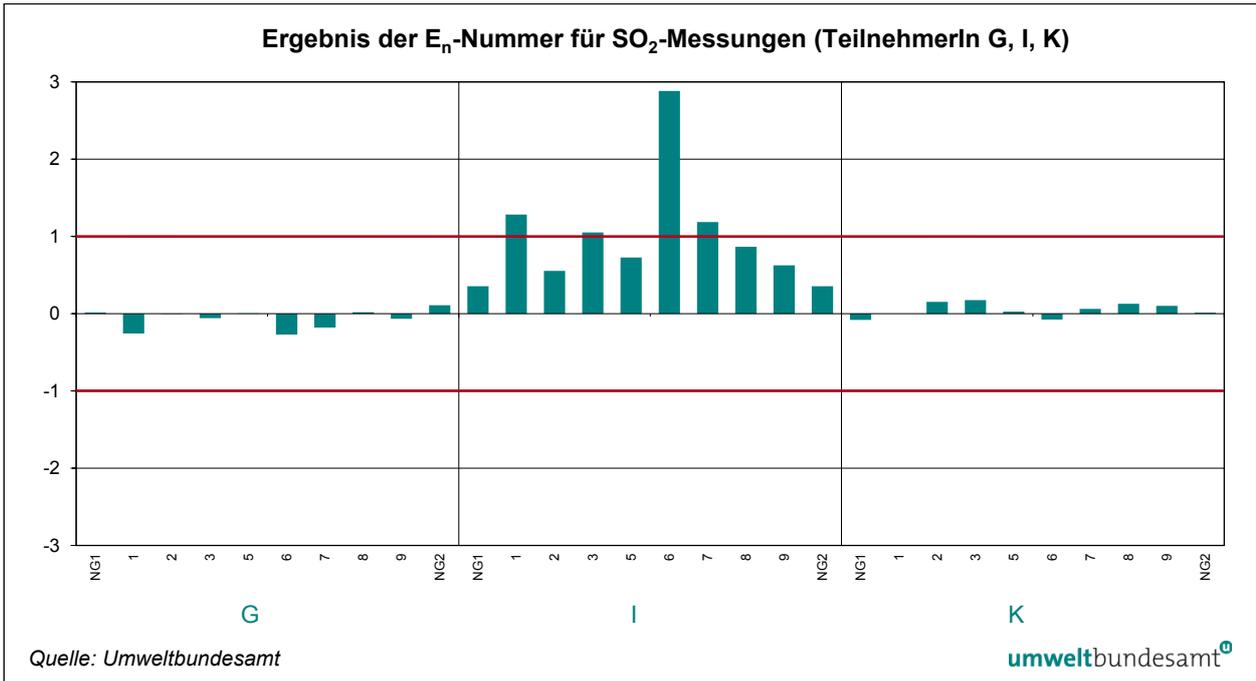


Abbildung 32: Ergebnisse der E_n-Nummer für SO₂-Messungen (TeilnehmerIn G, I, K).

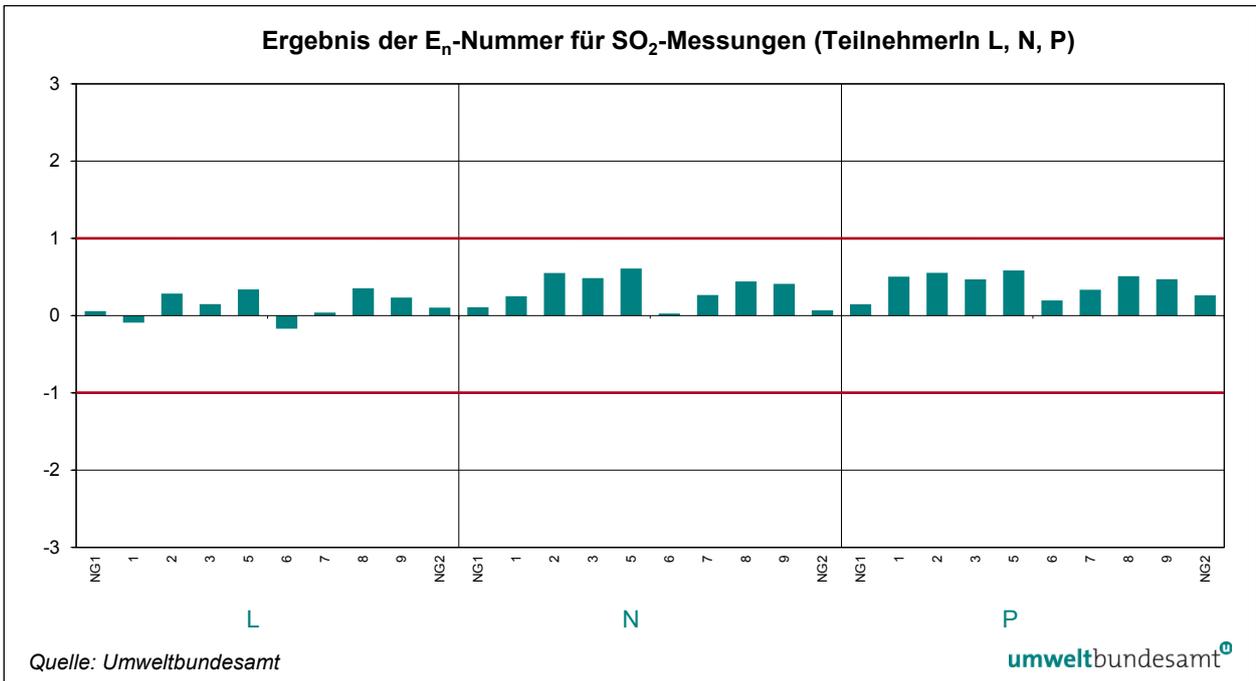


Abbildung 33: Ergebnisse der E_n-Nummer für SO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, N, P).

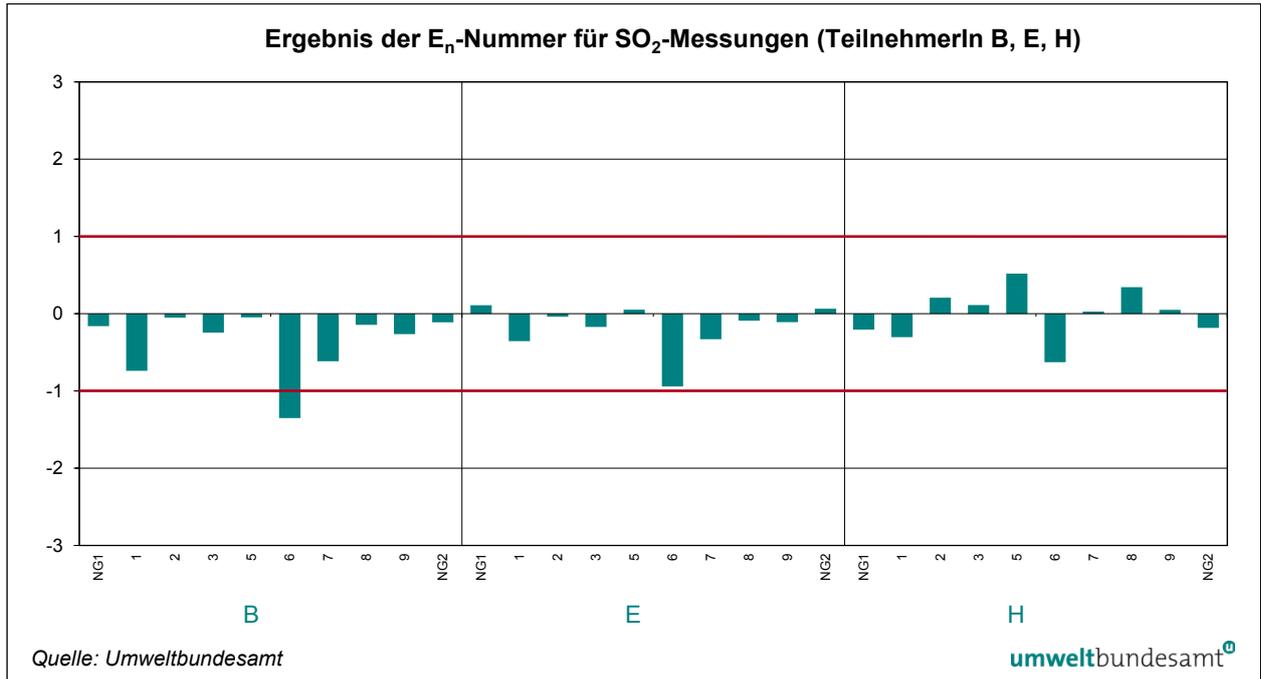


Abbildung 34: Ergebnisse der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen (TeilnehmerIn B, E, H).

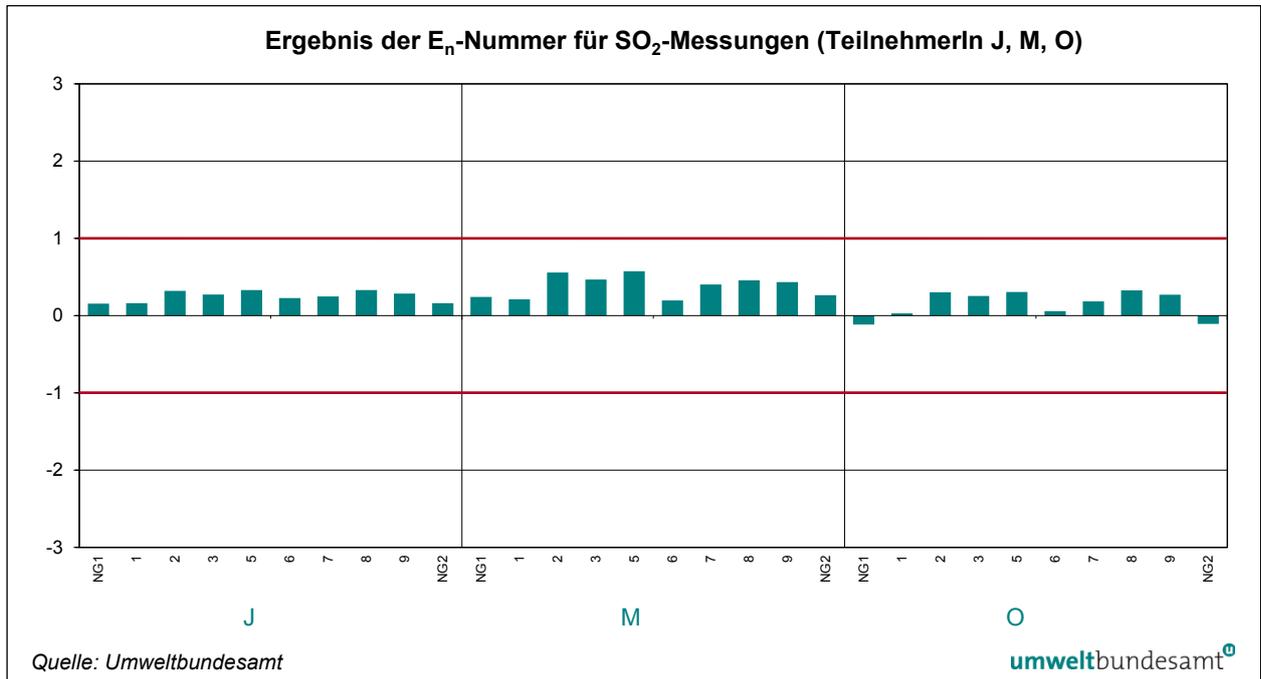


Abbildung 35: Ergebnisse der E_n -Nummer für SO_2 -Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

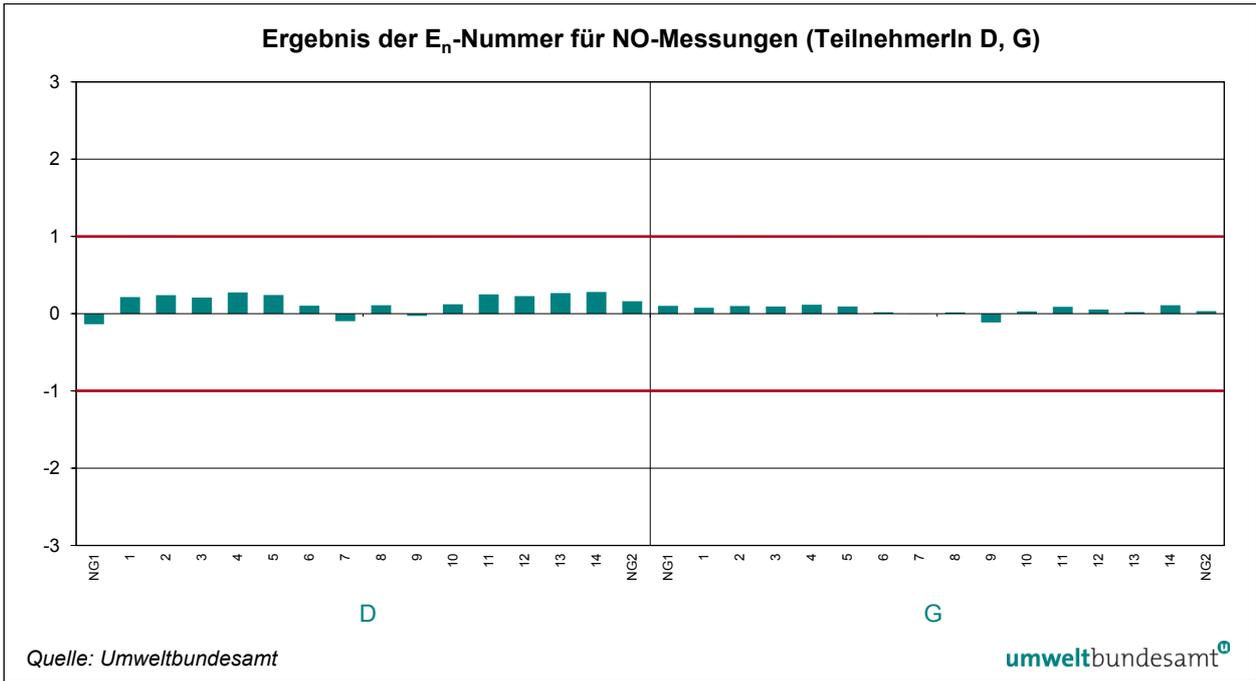


Abbildung 36: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn D, G).

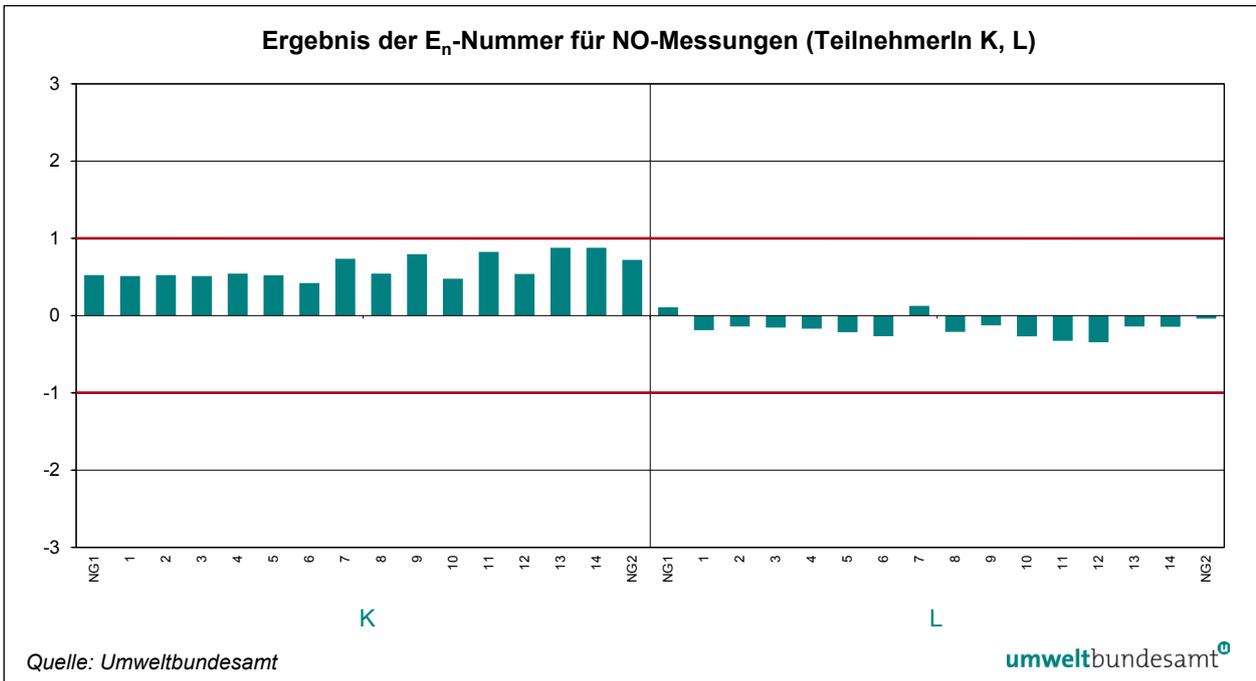


Abbildung 37: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn K, L).

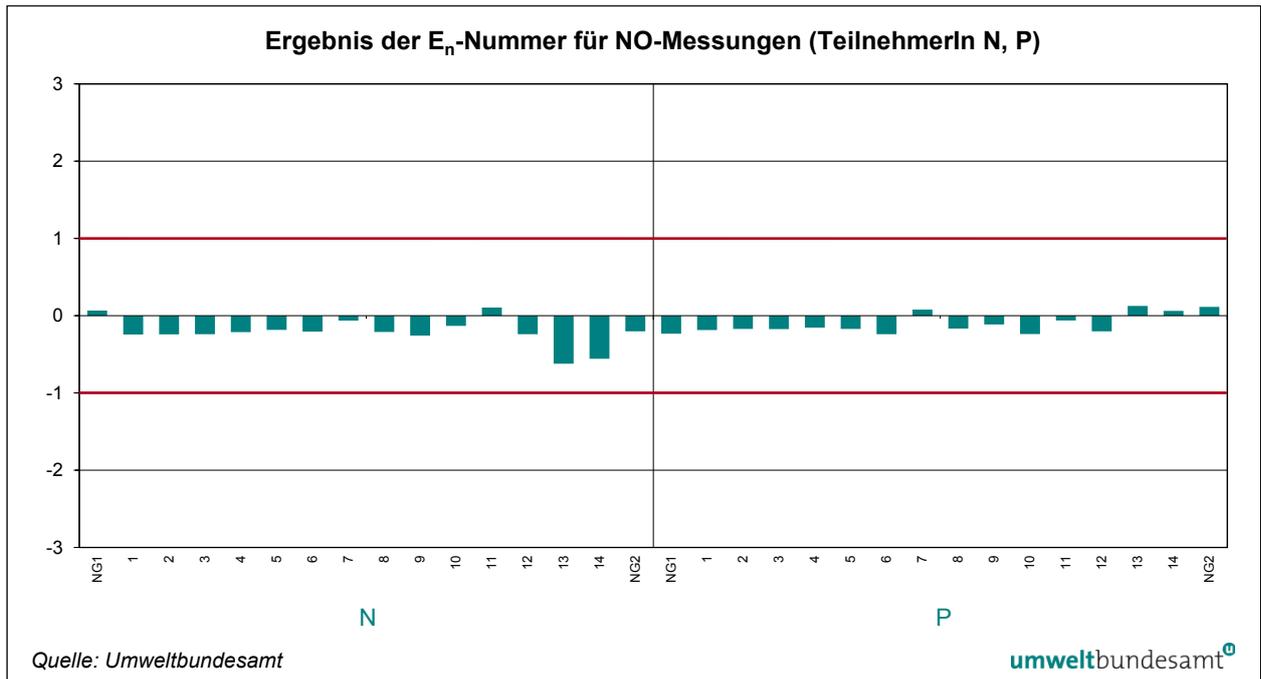


Abbildung 38: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn N, P).

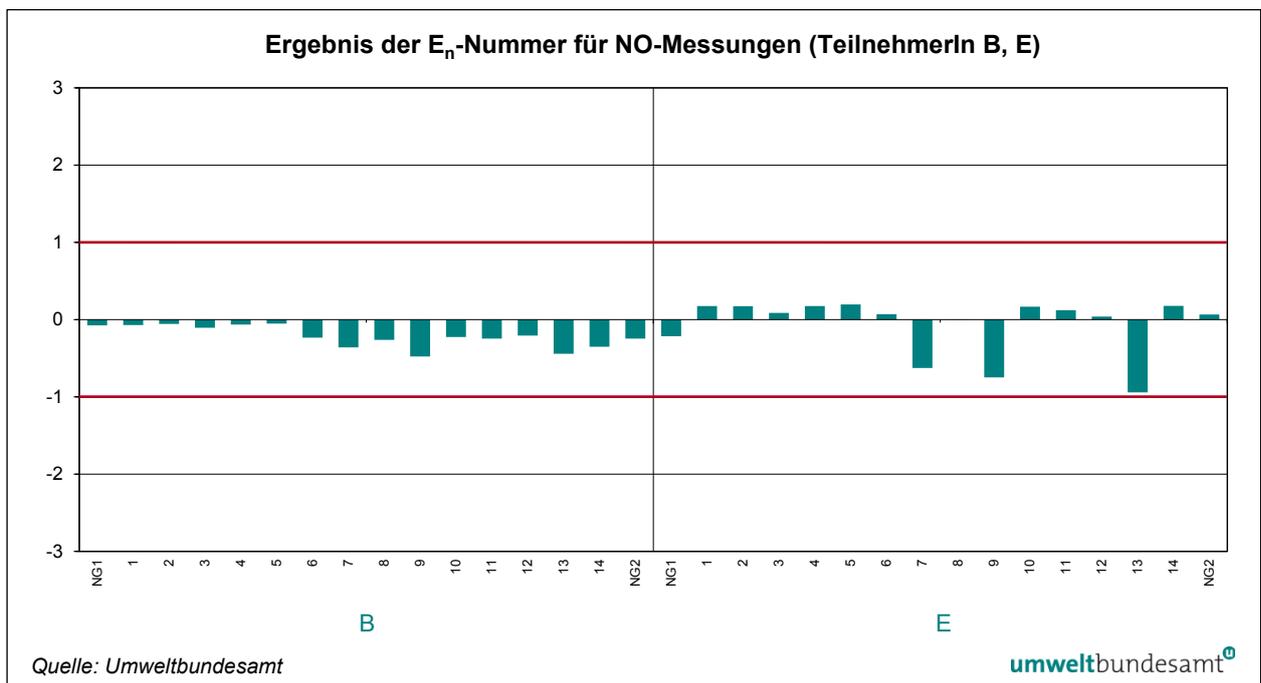


Abbildung 39: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn B, E).

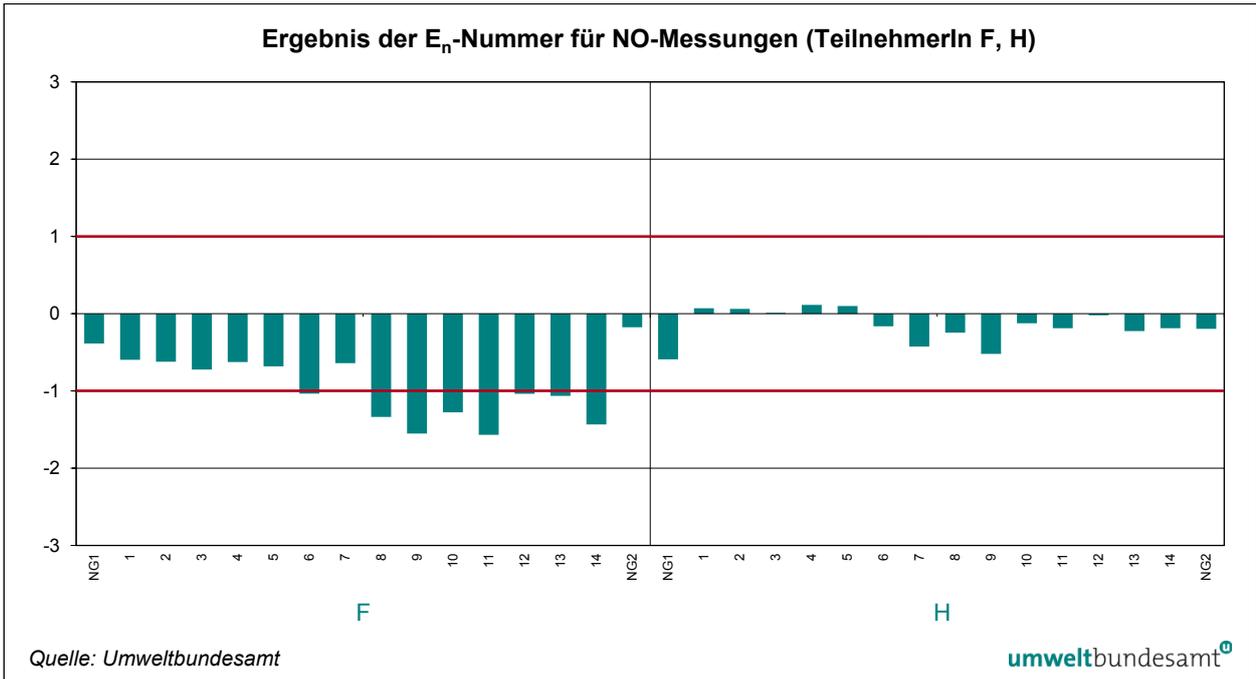


Abbildung 40: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn F, H).

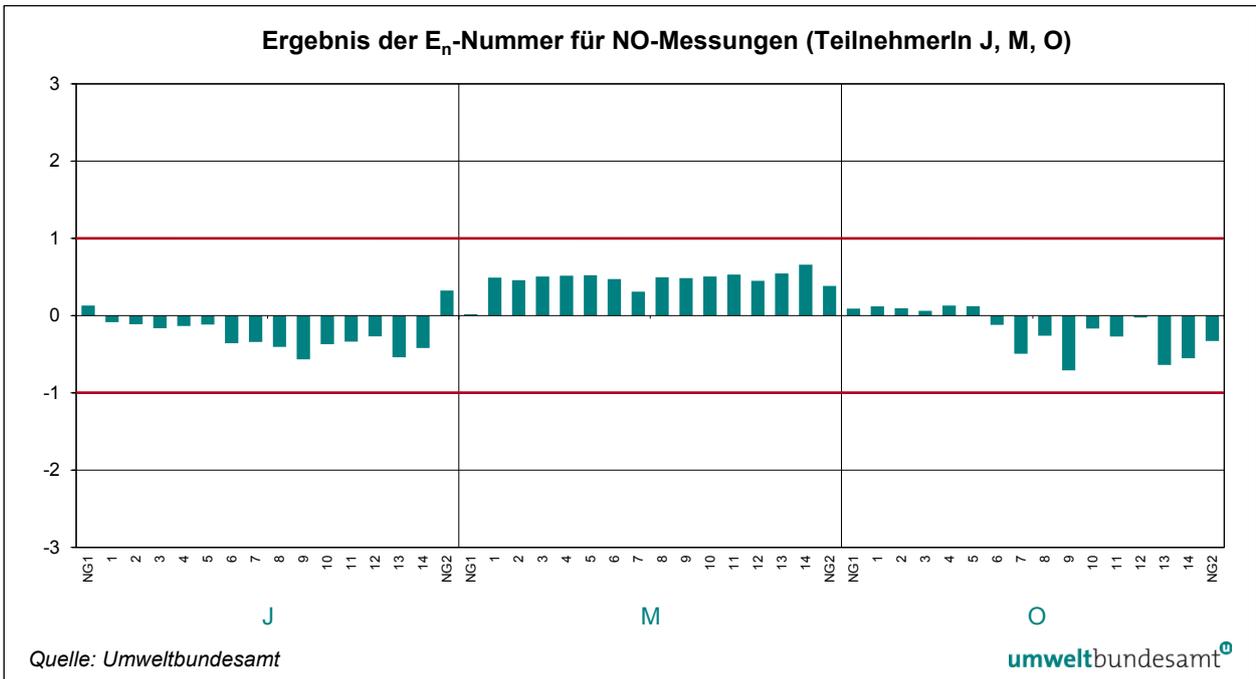


Abbildung 41: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn J, M, O).

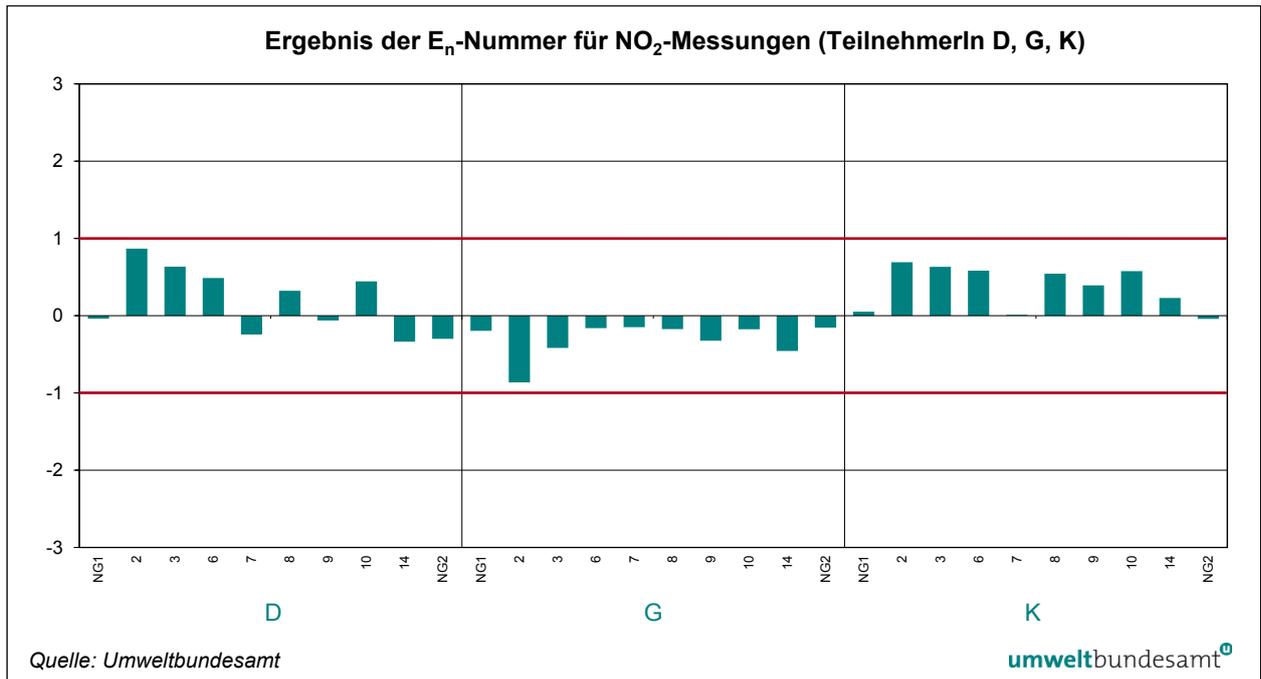


Abbildung 42: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (TeilnehmerIn D, G, K).

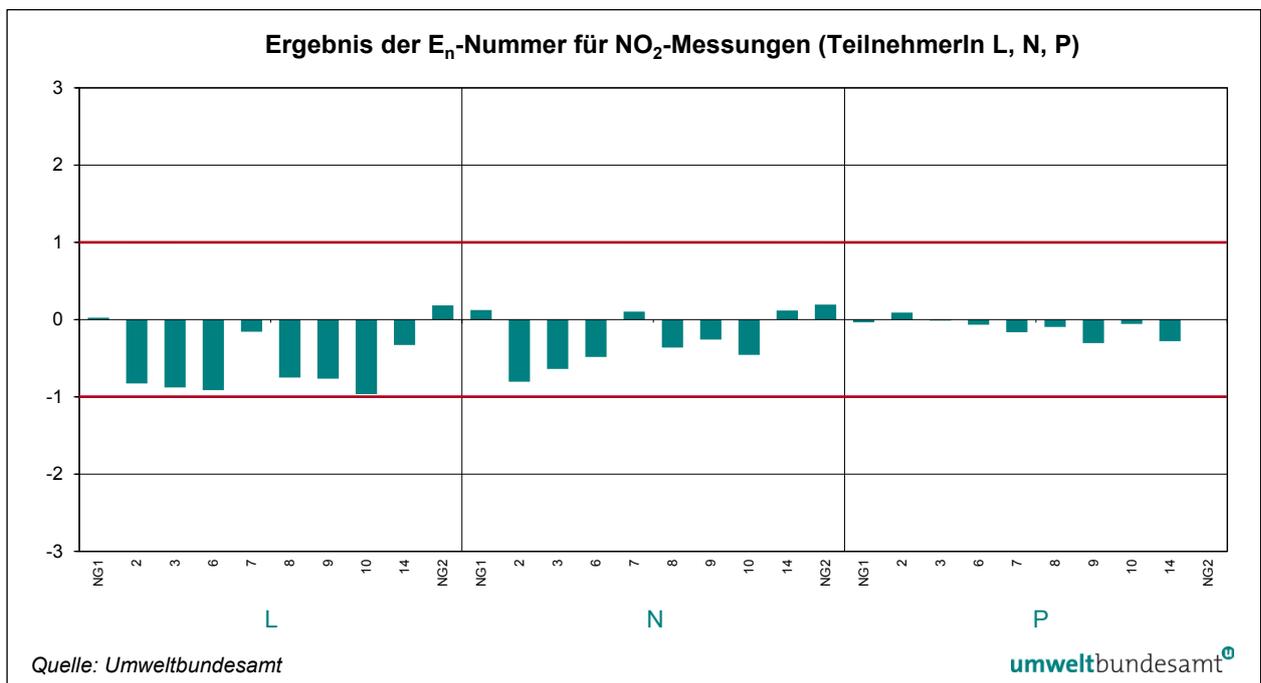


Abbildung 43: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (TeilnehmerIn L, N, P).

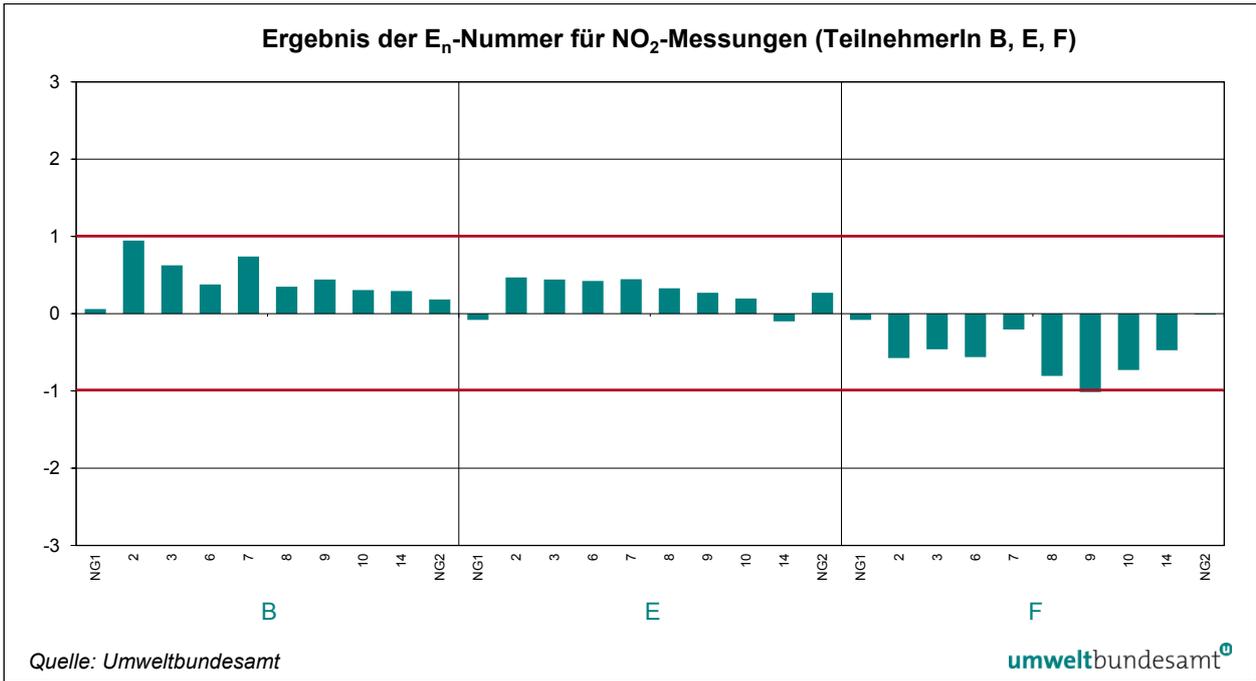


Abbildung 44: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, E, F).

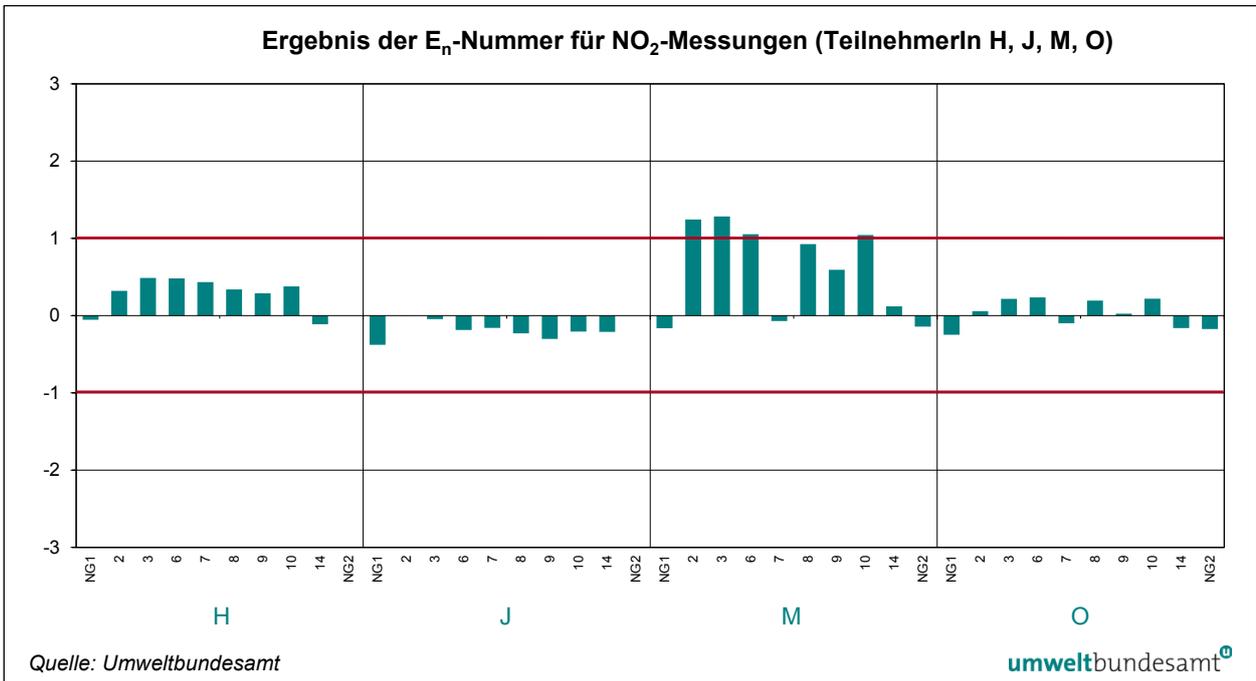


Abbildung 45: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, M, O).

Bei CO liegen alle Messgeräte bei allen Durchgängen innerhalb des E_n -Kriteriums (siehe Abbildung 28 bis Abbildung 31).

Bei SO₂ liegen zwei Messgeräte außerhalb des E_n -Kriteriums, wobei ein Messgerät viermal (siehe Abbildung 32) und eines einmal (siehe Abbildung 34) außerhalb des E_n -Kriteriums liegen.

Bei NO liegt ein Messgerät mehrmals außerhalb des E_n -Kriteriums (siehe Abbildung 40; von $-1,03$ bis $-1,57$). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n -Kriterium für NO eingehalten.

Bei NO₂ ist die E_n -Nummer bei Durchgang 9 (bei geringem Stoffmengenanteil) für eines der Messgeräte mit $-1,01$ geringfügig kleiner als -1 (siehe Abbildung 44). Ein anderes Messgerät überschreitet das E_n -Kriterium mehrmals (siehe Abbildung 45).

5.3 Bias und Messunsicherheit

Wird die Abweichung vom Referenzwert (Bias) mit der erweiterten kombinierten Messunsicherheit von TeilnehmerIn und Referenzwert (siehe Formel 2) als Fehlerindikator aufgetragen, so muss jeder Fehlerindikator die x-Achse einschließen oder zumindest berühren, 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 die Messunsicherheit des Referenzwertes für alle TeilnehmerInnen gleich ist, reflektiert die unterschiedliche Größe der Fehlerindikatoren die geschätzte Messunsicherheit der Ergebnisse.

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

Die Ergebnisse von CO (siehe Abbildung 46 und Abbildung 47) und auch die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind plausibel und unterscheiden sich nur geringfügig.

Bei einem Messgerät ist für SO₂ eine Unterschätzung der Referenzwerte bei niedrigeren Stoffmengenanteilen ersichtlich (siehe Abbildung 48 und Abbildung 49).

Die Ergebnisse von NO (siehe Abbildung 50 bis Abbildung 53) und die angegebenen Messunsicherheiten sind ebenfalls gut. Ein Messgerät zeigt durchgehende negative Abweichungen zum Referenzwert (siehe Abbildung 52).

Obwohl die korrekte Messung von NO₂ (siehe Abbildung 54 bis Abbildung 57) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der Großteil der Ergebnisse von sehr guter Qualität. Von einem Messgerät wird NO₂ durchgehend überschätzt (siehe Abbildung 57).

**Fehlerindikatoren
zur Darstellung der
Messunsicherheit**

**Ergebnisse der
Auswertungen**

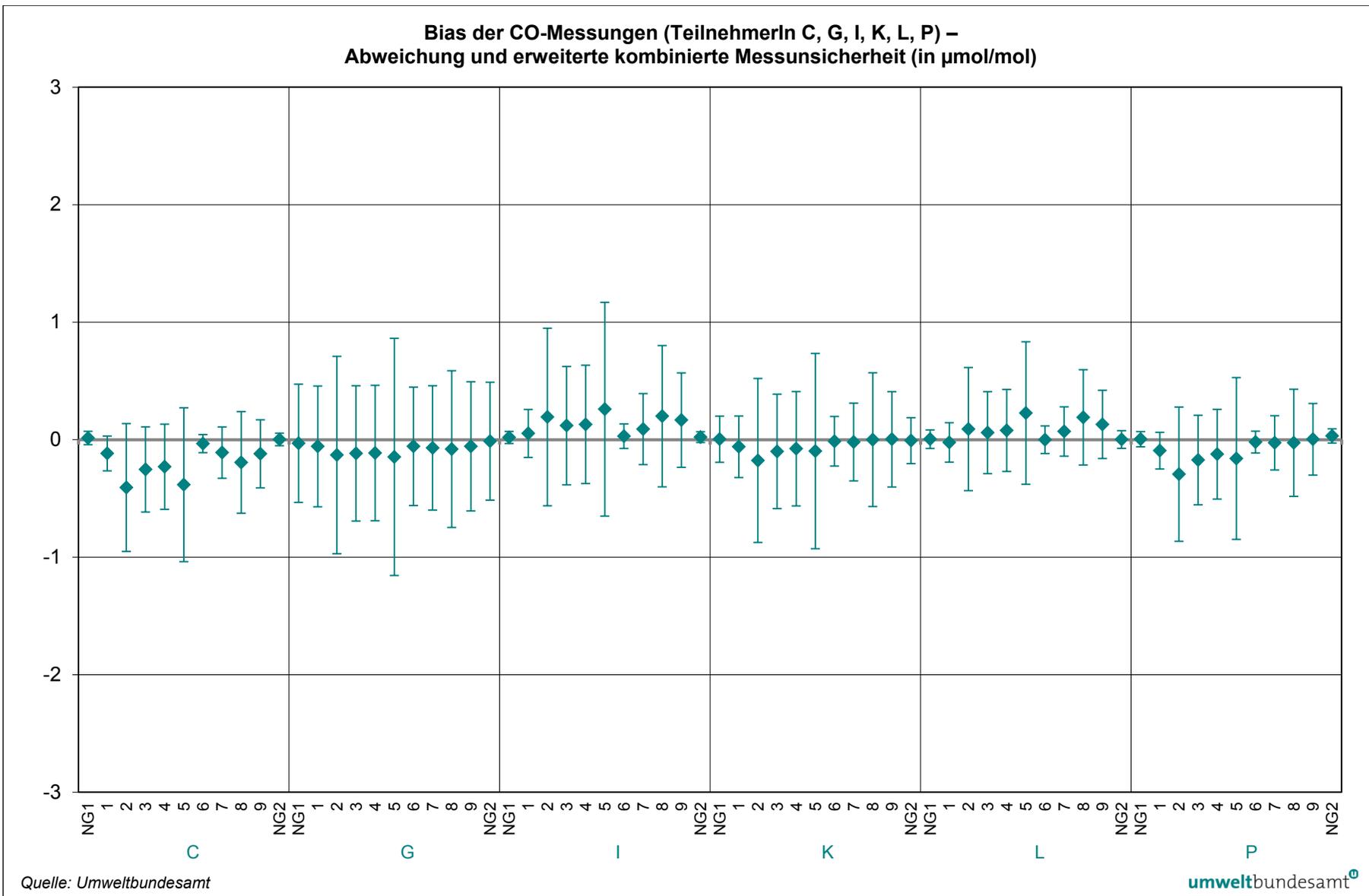


Abbildung 46: Bias der CO-Messungen (TeilnehmerIn C, G, I, K, L, P) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

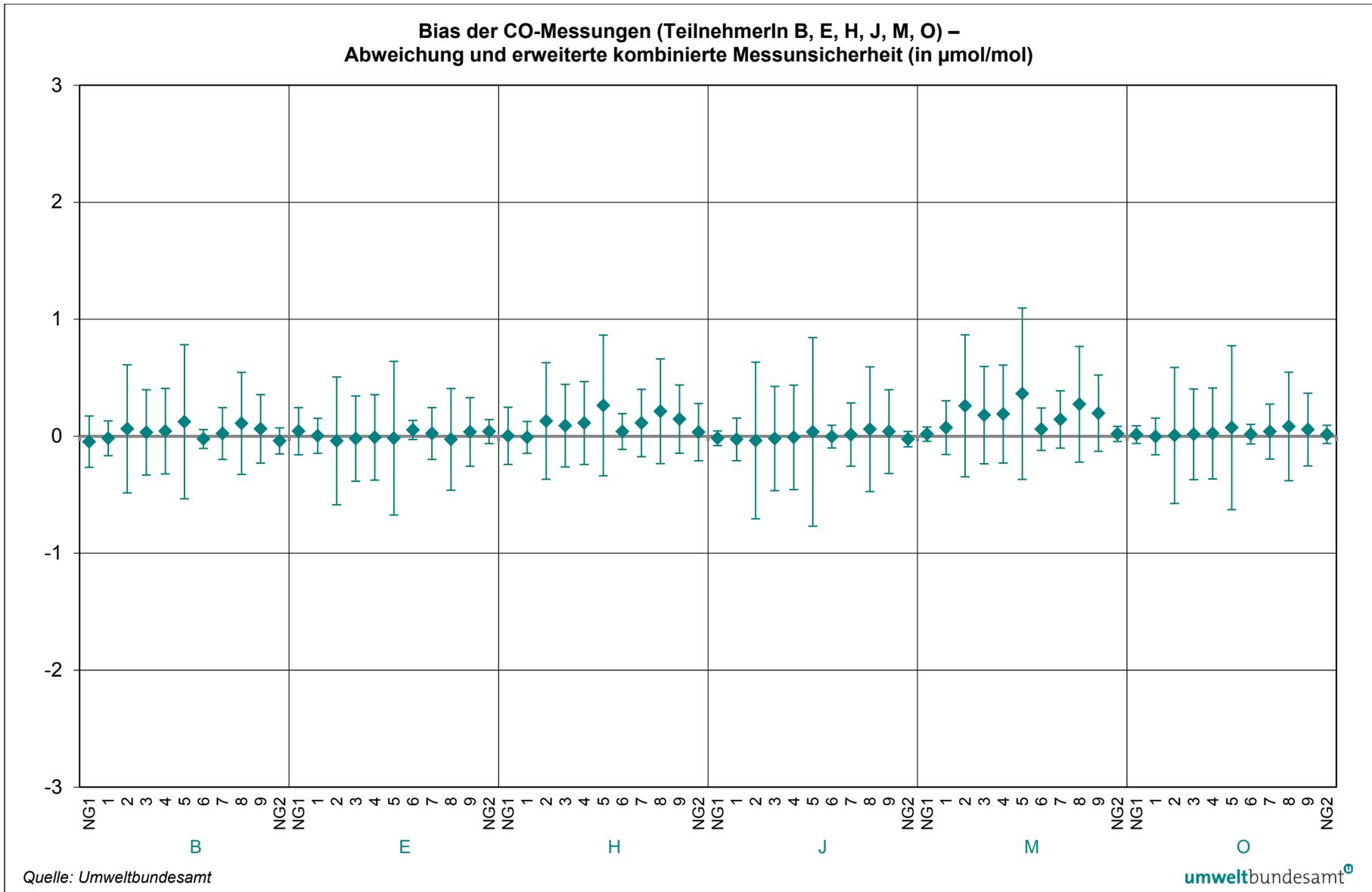


Abbildung 47: Bias der CO-Messungen (TeilnehmerIn B, E, H, J, M, O) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

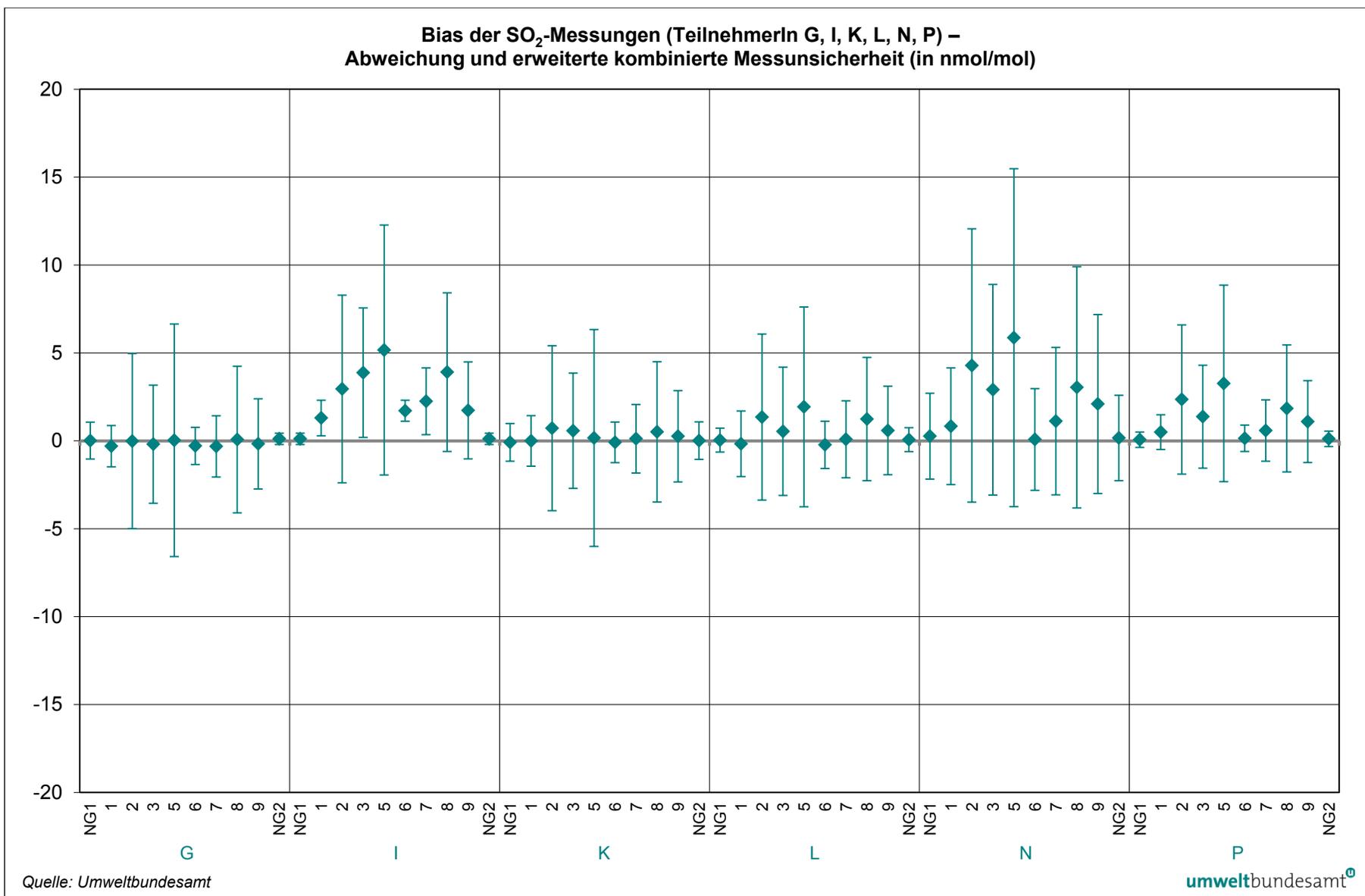


Abbildung 48: Bias der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn G, I, K, L, N, P) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

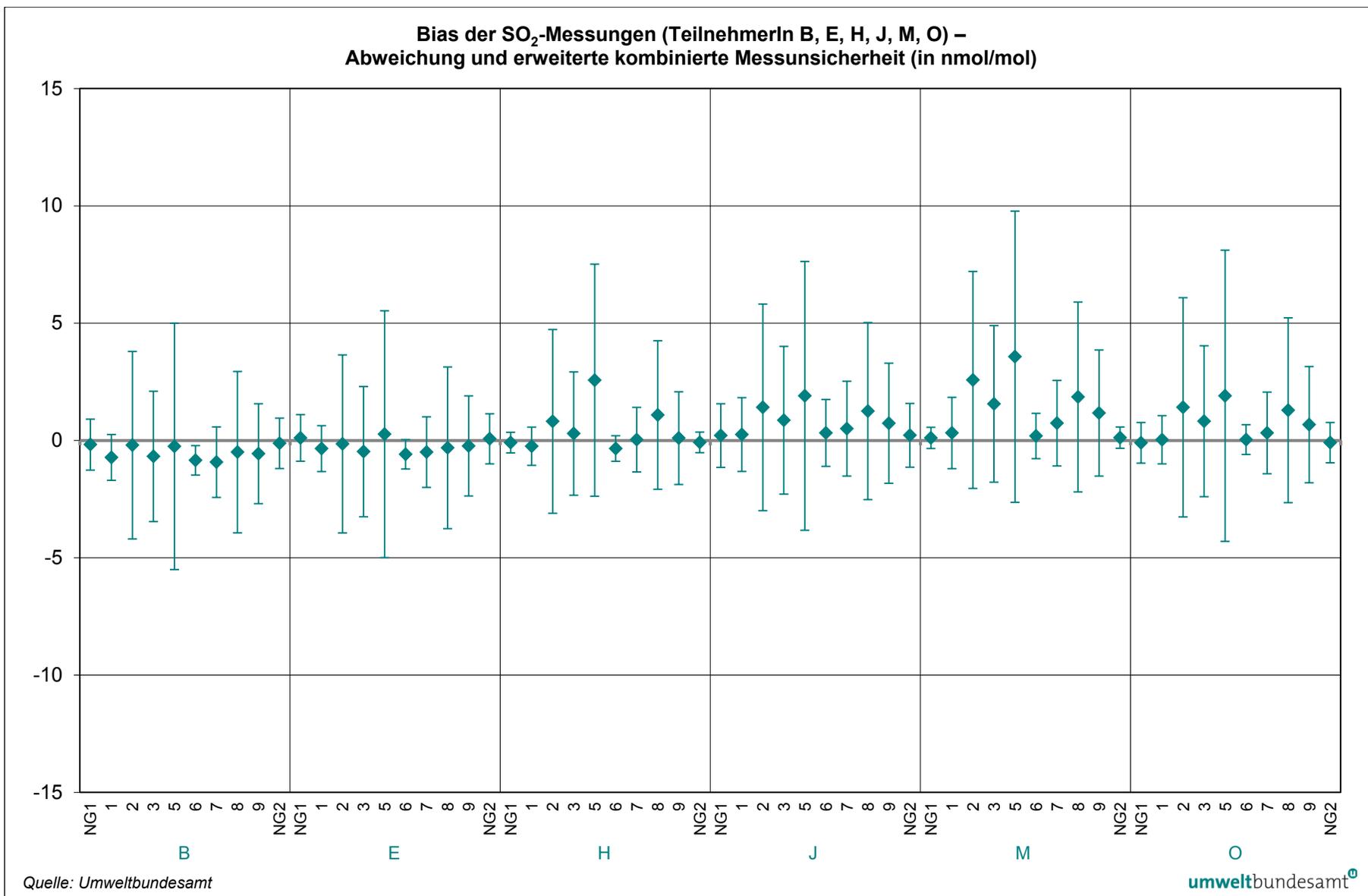


Abbildung 49: Bias der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, E, H, J, M, O) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

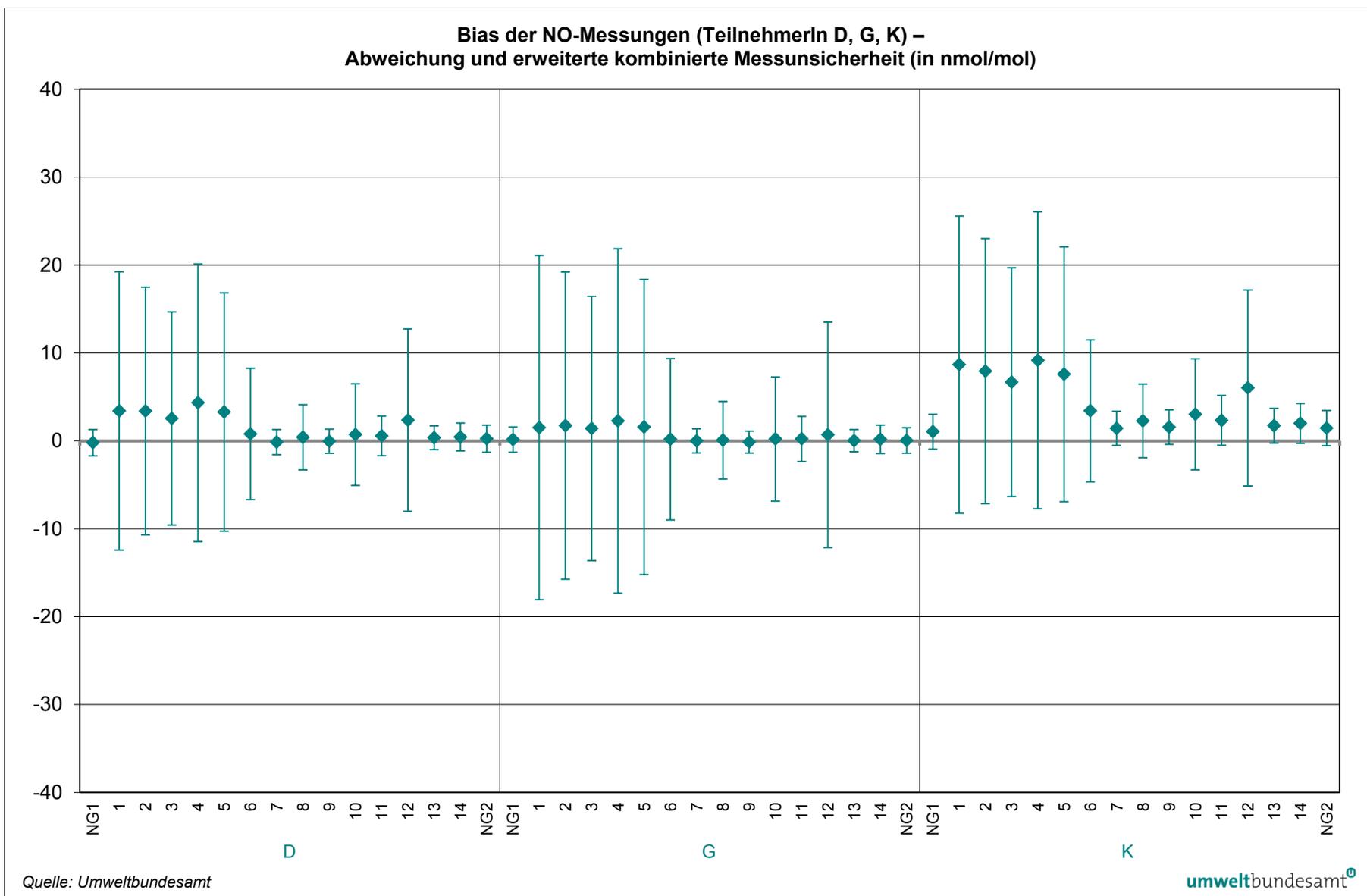


Abbildung 50: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn D, G, K) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

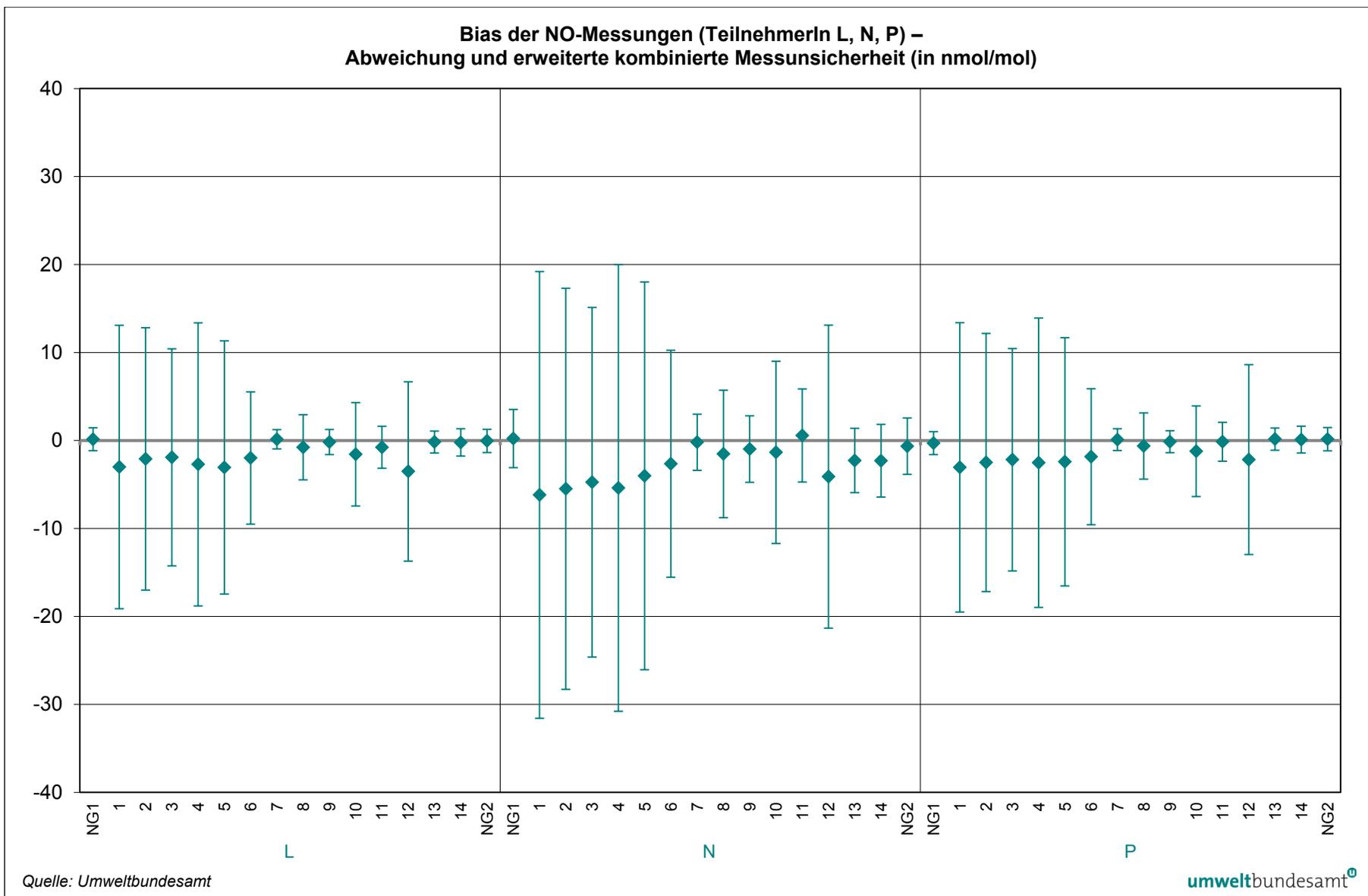


Abbildung 51: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn L, N, P) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

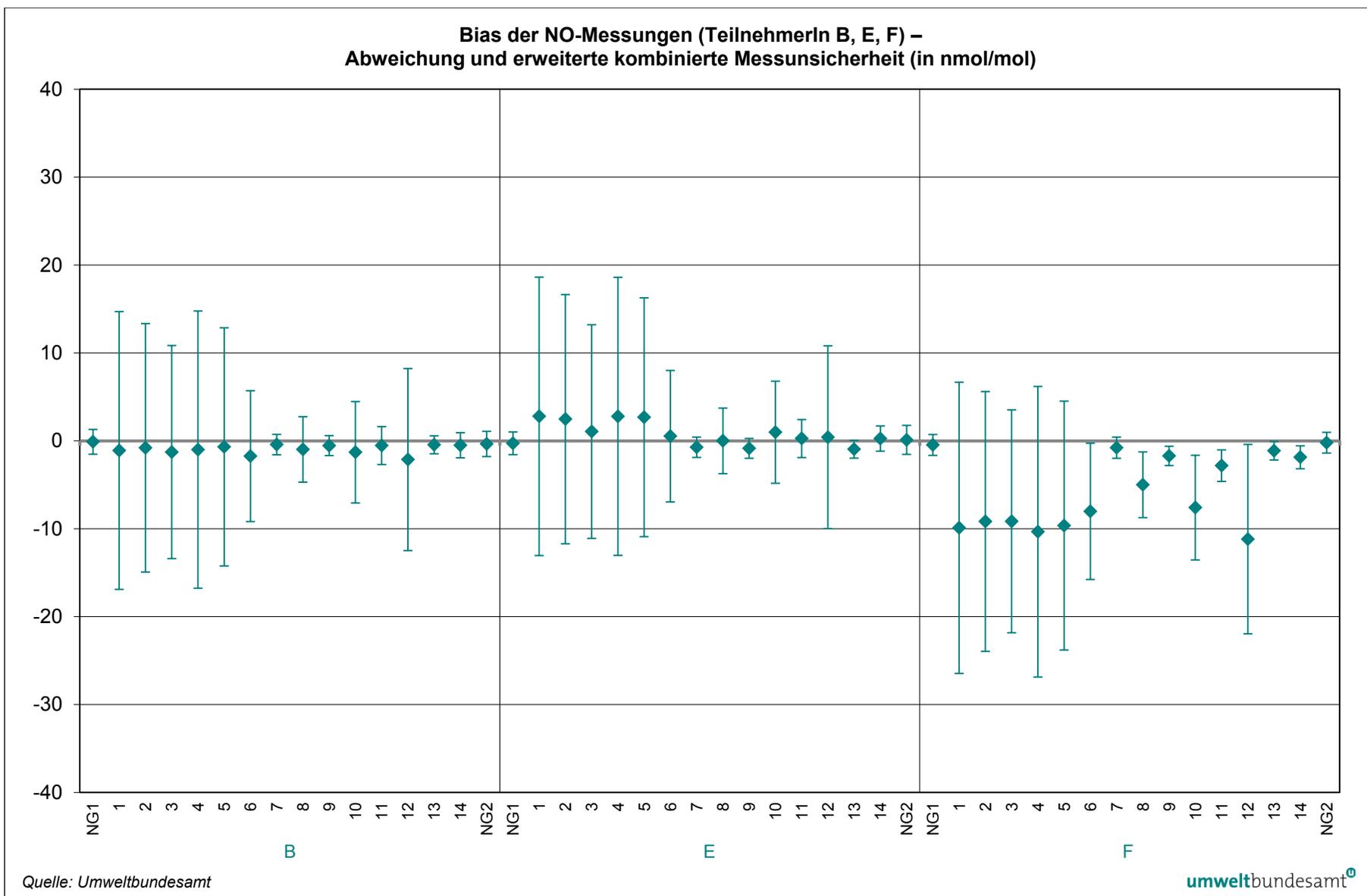


Abbildung 52: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, E, F) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

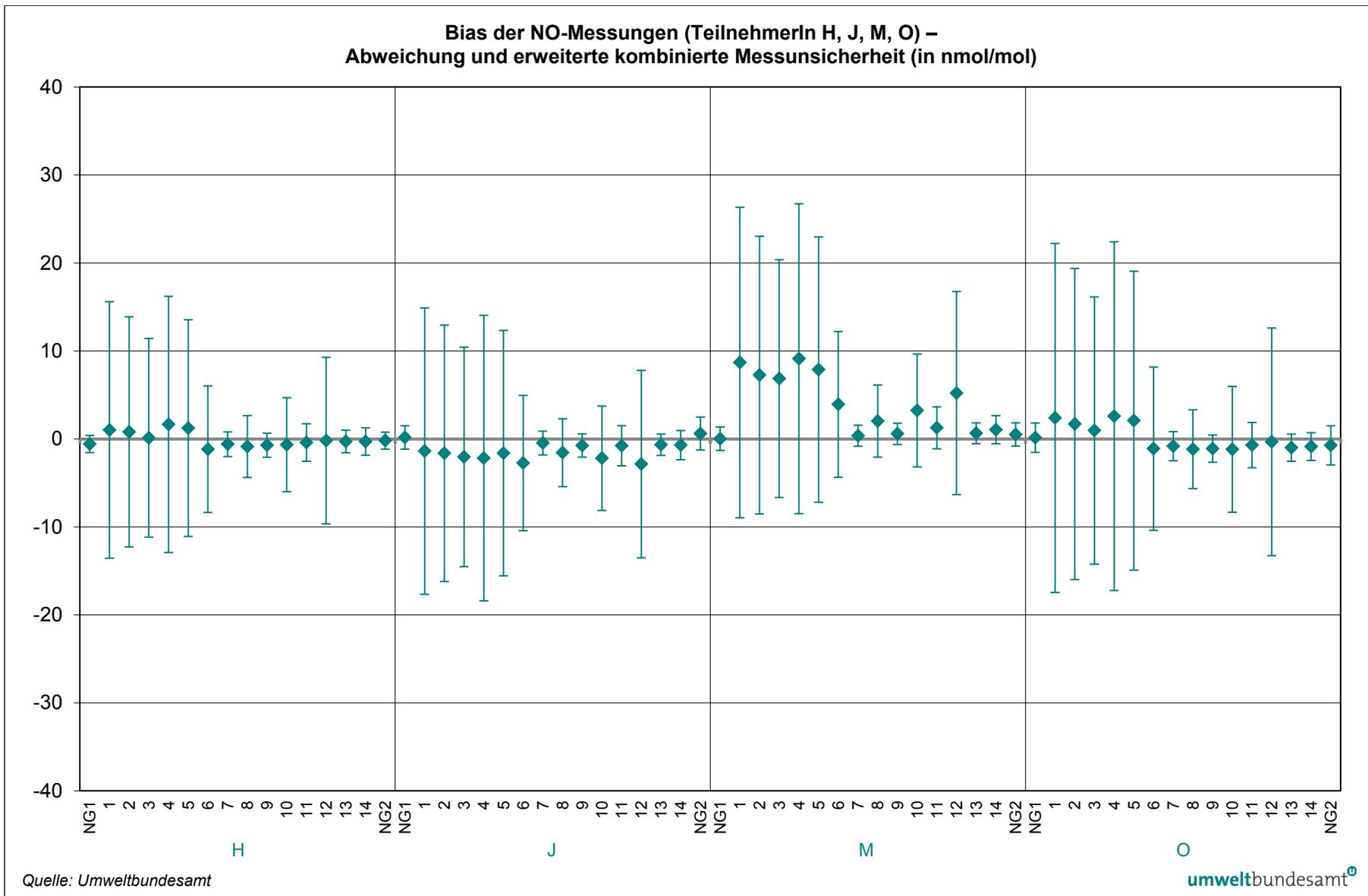
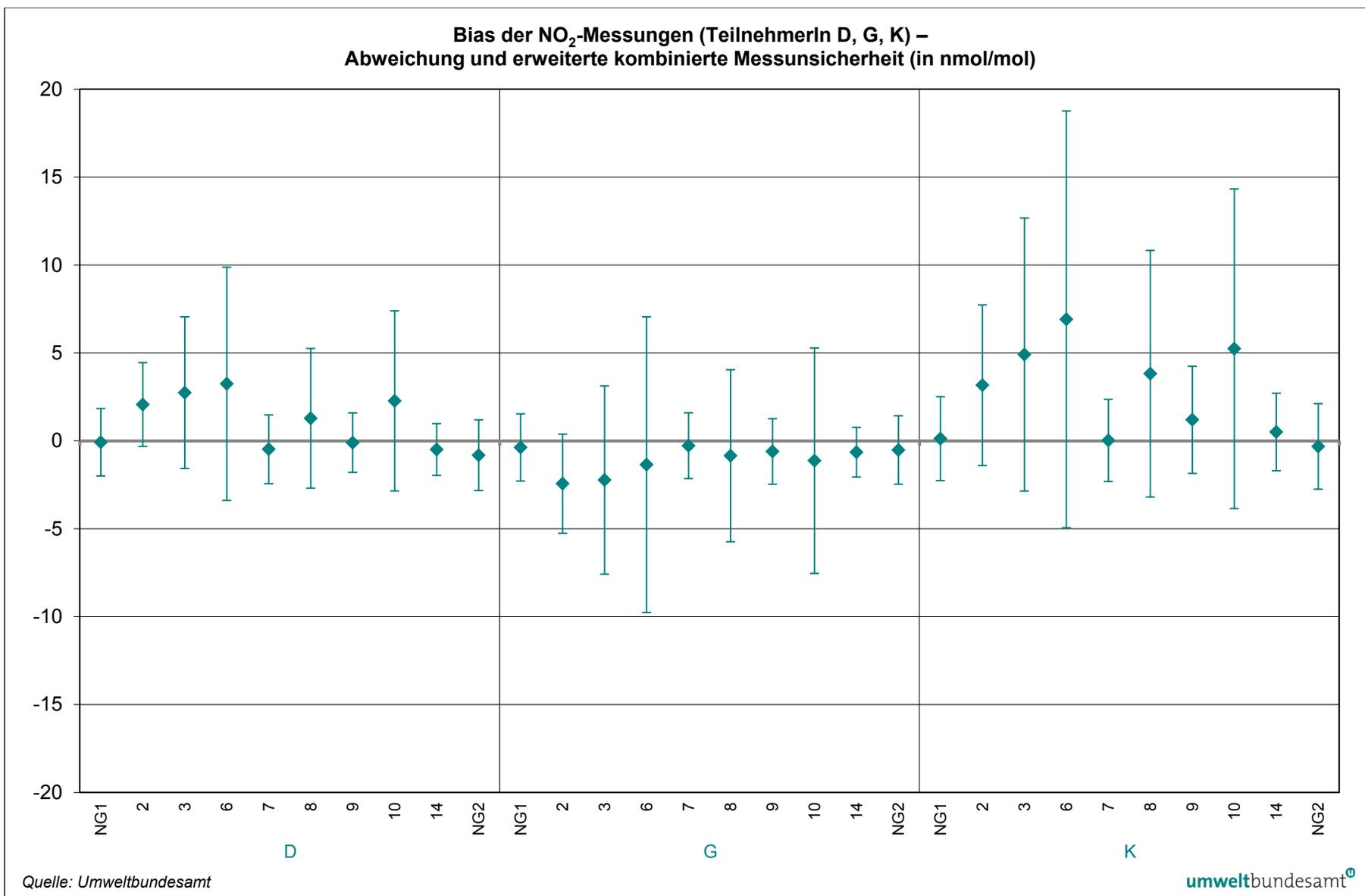


Abbildung 53: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn H, J, M, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

Abbildung 54: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn D, G, K) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

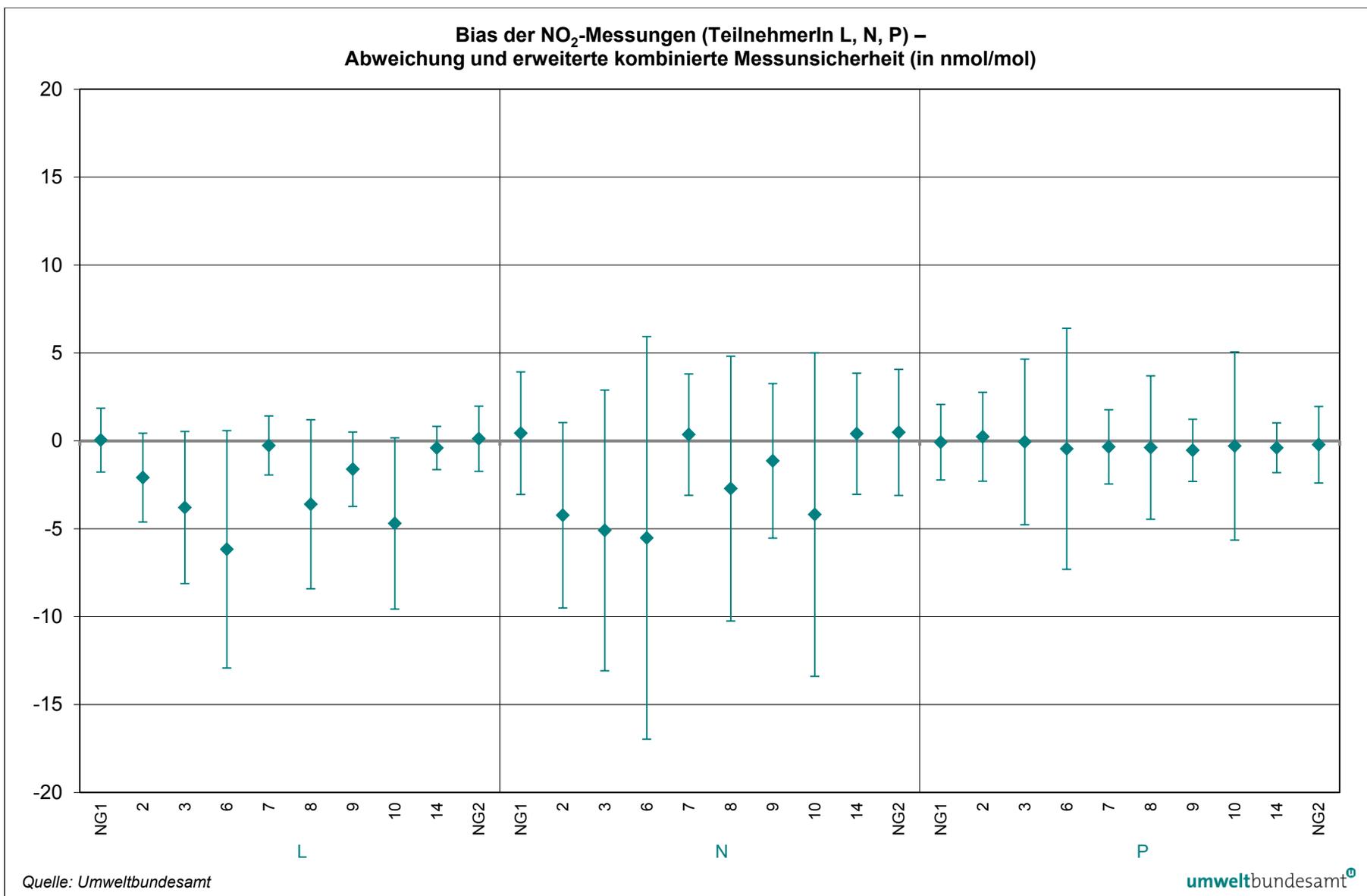
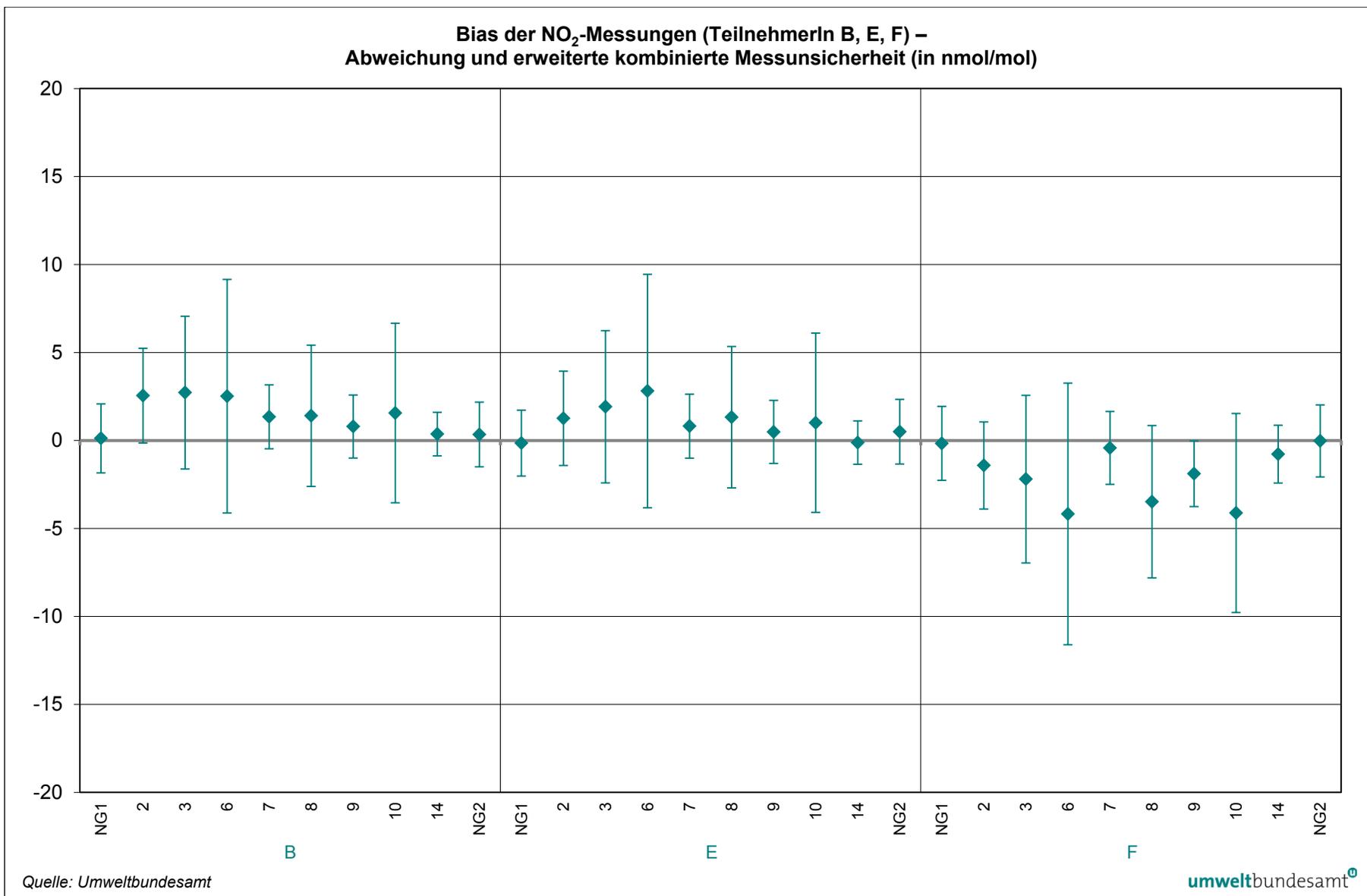


Abbildung 55: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, N, P) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

Abbildung 56: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, E, F) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

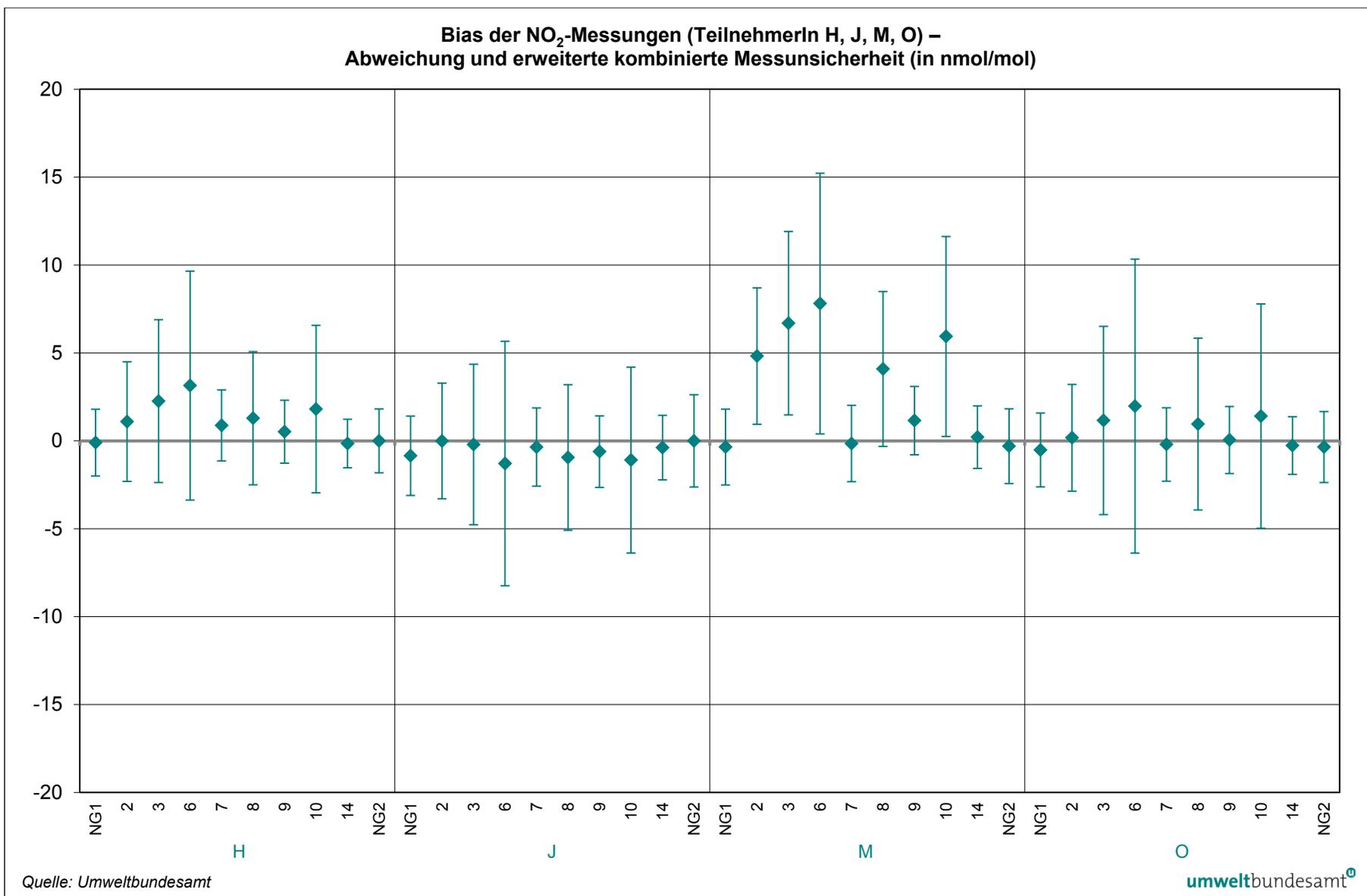


Abbildung 57: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, M, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

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 Bundesluftreinhaltegesetz geändert werden und das Bundesgesetz über ein Verbot des Verbrennens biogener Materialien außerhalb von Anlagen aufgehoben wird.
- ISO 13528: 2005: Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Organization for Standardization, Genf.
- ISO/IEC 17043: 2010: Conformity assessment – General requirements for proficiency testing. International Organization for Standardization, Genf.
- Messkonzept-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.
- ÖNORM EN 14211: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14212: 2014: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14625: 2013: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14626: 2012: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

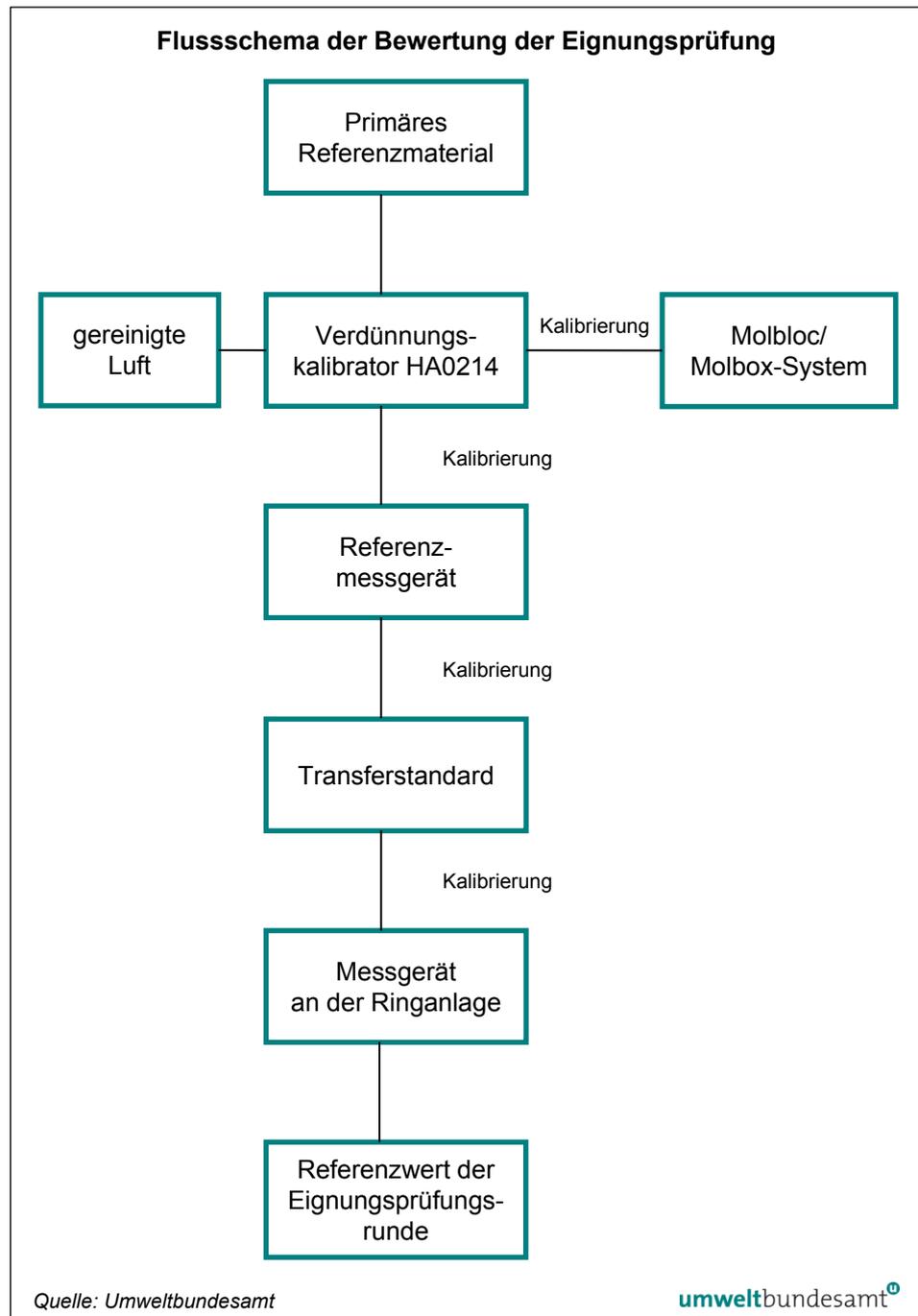
ANHÄNGE

ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	54
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	56
ANHANG C: BERICHTETE WERTE.....	59
ANHANG D: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH	107
ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	153

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 58:
Rückführung bis zu
den Messgeräten
an der Anlage.



A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit

Folgende Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte wurden bei der Eignungsprüfung 2018 eingesetzt:

Platz 1			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
SO ₂	TEI	43cTL	661892-333
CO	HORIBA	APMA-360 CE	8947040114
NO _x	HORIBA	APNA-370	TLK 34DAG
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49C	64071-341

*Tabelle 11:
Messgeräte zur
Ermittlung der
Referenzwerte.*

Platz 14			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
SO ₂	API	T100	355
CO	HORIBA	APMA-370	FOR0BX0T
NO _x	HORIBA	APNA-370	300DPVAE
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49i	1317957903

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

Tabelle 12: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2018.

Komponente	Hersteller/ Flaschennummer	Matrix	Wert	erweiterte Messunsicherheit	Kalibrierschein- nummer
NO	Messer Schweiz/D614925	NO in N ₂	740,2 nmol/mol	11,10 nmol/mol	095/18 ID 0620

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 2018 eingehalten. Die Kriterien der Homogenität für Ozon wurden über den gesamten Zeitraum der Eignungsprüfung eingehalten.

ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

Die Referenzwerte werden ermittelt und sind alle 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 Referenzwerte werden durch einen Vergleich mit den Ergebnissen einer robusten Datenanalyse aller TeilnehmerInnen nach ISO 13528, Anhang C, validiert.

Prüfkriterium

Die Ergebnisse der robusten Datenanalyse, der Mittelwert x^* und die Standardabweichung s^* 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 (siehe Tabelle 13 bis Tabelle 19).

Tabelle 13:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für SO₂
(08.–12.10.2018).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,1	0,16	0,2	0,13	ok
SO ₂ 1	nmol/mol	21,3	0,31	21,6	0,71	ok
SO ₂ 2	nmol/mol	119,0	1,51	121,0	1,78	ok
SO ₂ 3	nmol/mol	80,6	1,03	82,1	1,78	ok
SO ₂ 4	nmol/mol	100,2	1,28	84,8	1,76	ok
SO ₂ 5	nmol/mol	158,2	2,01	160,9	2,80	ok
SO ₂ 6	nmol/mol	11,8	0,17	11,9	0,35	ok
SO ₂ 7	nmol/mol	41,5	0,54	42,1	1,01	ok
SO ₂ 8	nmol/mol	99,9	1,27	101,6	1,68	ok
SO ₂ 9	nmol/mol	61,1	0,79	62,0	0,99	ok
NG2	nmol/mol	0,1	0,16	0,2	0,06	ok

Tabelle 14:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für SO₂
(15.–19.10.2018).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,1	0,16	0,1	0,17	ok
SO ₂ 1	nmol/mol	21,3	0,29	21,2	0,45	ok
SO ₂ 2	nmol/mol	118,6	1,50	119,6	1,20	ok
SO ₂ 3	nmol/mol	80,5	1,02	80,9	0,97	ok
SO ₂ 5	nmol/mol	157,8	1,99	159,4	1,62	ok
SO ₂ 6	nmol/mol	11,8	0,18	11,6	0,53	ok
SO ₂ 7	nmol/mol	41,4	0,54	41,4	0,72	ok
SO ₂ 8	nmol/mol	99,6	1,27	100,4	1,08	ok
SO ₂ 9	nmol/mol	61,0	0,78	61,3	0,74	ok
NG2	nmol/mol	0,1	0,16	0,1	0,14	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	$\mu\text{mol/mol}$	0,00	0,026	0,00	0,000	ok
CO 1	$\mu\text{mol/mol}$	4,58	0,059	4,53	0,066	ok
CO 2	$\mu\text{mol/mol}$	17,11	0,214	16,99	0,258	ok
CO 3	$\mu\text{mol/mol}$	11,39	0,143	11,31	0,160	ok
CO 4	$\mu\text{mol/mol}$	11,39	0,143	11,31	0,153	ok
CO 5	$\mu\text{mol/mol}$	20,587	0,258	20,53	0,281	ok
CO 6	$\mu\text{mol/mol}$	2,32	0,031	2,31	0,033	ok
CO 7	$\mu\text{mol/mol}$	6,82	0,087	6,81	0,088	ok
CO 8	$\mu\text{mol/mol}$	13,58	0,170	13,60	0,175	ok
CO 9	$\mu\text{mol/mol}$	9,05	0,114	9,07	0,124	ok
NG2	$\mu\text{mol/mol}$	0,00	0,023	0,00	0,000	ok

Tabelle 15:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für CO
(08.–12.10.2018).

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	$\mu\text{mol/mol}$	0,00	0,024	0,00	0,012	ok
CO 1	$\mu\text{mol/mol}$	4,55	0,058	4,55	0,022	ok
CO 2	$\mu\text{mol/mol}$	17,02	0,213	17,08	0,131	ok
CO 3	$\mu\text{mol/mol}$	11,33	0,142	11,38	0,084	ok
CO 4	$\mu\text{mol/mol}$	11,34	0,142	11,40	0,009	ok
CO 5	$\mu\text{mol/mol}$	20,49	0,256	20,63	0,164	ok
CO 6	$\mu\text{mol/mol}$	2,31	0,031	2,34	0,037	ok
CO 7	$\mu\text{mol/mol}$	6,80	0,086	6,86	0,062	ok
CO 8	$\mu\text{mol/mol}$	13,54	0,170	13,66	0,123	ok
CO 9	$\mu\text{mol/mol}$	9,02	0,114	9,11	0,075	ok
NG2	$\mu\text{mol/mol}$	0,00	0,025	0,01	0,031	ok

Tabelle 16:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für CO
(15.–19.10.2018).

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,5	0,51	0,6	0,44	ok
NO 1	nmol/mol	490,4	6,15	490,6	6,12	ok
NO 2	nmol/mol	437,6	5,48	438,1	5,48	ok
NO 3	nmol/mol	376,3	4,72	376,6	4,64	ok
NO 4	nmol/mol	490,5	6,14	491,4	6,14	ok
NO 5	nmol/mol	420,6	5,27	421,1	5,09	ok
NO 6	nmol/mol	230,5	2,89	230,2	2,59	ok
NO 7	nmol/mol	0,5	0,47	0,6	0,28	ok
NO 8	nmol/mol	110,0	1,40	109,9	1,39	ok
NO 9	nmol/mol	25,1	0,38	25,0	0,71	ok
NO 10	nmol/mol	176,6	2,22	176,5	1,90	ok
NO 11	nmol/mol	62,6	0,83	63,0	1,04	ok
NO 12	nmol/mol	321,4	4,03	321,3	4,43	ok
NO 13	nmol/mol	20,1	0,39	20,1	1,39	ok
NO 14	nmol/mol	36,6	0,57	36,6	1,57	ok
NG2	nmol/mol	0,4	0,52	0,5	0,64	ok

Tabelle 17:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
(08.–12.10.2018).

*Tabelle 18:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
(15.–19.10.2018).*

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,6	0,44	0,4	0,33	ok
NO 1	nmol/mol	492,1	6,16	492,7	5,75	ok
NO 2	nmol/mol	438,8	5,50	439,2	4,93	ok
NO 3	nmol/mol	377,1	4,73	376,9	4,93	ok
NO 4	nmol/mol	491,5	6,15	492,2	6,19	ok
NO 5	nmol/mol	421,6	5,27	422,2	5,24	ok
NO 6	nmol/mol	231,1	2,90	229,8	3,70	ok
NO 7	nmol/mol	9,1	0,45	8,5	0,26	ok
NO 8	nmol/mol	110,8	1,41	109,8	2,05	ok
NO 9	nmol/mol	25,1	0,38	24,3	0,66	ok
NO 10	nmol/mol	177,6	2,23	176,7	3,10	ok
NO 11	nmol/mol	62,5	0,81	62,1	1,23	ok
NO 12	nmol/mol	321,7	4,04	320,6	4,44	ok
NO 13	nmol/mol	19,7	0,34	19,1	0,52	ok
NO 14	nmol/mol	36,3	0,51	35,8	1,04	ok
NG2	nmol/mol	0,2	0,44	0,0	0,00	ok

*Tabelle 19:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂
(08.–12.10.2018).*

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,1	0,82	0,1	0,13	ok
NO ₂ 2	nmol/mol	66,1	0,94	65,6	3,24	ok
NO ₂ 3	nmol/mol	127,5	1,69	126,9	4,39	ok
NO ₂ 6	nmol/mol	202,8	2,56	202,2	5,72	ok
NO ₂ 7	nmol/mol	0,4	0,79	0,1	0,20	ok
NO ₂ 8	nmol/mol	117,0	1,51	116,6	3,06	ok
NO ₂ 9	nmol/mol	42,8	0,62	42,3	1,07	ok
NO ₂ 10	nmol/mol	153,8	1,97	153,4	4,31	ok
NO ₂ 14	nmol/mol	14,8	0,50	14,6	0,56	ok
NG2	nmol/mol	0,2	0,84	-0,1	0,12	ok

*Tabelle 20:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂
(15.–19.10.2018).*

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,3	0,79	0,0	0,17	ok
NO ₂ 2	nmol/mol	66,5	1,02	67,6	2,11	ok
NO ₂ 3	nmol/mol	127,7	1,68	129,4	2,89	ok
NO ₂ 6	nmol/mol	202,9	2,56	204,8	4,26	ok
NO ₂ 7	nmol/mol	4,2	0,77	4,5	0,81	ok
NO ₂ 8	nmol/mol	117,0	1,51	117,8	2,52	ok
NO ₂ 9	nmol/mol	42,7	0,61	42,9	0,96	ok
NO ₂ 10	nmol/mol	154,2	1,96	155,1	3,47	ok
NO ₂ 14	nmol/mol	14,8	0,43	14,6	0,42	ok
NG2	nmol/mol	0,2	0,75	0,0	0,0,	ok

ANHANG C: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung für NO/NO₂ und SO₂ werden in der Einheit nmol/mol und CO in der Einheit µmol/mol angegeben. Für alle Durchgänge werden die Messwerte, der Mittelwert (\bar{X}_i) der Messwerte, die kombinierte (u_i) und erweiterte Messunsicherheit (U_i) sowie die Standardabweichung (S_i) der Messungen der untersuchten Komponenten der jeweiligen TeilnehmerInnen angegeben. x^* ist der aus der robusten Statistik erhaltene Mittelwert, seine Standardabweichung wird als s^* angegeben.

Der Referenzwert ist bei CO, SO₂ und NO/NO₂ der Mittelwert der Messungen des Umweltbundesamtes am Platz 1 der Ringversuchsanlage. Die Fehlerindikatoren zeigen die erweiterte Messunsicherheit des Messwertes der TeilnehmerInnen.

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 08.–12.10.2018

Ergebnisse für SO₂

Tabelle 21: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

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

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2
$x_{i,2}$	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,3	0,1
\bar{X}_i	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2
S_i	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,16	0,50	0,02	0,51	0,30	1,21	0,15
$U(x_i)$	0,32	1,00	0,04	1,02	0,60	2,42	0,30

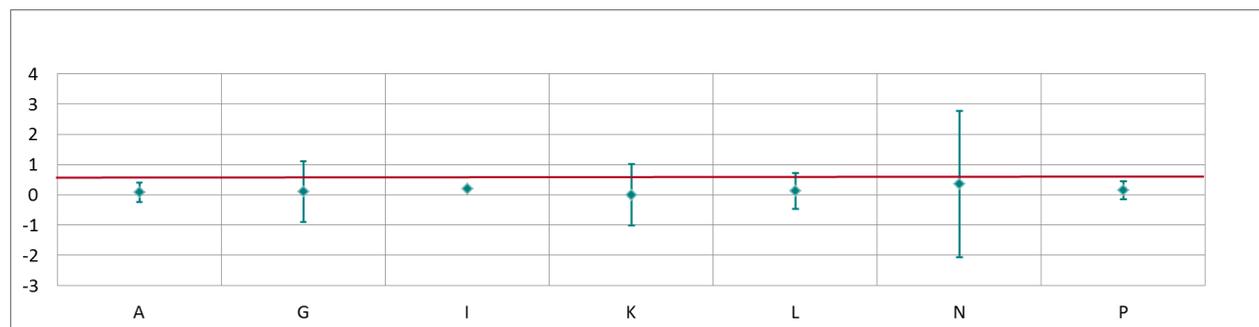


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang Null (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 22: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 1 $x^* = 21,6$ $s^* = 0,71$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	21,0	20,7	22,3	21,0	20,9	21,8	21,4
$x_{i,2}$	21,3	21,0	22,4	21,3	21,1	22,2	21,9
$x_{i,3}$	21,5	21,2	23,0	21,5	21,3	22,3	22,0
X_i	21,3	21,0	22,6	21,3	21,1	22,1	21,8
S_i	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
$u(x_i)$	0,31	0,50	0,40	0,65	0,88	1,63	0,39
$U(x_i)$	0,62	1,00	0,80	1,30	1,76	3,26	0,77

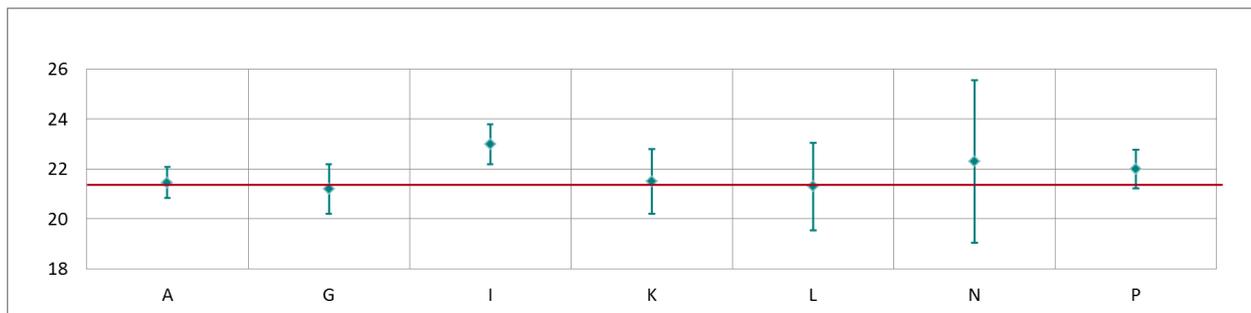


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 23: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 2 $x^* = 121,0$ $s^* = 1,78$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	118,9	118,9	121,8	120,1	120,4	123,4	121,0
$x_{i,2}$	119,1	119,1	122,0	119,7	120,4	123,2	121,6
$x_{i,3}$	119,2	119,1	122,2	119,5	120,4	123,4	121,6
X_i	119,0	119,0	122,0	119,8	120,4	123,3	121,4
S_i	0,2	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	0,3
$u(x_i)$	1,51	2,02	2,19	1,79	1,81	0,00	1,49
$U(x_i)$	3,03	3,95	4,39	3,58	3,62	7,16	2,97

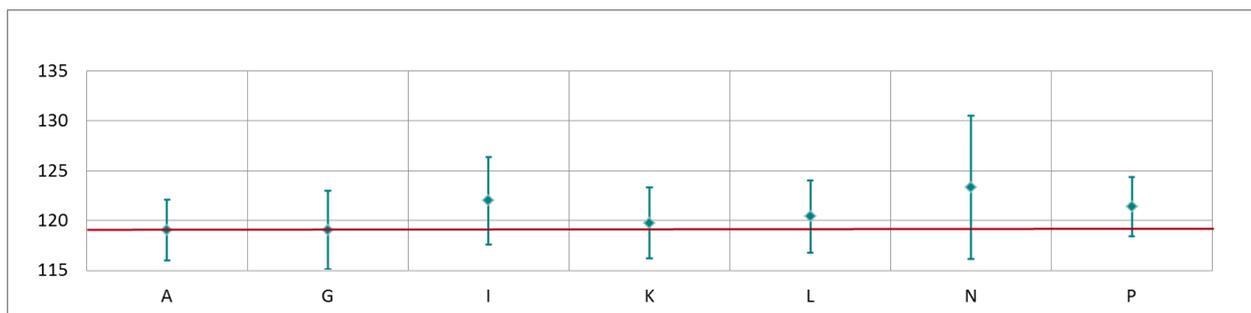


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 24: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 3 $x^* = 82,1$ $s^* = 1,78$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	80,5	80,4	84,0	81,0	80,8	83,6	81,8
$x_{i,2}$	80,6	80,2	84,3	81,3	81,2	83,4	82,2
$x_{i,3}$	80,6	80,5	85,0	81,1	81,3	83,4	81,8
X_i	80,6	80,4	84,4	81,1	81,1	83,5	81,9
S_i	0,0	0,2	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2
$u(x_i)$	1,03	1,37	1,53	1,28	1,51	2,81	1,04
$U(x_i)$	2,05	2,66	3,06	2,56	3,02	5,63	2,09

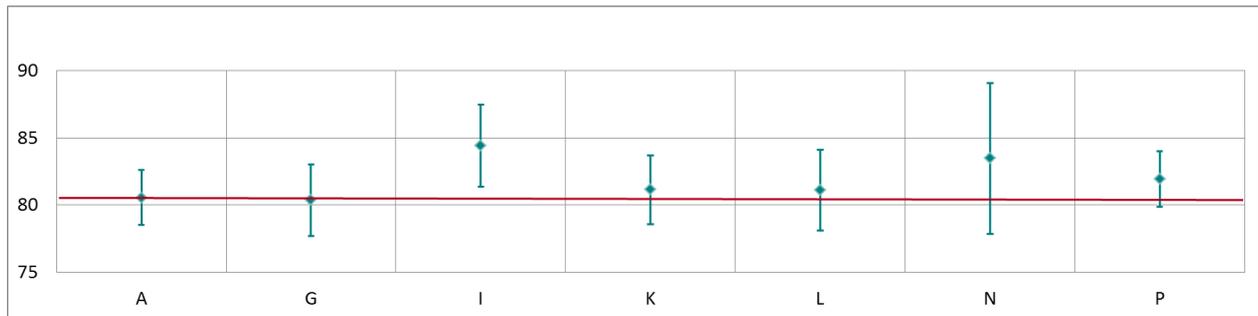


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 25: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 5 $x^* = 160,9$ $s^* = 2,80$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	158,1	158,1	163,0	159,1	159,9	163,9	160,9
$x_{i,2}$	158,3	158,2	163,3	159,6	160,3	163,9	161,6
$x_{i,3}$	158,2	158,4	163,8	156,4	160,2	164,4	161,9
X_i	158,2	158,2	163,4	158,4	160,1	164,1	161,5
S_i	0,1	0,2	0,4	1,7	0,2	0,3	0,5
$u(x_i)$	2,01	2,69	2,93	2,34	2,01	4,37	1,94
$U(x_i)$	4,02	5,25	5,86	4,68	4,02	8,73	3,88

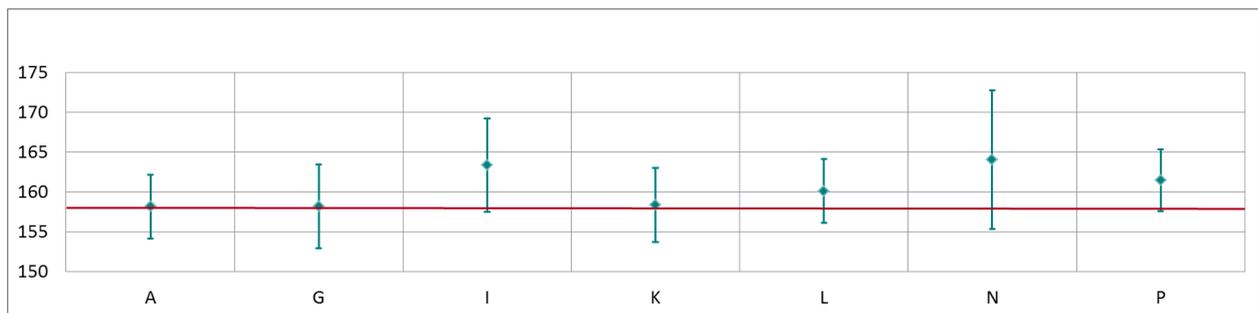


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 26: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 6 $x^* = 11,9$ $s^* = 0,35$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	11,9	11,6	13,2	11,9	11,7	12,0	12,1
$x_{i,2}$	11,8	11,5	13,5	11,7	11,5	11,8	11,9
$x_{i,3}$	11,8	11,5	13,9	11,6	11,6	11,9	11,9
X_i	11,8	11,5	13,5	11,7	11,6	11,9	12,0
S_i	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,17	0,50	0,24	0,55	0,65	1,43	0,33
$U(x_i)$	0,35	1,00	0,48	1,10	1,30	2,87	0,66

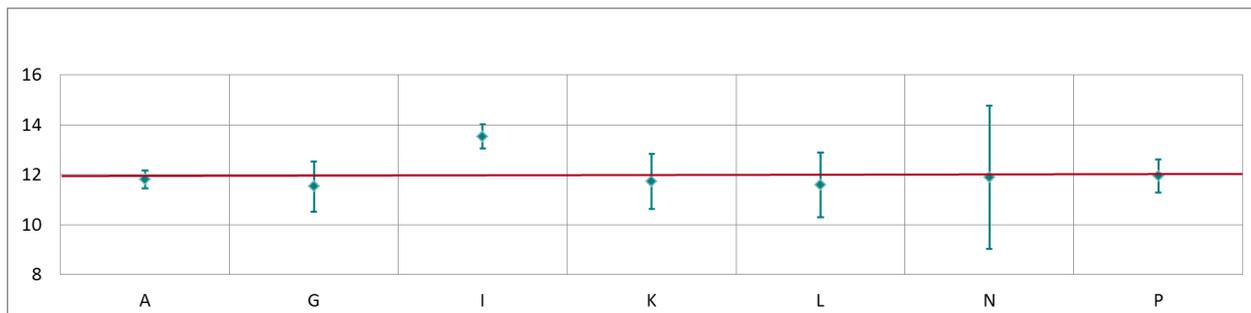


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 27: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 7 $x^* = 42,1$ $s^* = 1,01$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	41,5	41,1	43,5	41,6	41,6	42,5	42,0
$x_{i,2}$	41,5	41,2	43,8	41,6	41,5	42,6	42,0
$x_{i,3}$	41,5	41,3	44,0	41,7	41,6	42,8	42,3
X_i	41,5	41,2	43,8	41,6	41,6	42,6	42,1
S_i	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
$u(x_i)$	0,54	0,70	0,78	0,81	0,95	2,03	0,69
$U(x_i)$	1,08	1,37	1,56	1,62	1,90	4,05	1,37

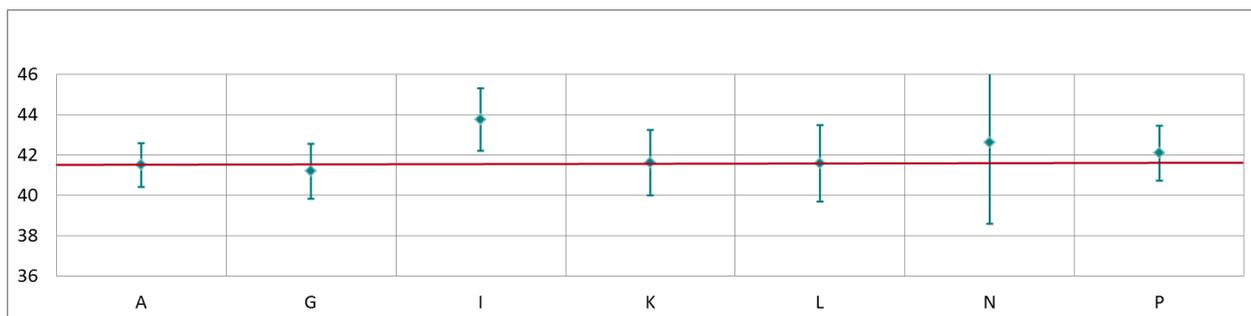
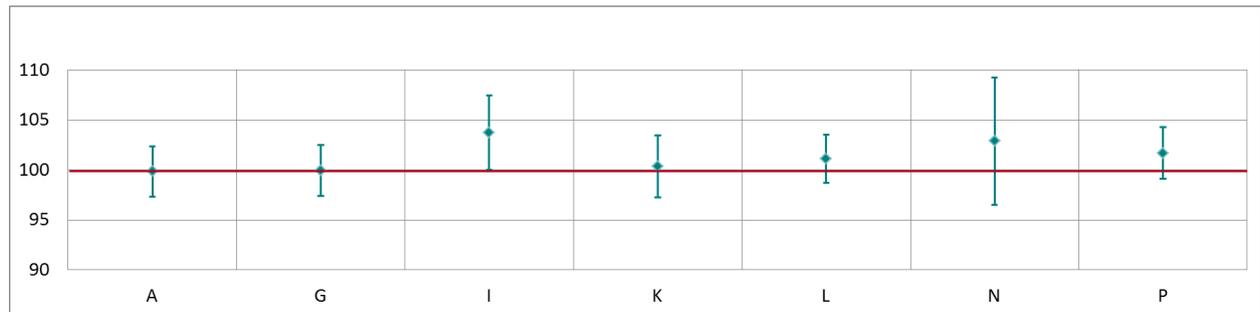


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 28: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 8 $x^* = 101,6$ $s^* = 1,68$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	99,9	99,9	103,5	100,3	101,0	102,7	101,9
$x_{i,2}$	99,9	100,0	103,8	100,5	101,0	103,0	101,7
$x_{i,3}$	99,8	99,9	104,0	100,3	101,3	103,0	101,5
X_i	99,9	99,9	103,8	100,4	101,1	102,9	101,7
S_i	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
$u(x_i)$	1,27	1,70	1,86	1,54	1,21	3,18	1,29
$U(x_i)$	2,54	2,54	3,73	3,08	2,42	6,37	2,57

Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).Tabelle 29: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 9 $x^* = 62,0$ $s^* = 0,99$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	61,1	60,6	62,5	61,4	61,6	63,1	62,0
$x_{i,2}$	61,1	61,1	62,8	61,4	61,7	63,2	62,3
$x_{i,3}$	61,1	61,1	63,2	61,3	61,8	63,3	62,3
X_i	61,1	60,9	62,8	61,4	61,7	63,2	62,2
S_i	0,02	0,29	0,35	0,06	0,08	0,10	0,17
$u(x_i)$	0,79	1,04	1,13	1,03	0,98	2,42	0,86
$U(x_i)$	1,58	2,02	2,26	2,06	1,96	4,84	1,71

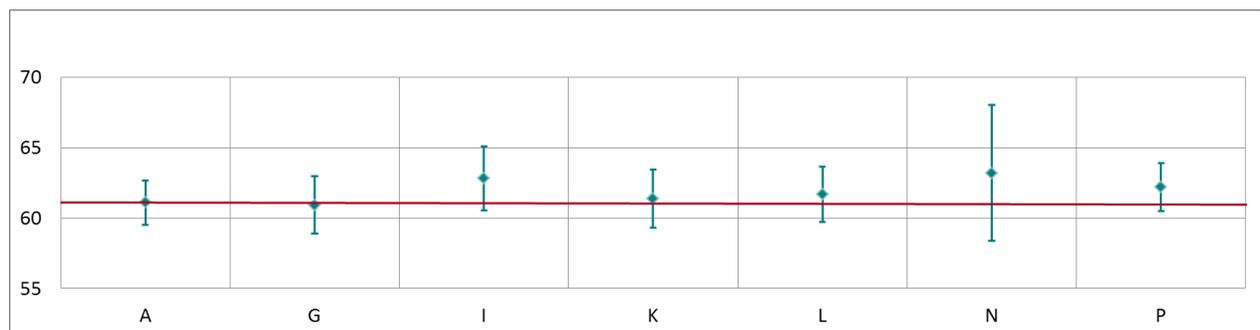
Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 30: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,2$ $s^* = 0,06$

	Teilnehmer						
	A	G	I	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2
$x_{i,2}$	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
X_i	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
S_i	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00
$u(x_i)$	0,16	0,50	0,02	0,51	0,30	1,21	0,15
$U(x_i)$	0,32	1,00	0,04	1,02	0,60	2,41	0,30

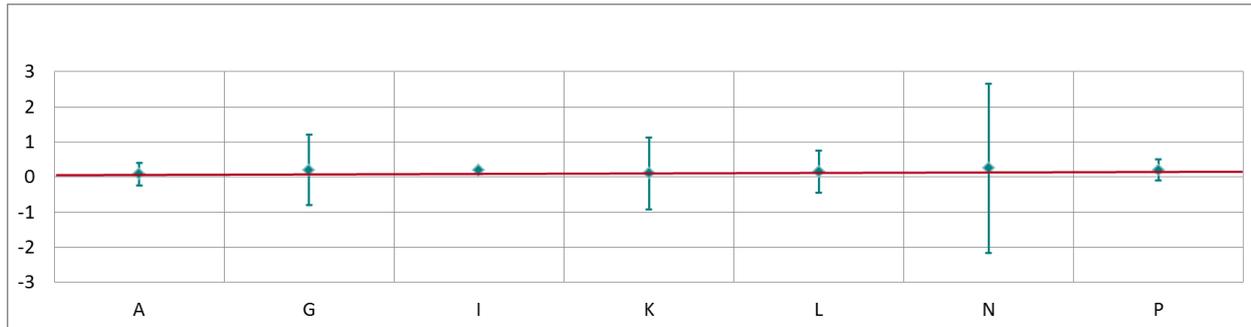


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang Null (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Ergebnisse für CO

Tabelle 31: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in µmol/mol).

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

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	0,00	0,01	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
$x_{i,2}$	0,00	0,01	-0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
X_i	0,00	0,01	-0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
S_i	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,026	0,013	0,250	0,001	0,095	0,030	0,020
$U(x_i)$	0,051	0,026	0,500	0,002	0,190	0,060	0,040

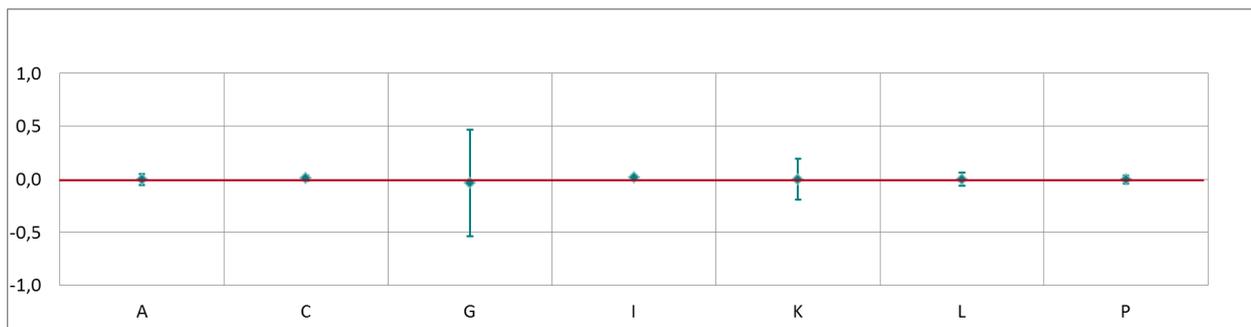


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang Null (Nullgas) (in µmol/mol).

Tabelle 32: Ergebnisse für CO bei Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 1 $x^* = 4,53$ $s^* = 0,066$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	4,57	4,46	4,52	4,63	4,51	4,54	4,48
$x_{i,2}$	4,58	4,46	4,52	4,63	4,52	4,56	4,49
$x_{i,3}$	4,58	4,46	4,52	4,63	4,52	4,55	4,49
X_i	4,58	4,46	4,52	4,63	4,52	4,55	4,49
S_i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,059	0,045	0,250	0,083	0,117	0,060	0,051
$U(x_i)$	0,118	0,090	0,500	0,166	0,234	0,120	0,102

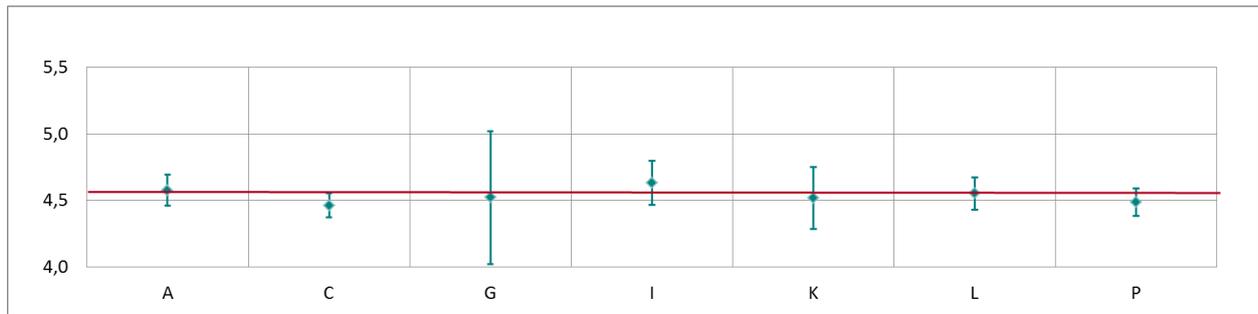


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 33: Ergebnisse für CO bei Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 2 $x^* = 16,99$ $s^* = 0,258$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	17,11	16,69	16,98	17,30	16,92	17,19	16,80
$x_{i,2}$	17,11	16,70	16,98	17,30	16,93	17,20	16,82
$x_{i,3}$	17,11	16,72	16,98	17,31	16,95	17,21	16,83
X_i	17,11	16,70	16,98	17,30	16,93	17,20	16,82
S_i	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
$u(x_i)$	0,214	0,167	0,370	0,311	0,275	0,150	0,188
$U(x_i)$	0,429	0,335	0,722	0,622	0,550	0,300	0,377

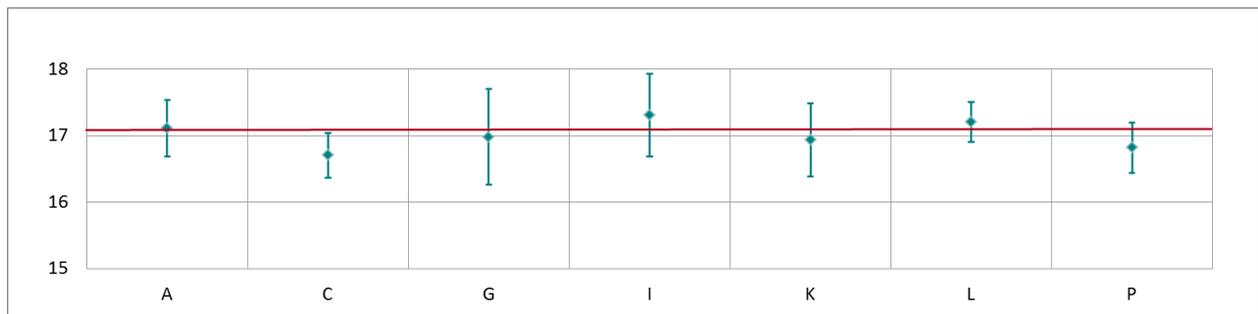


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 34: Ergebnisse für CO bei Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 3 $x^* = 11,31$ $s^* = 0,160$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	11,39	11,13	11,27	11,51	11,28	11,45	11,20
$x_{i,2}$	11,39	11,14	11,27	11,51	11,29	11,45	11,22
$x_{i,3}$	11,39	11,14	11,28	11,51	11,30	11,45	11,23
X_i	11,39	11,14	11,27	11,51	11,29	11,45	11,22
S_i	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02
$u(x_i)$	0,143	0,111	0,250	0,207	0,197	0,100	0,126
$U(x_i)$	0,286	0,223	0,500	0,414	0,394	0,200	0,252

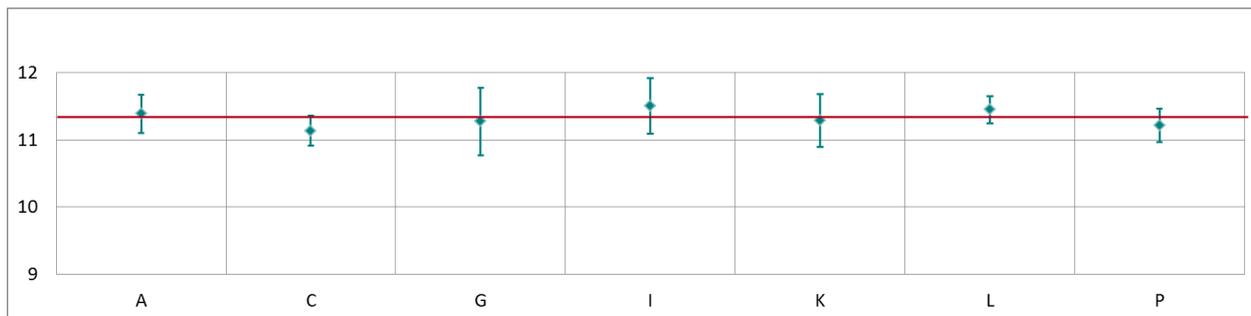


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 35: Ergebnisse für CO bei Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 4 $x^* = 11,31$ $s^* = 0,153$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	11,40	11,16	11,28	11,52	11,31	11,45	11,26
$x_{i,2}$	11,39	11,16	11,27	11,52	11,31	11,48	11,27
$x_{i,3}$	11,38	11,16	11,28	11,52	11,32	11,48	11,27
X_i	11,40	11,16	11,28	11,52	11,31	11,45	11,26
S_i	0,010	0,000	0,006	0,000	0,006	0,019	0,006
$u(x_i)$	0,143	0,112	0,250	0,207	0,197	0,100	0,126
$U(x_i)$	0,286	0,223	0,500	0,414	0,394	0,200	0,253

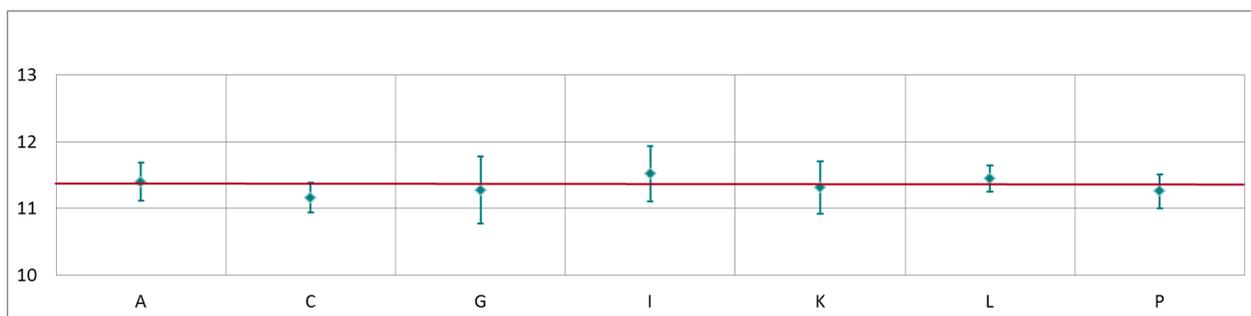


Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 36: Ergebnisse für CO bei Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 5 $x^* = 20,53$ $s^* = 0,281$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	20,58	20,19	20,43	20,84	20,48	20,80	20,41
$x_{i,2}$	20,58	20,19	20,43	20,84	20,48	20,80	20,42
$x_{i,3}$	20,57	20,20	20,43	20,83	20,48	20,81	20,42
X_i	20,58	20,19	20,43	20,84	20,48	20,80	20,42
S_i	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
$u(x_i)$	0,258	0,202	0,445	0,375	0,326	0,160	0,229
$U(x_i)$	0,515	0,404	0,868	0,750	0,652	0,320	0,457

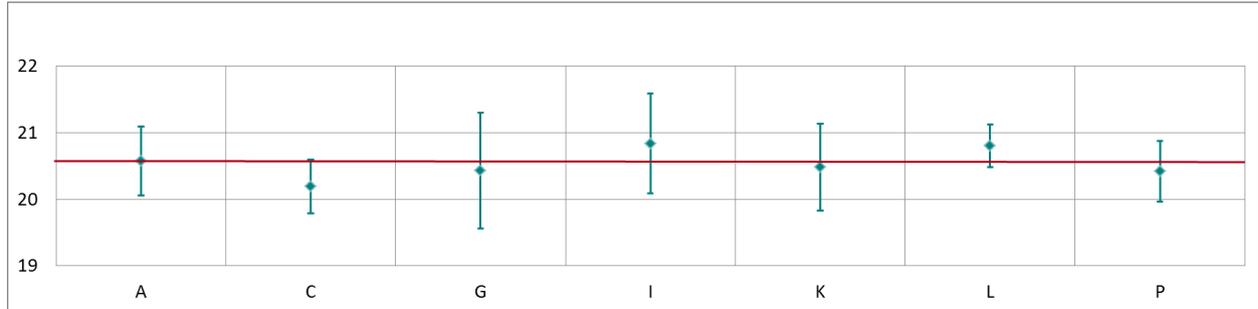


Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 37: Ergebnisse für CO bei Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 6 $x^* = 2,31$ $s^* = 0,033$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	2,32	2,29	2,27	2,36	2,31	2,32	2,30
$x_{i,2}$	2,33	2,29	2,27	2,35	2,31	2,33	2,31
$x_{i,3}$	2,32	2,29	2,26	2,35	2,31	2,32	2,30
X_i	2,32	2,29	2,27	2,35	2,31	2,32	2,30
S_i	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
$u(x_i)$	0,031	0,023	0,250	0,042	0,101	0,050	0,035
$U(x_i)$	0,062	0,046	0,500	0,084	0,202	0,100	0,070

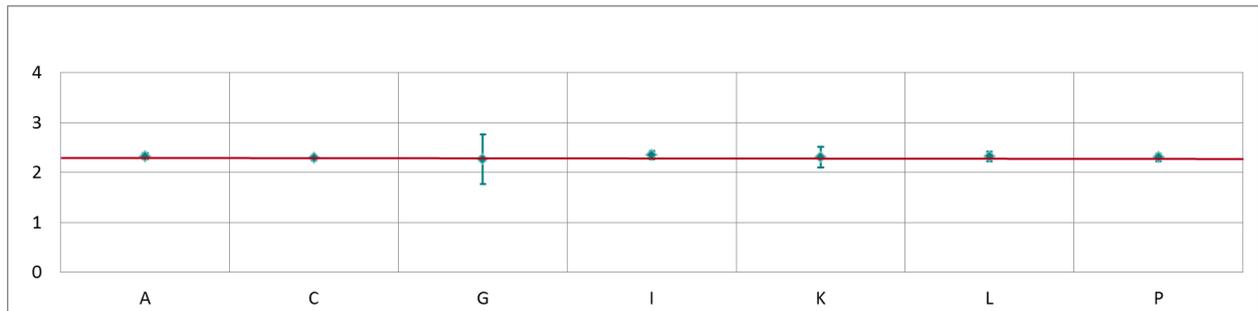


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 38: Ergebnisse für CO bei Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 7 $x^* = 6,81$ $s^* = 0,088$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	6,82	6,71	6,75	6,91	6,80	6,89	6,79
$x_{i,2}$	6,82	6,71	6,75	6,91	6,80	6,89	6,79
$x_{i,3}$	6,82	6,71	6,75	6,91	6,80	6,89	6,80
X_i	6,82	6,71	6,75	6,91	6,80	6,89	6,79
S_i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,087	0,067	0,250	0,124	0,141	0,060	0,076
$U(x_i)$	0,173	0,134	0,500	0,248	0,282	0,120	0,153

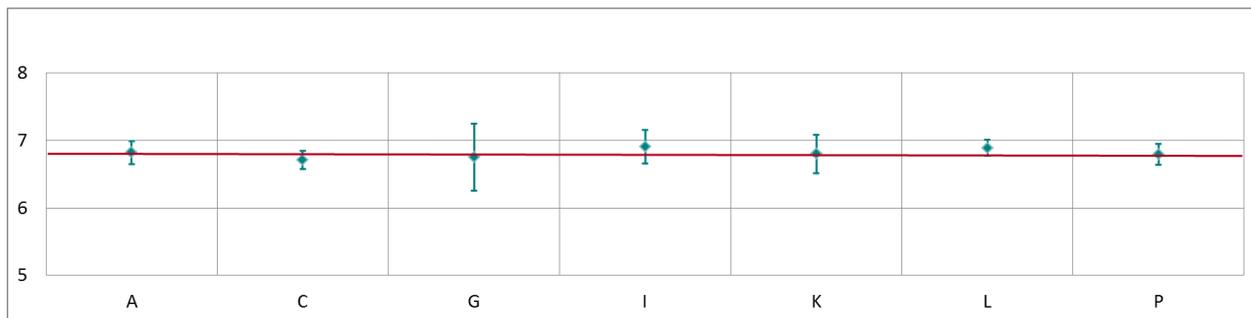


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 39: Ergebnisse für CO bei Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 8 $x^* = 13,60$ $s^* = 0,175$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	13,59	13,38	13,49	13,78	13,58	13,77	13,55
$x_{i,2}$	13,59	13,38	13,49	13,78	13,58	13,77	13,55
$x_{i,3}$	13,59	13,38	13,49	13,78	13,58	13,77	13,55
X_i	13,59	13,38	13,49	13,78	13,58	13,77	13,55
S_i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,170	0,134	0,294	0,248	0,228	0,110	0,152
$U(x_i)$	0,340	0,268	0,574	0,496	0,456	0,220	0,304

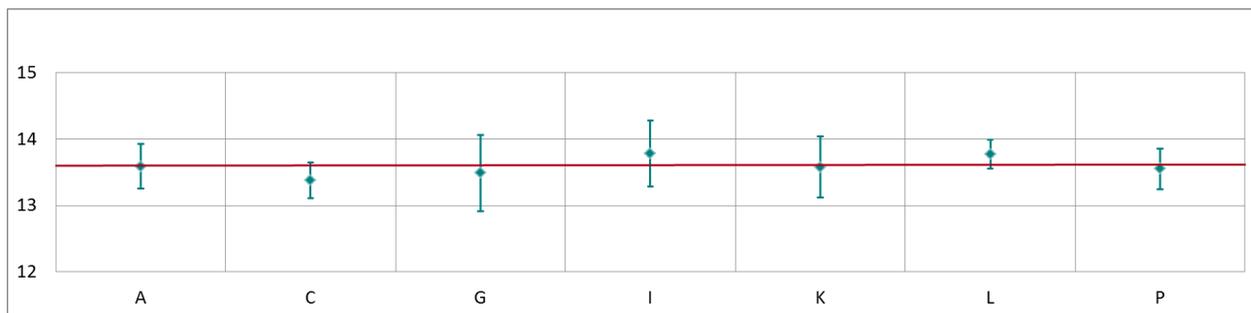
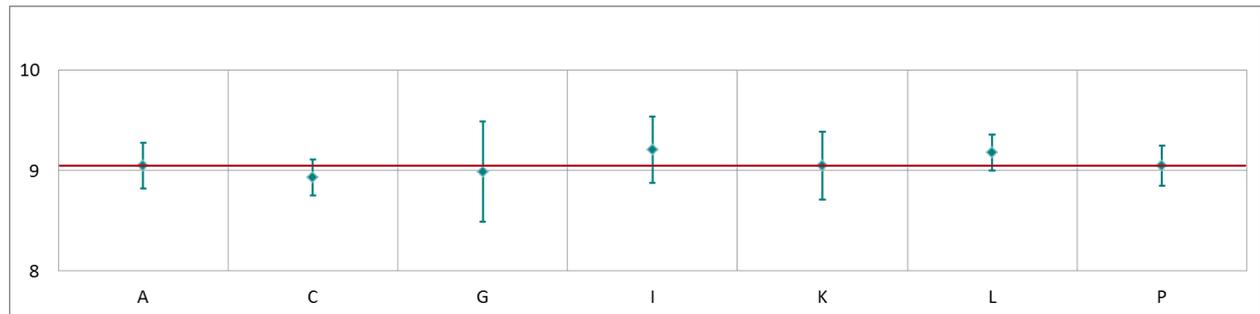


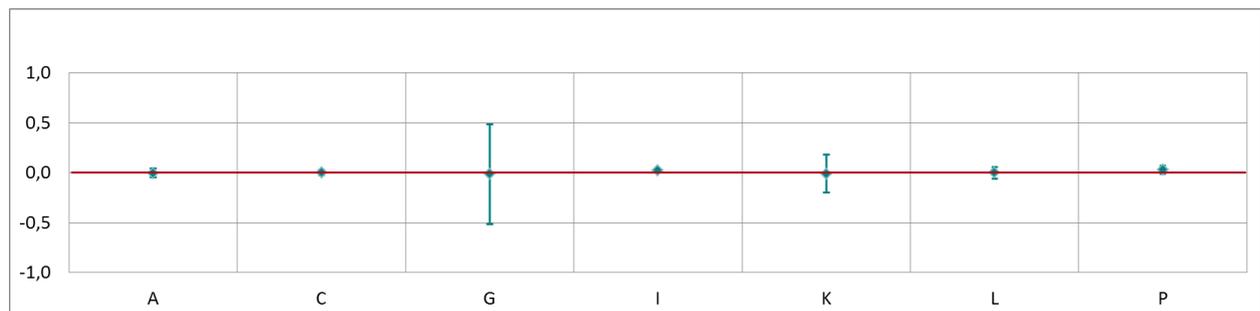
Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 40: Ergebnisse für CO bei Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 9 $x^* = 9,07$ $s^* = 0,124$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	9,05	8,93	8,99	9,20	9,05	9,18	9,05
$x_{i,2}$	9,05	8,93	8,99	9,22	9,05	9,18	9,05
$x_{i,3}$	9,05	8,93	9,00	9,23	9,06	9,18	9,06
X_i	9,05	8,93	8,99	9,21	9,05	9,18	9,05
S_i	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,114	0,089	0,250	0,165	0,168	0,090	0,102
$U(x_i)$	0,228	0,179	0,500	0,330	0,336	0,180	0,203

Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 41: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,00$ $s^* = 0,000$

	Teilnehmer						
	A	C	G	I	K	L	P
$x_{i,1}$	0,00	0,00	-0,03	0,02	-0,01	0,00	0,03
$x_{i,2}$	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,01	0,00	0,03
X_i	0,00	0,00	-0,02	0,02	-0,01	0,00	0,03
S_i	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,023	0,013	0,250	0,001	0,095	0,030	0,020
$U(x_i)$	0,046	0,026	0,500	0,002	0,190	0,060	0,040

Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang Null (Nullgas 2) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 42: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 $x^* = 0,6$ $s^* = 0,44$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,5	0,3	0,6	1,5	0,5	0,7	0,1
$x_{i,2}$	0,6	0,3	0,7	1,6	0,8	0,8	0,3
X_i	0,5	0,3	0,7	1,6	0,6	0,7	0,2
S_i	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,51	0,55	0,50	0,85	0,40	1,57	0,40
$U(x_i)$	1,03	1,09	1,00	1,70	0,80	3,14	0,80

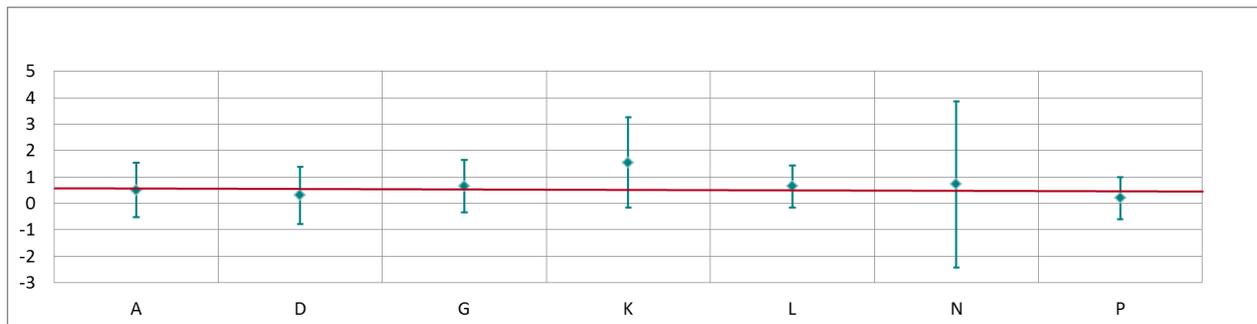


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 490,6$ $s^* = 6,12$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	490,2	492,8	491,0	498,1	486,7	483,1	486,5
$x_{i,2}$	490,3	494,0	492,0	499,3	487,4	484,7	487,5
$x_{i,3}$	490,8	494,7	492,8	499,9	488,1	484,9	488,1
X_i	490,4	493,8	491,9	499,1	487,4	484,2	487,4
S_i	0,3	1,0	0,9	0,9	0,7	1,0	0,8
$u(x_i)$	6,15	4,99	7,77	5,80	5,20	11,11	5,45
$U(x_i)$	12,30	9,97	15,23	11,59	10,40	22,21	10,91

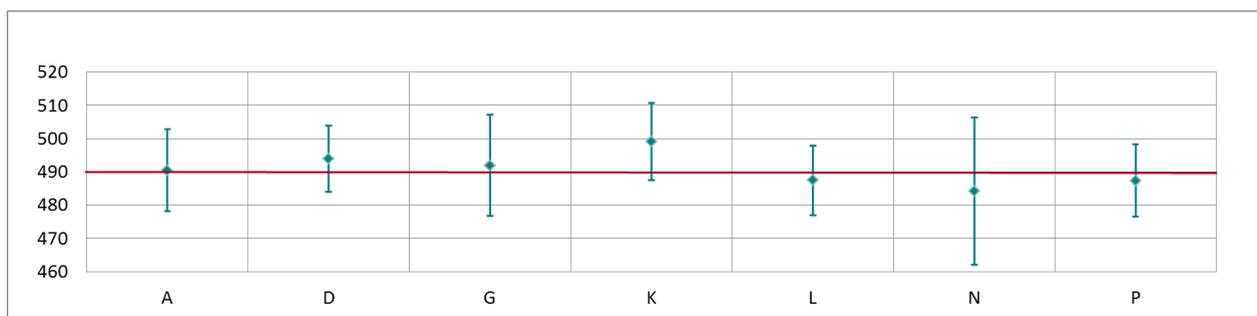


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 438,1$ $s^* = 5,48$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	437,7	441,1	439,3	445,7	435,6	432,2	435,2
$x_{i,2}$	437,6	440,9	439,3	445,5	435,5	432,3	435,0
$x_{i,3}$	437,5	441,0	439,4	445,4	435,5	431,9	435,1
X_i	437,6	441,0	439,3	445,5	435,5	432,1	435,1
S_i	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
$u(x_i)$	5,48	4,43	6,94	5,18	5,05	10,00	4,88
$U(x_i)$	10,96	8,86	13,61	10,35	10,10	19,99	9,75

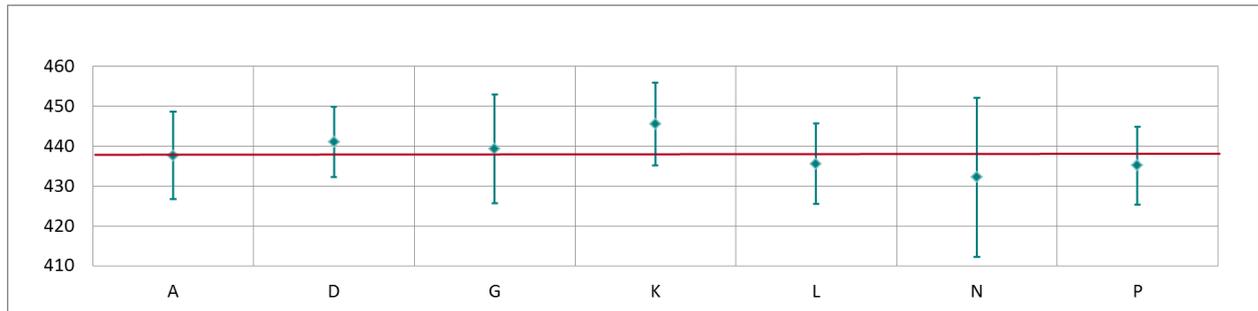


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 376,6$ $s^* = 4,64$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	376,5	379,0	378,1	383,1	374,6	371,9	374,2
$x_{i,2}$	376,4	378,9	377,6	383,2	374,5	371,6	374,1
$x_{i,3}$	376,0	378,7	377,5	382,7	374,1	371,2	374,1
X_i	376,3	378,9	377,7	383,0	374,4	371,6	374,1
S_i	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,1
$u(x_i)$	4,72	3,81	5,97	4,47	3,97	8,74	4,20
$U(x_i)$	9,44	7,62	11,70	8,95	7,94	17,48	8,40

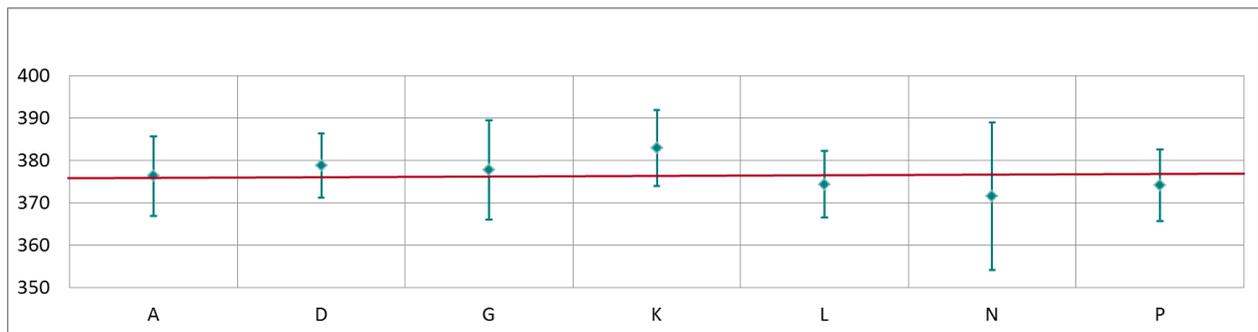


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 491,4$ $s^* = 6,14$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	490,6	494,9	493,0	499,9	488,1	484,8	488,3
$x_{i,2}$	490,3	494,8	492,6	499,3	487,7	485,3	487,9
$x_{i,3}$	490,6	494,8	492,7	499,8	487,5	485,2	487,7
X_i	490,5	494,8	492,8	499,7	487,8	485,1	488,0
S_i	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
$u(x_i)$	6,14	4,96	7,79	5,79	5,20	11,11	5,46
$U(x_i)$	12,28	9,93	15,26	11,58	10,40	22,21	10,93

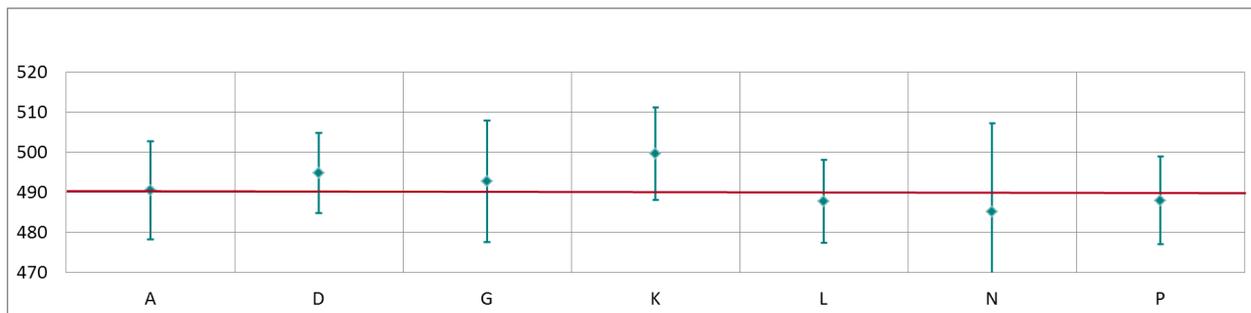


Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 421,1$ $s^* = 5,09$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	419,9	423,6	422,0	428,1	417,3	416,5	418,1
$x_{i,2}$	420,6	424,1	422,3	428,2	417,8	416,6	418,2
$x_{i,3}$	421,2	424,6	422,6	428,7	418,3	417,4	418,8
X_i	420,6	424,1	422,3	428,3	417,8	416,8	418,4
S_i	0,64	0,50	0,30	0,32	0,52	0,49	0,38
$u(x_i)$	5,27	4,27	6,67	4,98	4,90	9,68	4,69
$U(x_i)$	10,53	8,54	13,08	9,96	9,80	19,36	9,38

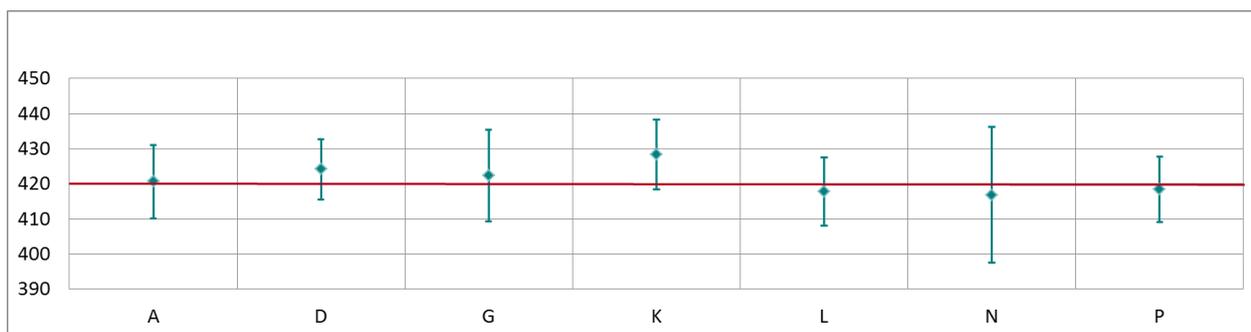


Abbildung 85: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 230,2$ $s^* = 2,59$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	230,7	231,6	230,9	233,9	228,7	228,0	228,7
$x_{i,2}$	230,4	231,1	230,6	233,8	228,2	228,1	228,4
$x_{i,3}$	230,5	231,2	230,6	234,1	228,6	227,5	228,9
X_i	230,5	231,3	230,7	233,9	228,5	227,9	228,7
S_i	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
$u(x_i)$	2,89	2,37	3,65	2,82	2,40	5,76	2,56
$U(x_i)$	5,78	4,73	7,14	5,64	4,80	11,53	5,13

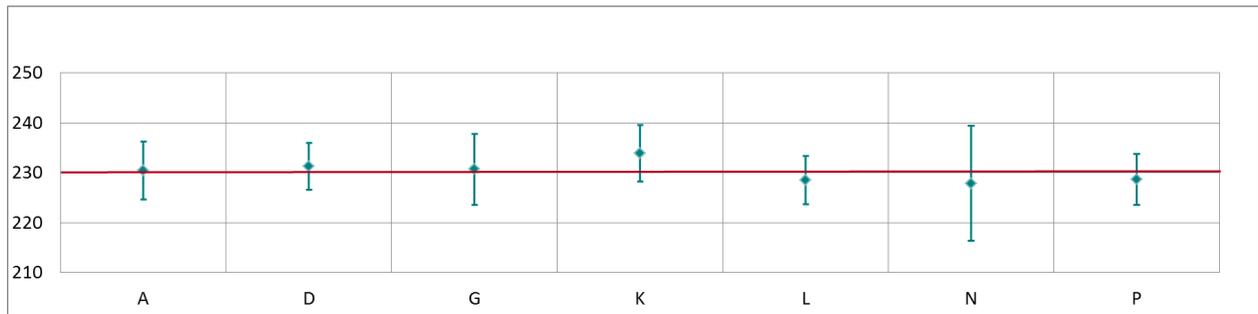


Abbildung 86: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 0,6$ $s^* = 0,28$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,5	0,6	0,5	2,1	0,7	0,5	0,7
$x_{i,2}$	0,5	0,0	0,6	1,9	0,7	0,6	0,5
$x_{i,3}$	0,6	0,6	0,5	1,9	0,7	-0,1	0,7
X_i	0,5	0,4	0,5	2,0	0,7	0,3	0,6
S_i	0,0	0,3	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1
$u(x_i)$	0,47	0,54	0,50	0,85	0,28	1,53	0,40
$U(x_i)$	0,94	1,07	1,00	1,70	0,56	3,05	0,80

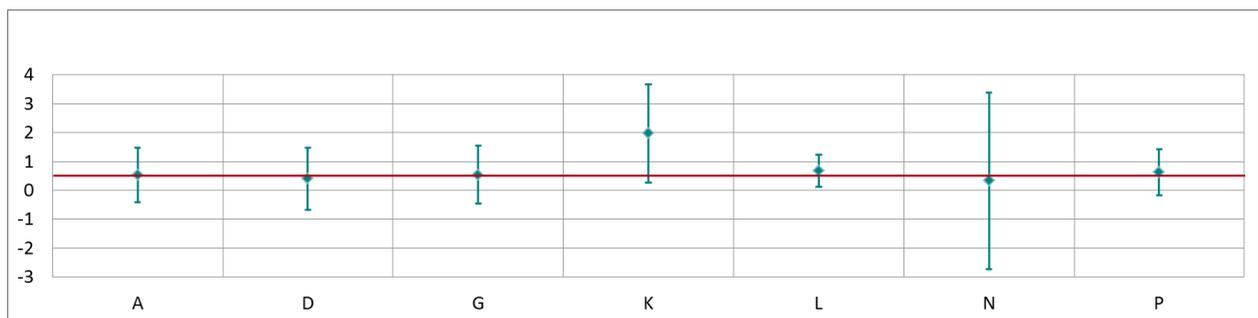


Abbildung 87: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 109,9$ $s^* = 1,39$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	110,5	110,8	110,5	112,7	109,7	108,6	109,8
$x_{i,2}$	110,2	110,3	110,0	112,2	109,2	108,5	109,3
$x_{i,3}$	109,3	110,1	109,7	111,9	108,8	108,3	109,0
X_i	110,0	110,4	110,1	112,3	109,2	108,5	109,4
S_i	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4
$u(x_i)$	1,40	1,21	1,74	1,55	1,21	3,34	1,26
$U(x_i)$	2,80	2,42	3,41	3,11	2,42	6,68	2,52

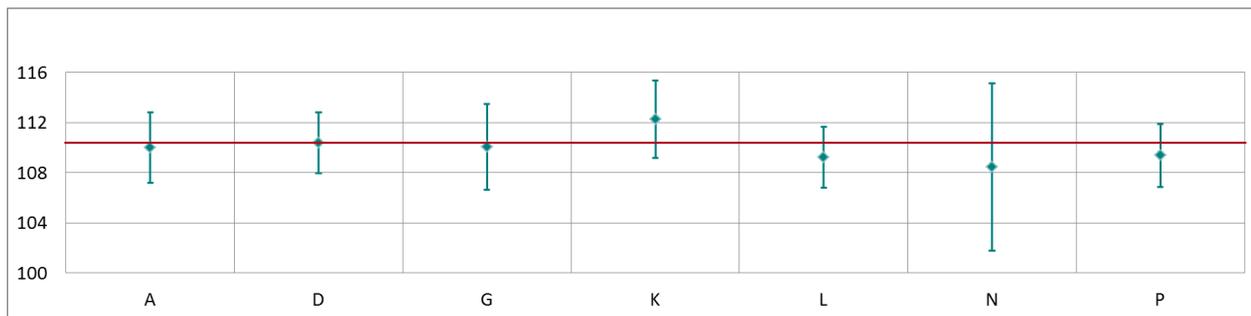


Abbildung 88: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9 $x^* = 25,0$ $s^* = 0,71$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	25,1	24,9	24,8	26,5	24,8	24,2	24,8
$x_{i,2}$	25,1	25,1	25,0	26,8	24,9	24,1	25,0
$x_{i,3}$	25,1	25,2	25,1	26,7	25,0	24,1	25,1
X_i	25,1	25,0	24,9	26,7	24,9	24,2	24,9
S_i	0,03	0,15	0,15	0,15	0,12	0,06	0,15
$u(x_i)$	0,38	0,57	0,50	0,91	0,61	1,85	0,50
$U(x_i)$	0,75	1,15	1,00	1,81	1,22	3,70	1,00

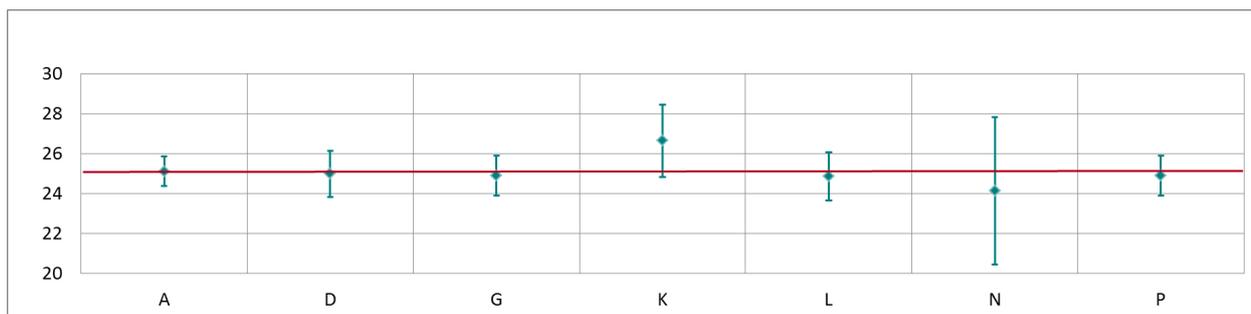


Abbildung 89: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10 $x^* = 176,5$ $s^* = 1,90$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	177,0	177,8	177,2	180,2	175,6	175,3	175,9
$x_{i,2}$	176,5	177,2	176,7	179,4	174,8	174,9	175,2
$x_{i,3}$	176,3	176,9	176,5	179,2	174,6	175,5	175,0
X_i	176,6	177,3	176,8	179,6	175,0	175,2	175,4
S_i	0,38	0,46	0,36	0,53	0,55	0,31	0,47
$u(x_i)$	2,22	1,84	2,79	2,24	1,92	4,68	1,30
$U(x_i)$	4,45	3,69	5,48	4,48	3,84	9,35	2,60

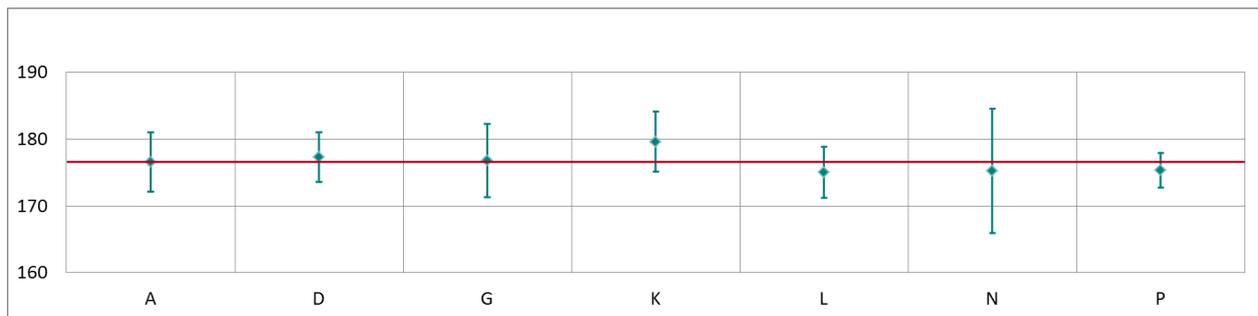


Abbildung 90: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11 $x^* = 63,0$ $s^* = 1,04$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	62,7	63,3	62,9	65,1	61,8	62,9	62,5
$x_{i,2}$	62,5	63,0	62,8	64,9	61,9	63,2	62,4
$x_{i,3}$	62,5	63,1	62,7	64,7	61,7	63,3	62,4
X_i	62,6	63,1	62,8	64,9	61,8	63,1	62,4
S_i	0,11	0,15	0,10	0,20	0,10	0,21	0,06
$u(x_i)$	0,83	0,76	0,99	1,14	0,85	2,51	0,73
$U(x_i)$	1,67	1,51	1,95	2,28	1,70	5,02	1,45

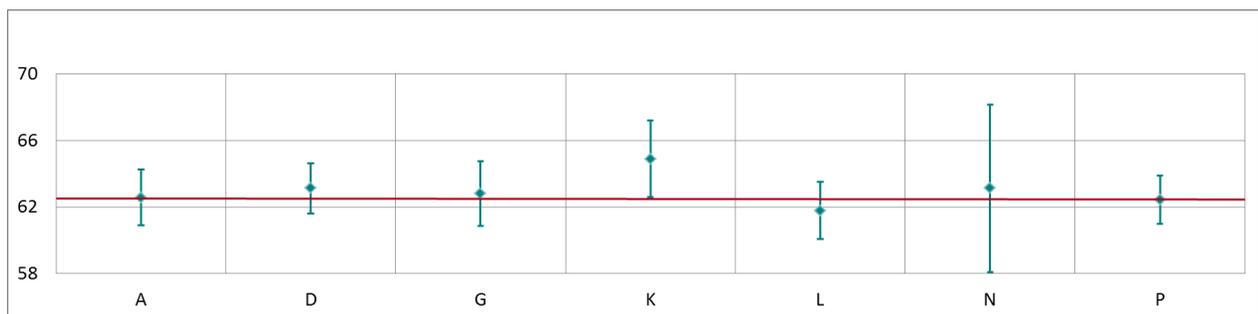


Abbildung 91: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12 $x^* = 321,3$ $s^* = 4,43$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	321,1	323,4	321,8	326,7	317,5	317,8	318,4
$x_{i,2}$	321,6	323,8	322,0	327,6	318,2	316,9	319,3
$x_{i,3}$	321,5	324,0	322,4	327,9	Ausfall	317,1	319,9
X_i	321,4	323,7	322,1	327,4	317,9	317,3	319,2
S_i	0,27	0,31	0,31	0,62	183,52	0,47	0,75
$u(x_i)$	4,03	3,27	5,09	3,85	3,12	7,61	3,58
$U(x_i)$	8,06	6,53	9,97	7,70	6,24	15,21	7,17

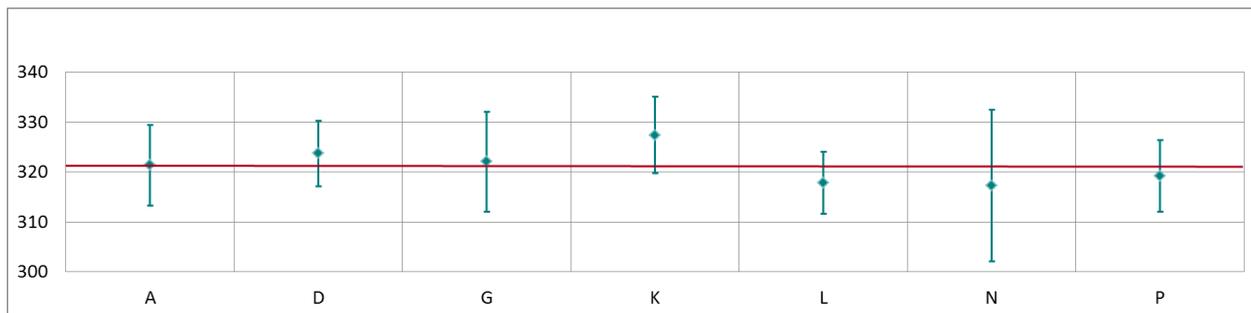


Abbildung 92: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13 $x^* = 20,1$ $s^* = 1,39$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	20,2	20,5	20,2	21,9	19,9	18,1	20,3
$x_{i,2}$	20,0	20,5	20,0	21,9	20,0	18,1	20,2
$x_{i,3}$	20,0	20,3	20,1	21,6	19,8	17,2	20,2
X_i	20,1	20,4	20,1	21,8	19,9	17,8	20,2
S_i	0,10	0,12	0,10	0,17	0,08	0,52	0,06
$u(x_i)$	0,39	0,56	0,50	0,90	0,49	1,79	0,50
$U(x_i)$	0,77	1,11	1,00	1,81	0,98	3,58	1,00

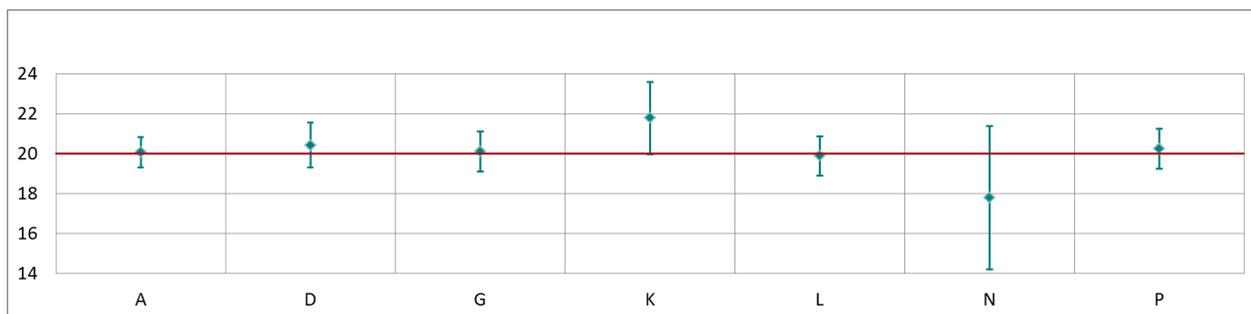


Abbildung 93: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 36,6$ $s^* = 1,57$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	36,6	37,0	36,8	38,4	36,4	33,8	36,6
$x_{i,2}$	36,6	37,0	36,7	38,5	36,4	34,3	36,7
$x_{i,3}$	36,5	37,0	36,7	38,6	36,3	34,2	36,6
X_i	36,6	37,0	36,7	38,5	36,4	34,1	36,6
S_i	0,02	0,00	0,06	0,10	0,06	0,26	0,06
$u(x_i)$	0,57	0,54	0,58	0,98	0,52	1,98	0,50
$U(x_i)$	1,15	1,08	1,14	1,96	1,04	3,97	1,00

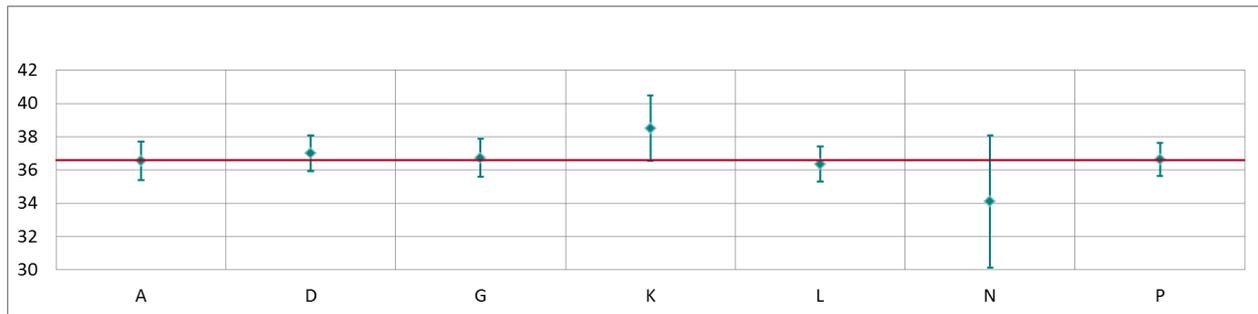


Abbildung 94: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,5$ $s^* = 0,64$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,4	0,0	0,4	1,8	0,3	-0,3	0,5
$x_{i,2}$							
$x_{i,3}$							
X_i	0,4	0,0	0,4	1,8	0,3	-0,3	0,5
S_i							
$u(x_i)$	0,52	0,56	0,50	0,86	0,40	1,51	0,40
$U(x_i)$	1,05	1,13	1,00	1,71	0,80	3,03	0,80

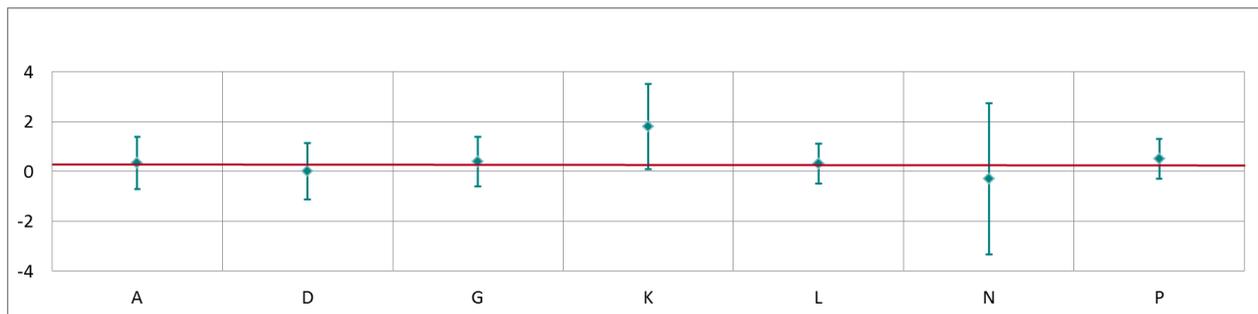


Abbildung 95: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 58: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,13$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,1	0,0	-0,3	0,2	0,1	0,7	0,0
$x_{i,2}$	0,0	0,0	-0,3	0,2	0,2	0,3	0,0
X_i	0,1	0,0	-0,3	0,2	0,1	0,5	0,0
S_i	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
$u(x_i)$	0,82	0,50	0,50	0,87	0,40	1,54	0,70
$U(x_i)$	1,63	1,01	1,00	1,74	0,80	3,08	1,40

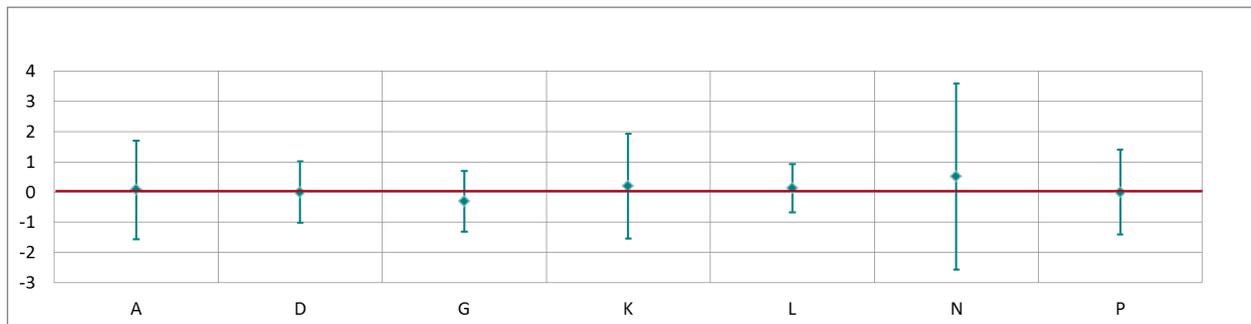


Abbildung 96: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 65,6$ $s^* = 3,24$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	66,0	68,0	63,7	69,4	63,6	61,6	66,2
$x_{i,2}$	66,2	68,3	63,8	69,1	64,2	61,8	66,5
$x_{i,3}$	66,2	68,3	63,6	69,4	64,4	62,0	66,4
X_i	66,1	68,2	63,7	69,3	64,0	61,8	66,4
S_i	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2
$u(x_i)$	0,94	0,73	1,08	2,08	0,85	2,46	0,85
$U(x_i)$	1,87	1,47	2,11	4,17	1,70	4,93	1,70

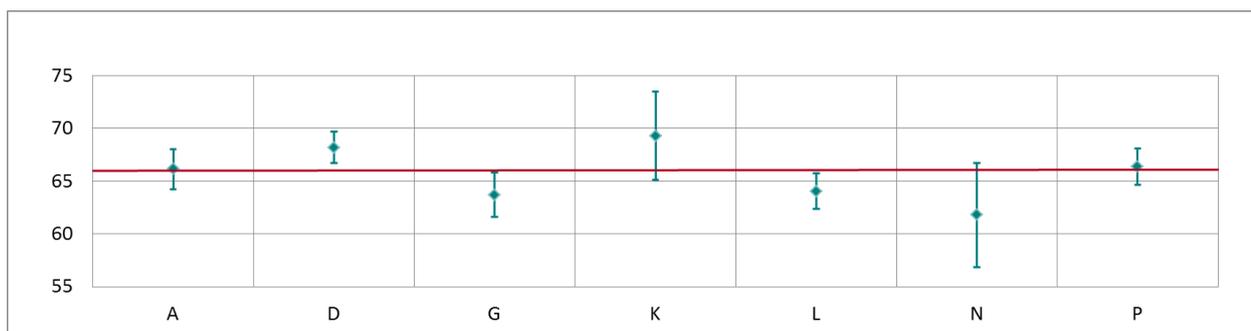


Abbildung 97: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 126,9$ $s^* = 4,39$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	127,5	130,1	125,2	132,2	123,9	122,1	127,4
$x_{i,2}$	127,6	130,3	125,4	132,5	123,7	122,5	127,4
$x_{i,3}$	127,6	130,4	125,3	132,6	123,6	122,7	127,6
X_i	127,5	130,3	125,3	132,4	123,7	122,4	127,5
S_i	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1
$u(x_i)$	1,69	1,34	2,12	3,49	1,35	3,61	1,64
$U(x_i)$	3,38	2,68	4,15	6,99	2,70	7,23	3,28

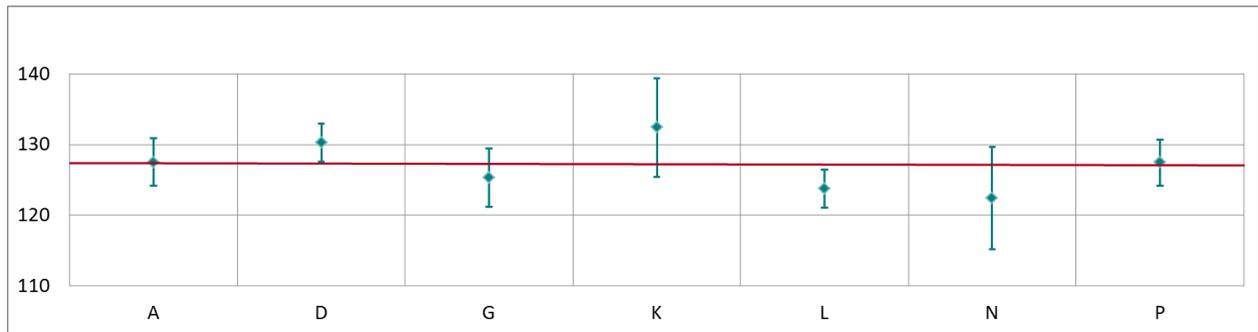


Abbildung 98: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 202,2$ $s^* = 5,72$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	202,4	205,6	201,2	209,2	196,3	196,8	201,9
$x_{i,2}$	203,0	206,3	201,5	210,1	196,8	197,4	202,4
$x_{i,3}$	202,9	206,1	201,5	209,7	196,7	197,5	202,6
X_i	202,8	206,0	201,4	209,7	196,6	197,2	202,3
S_i	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,4
$u(x_i)$	2,56	2,11	3,40	5,35	2,20	5,12	2,28
$U(x_i)$	5,12	4,22	6,67	10,69	4,40	10,24	4,56

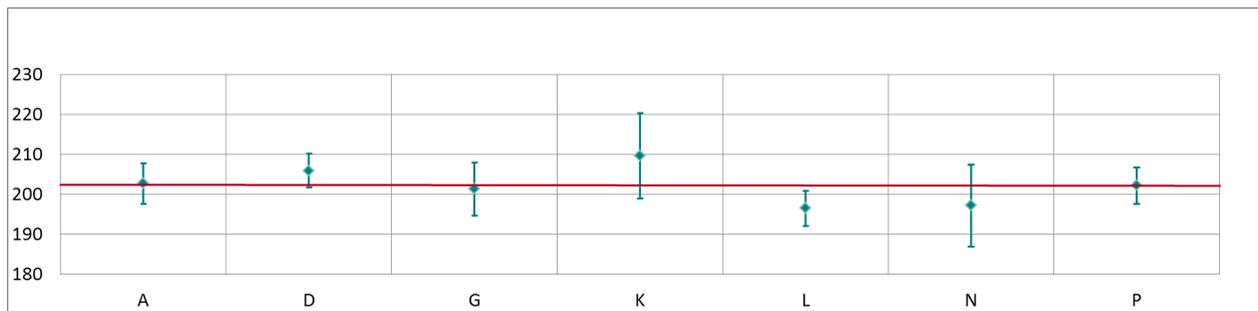


Abbildung 99: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,20$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,6	0,1	0,4	0,7	0,3	0,7	0,1
$x_{i,2}$	0,3	0,0	0,1	0,3	0,1	0,8	0,0
$x_{i,3}$	0,2	-0,4	-0,2	0,2	0,0	0,7	0,0
X_i	0,4	-0,1	0,1	0,4	0,1	0,7	0,0
S_i	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,79	0,57	0,50	0,86	0,28	1,53	0,70
$U(x_i)$	1,58	1,15	1,00	1,72	0,56	3,07	1,40

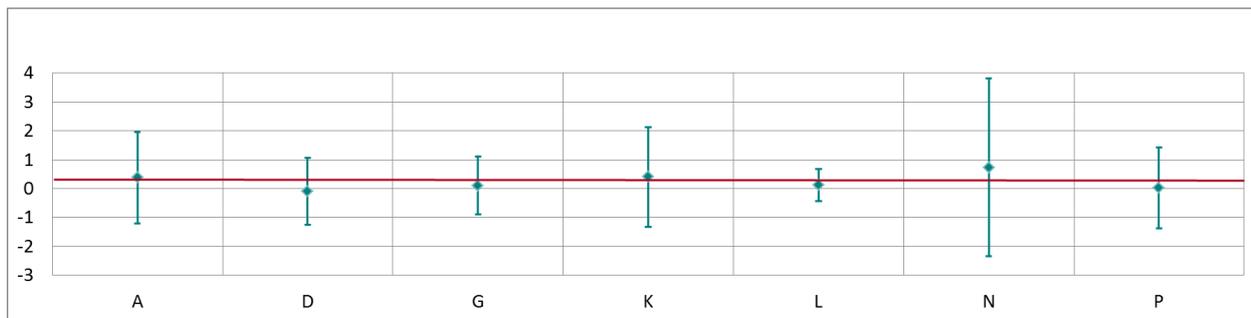


Abbildung 100: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 63: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 116,6$ $s^* = 3,06$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	116,8	117,9	115,8	120,5	113,0	114,0	116,4
$x_{i,2}$	117,0	118,4	116,3	120,9	113,5	114,5	116,7
$x_{i,3}$	117,3	118,6	116,4	121,1	113,8	114,4	116,8
X_i	117,0	118,3	116,2	120,8	113,4	114,3	116,6
S_i	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2
$u(x_i)$	1,51	1,29	1,96	3,17	1,87	3,45	1,37
$U(x_i)$	3,02	2,58	3,85	6,33	3,74	6,90	2,74

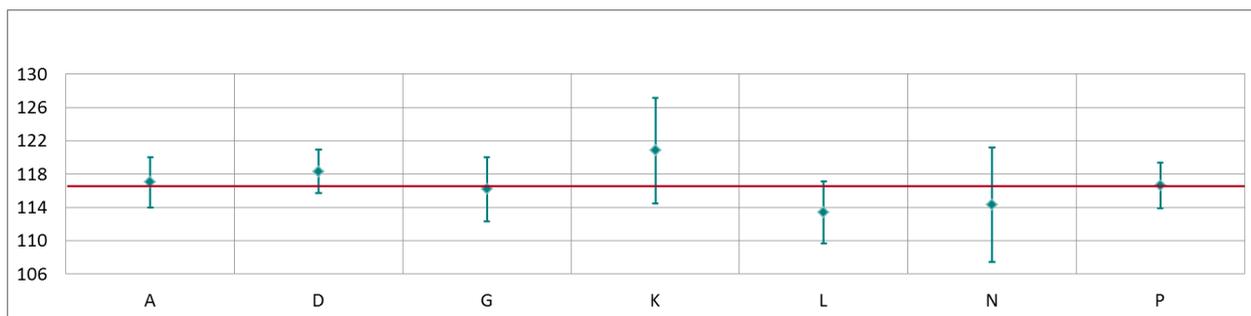


Abbildung 101: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 64: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 42,3$ $s^* = 1,07$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	42,9	42,9	42,4	44,2	41,3	41,9	42,4
$x_{i,2}$	42,8	42,7	42,1	44,0	41,2	41,2	42,2
$x_{i,3}$	42,8	42,5	42,1	43,8	41,1	41,9	42,2
X_i	42,8	42,8	42,3	44,1	41,2	41,6	42,3
S_i	0,06	0,20	0,17	0,20	0,10	0,40	0,12
$u(x_i)$	0,62	0,58	0,71	1,39	0,86	2,11	0,63
$U(x_i)$	1,23	1,16	1,40	2,79	1,72	4,22	1,27

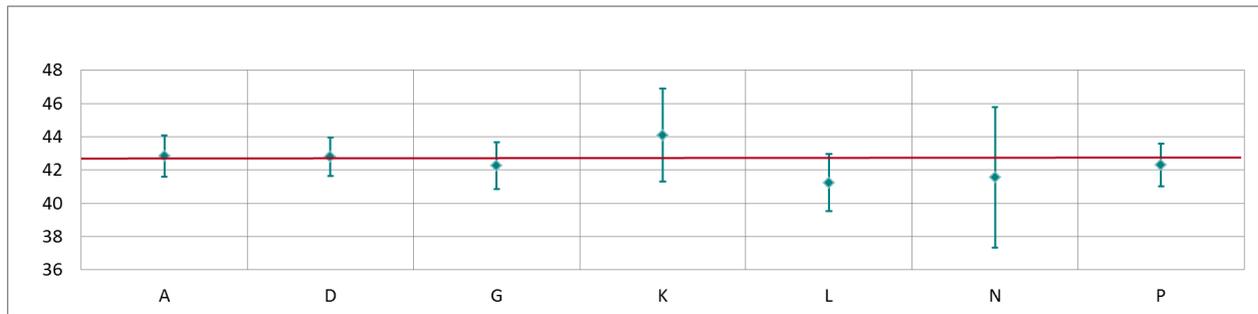


Abbildung 102: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 65: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 153,4$ $s^* = 4,31$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	153,6	155,8	152,4	158,7	148,9	149,2	153,2
$x_{i,2}$	153,8	156,1	152,8	159,2	149,2	149,7	153,7
$x_{i,3}$	154,1	156,4	152,9	159,3	149,3	150,0	153,7
X_i	153,8	156,1	152,7	159,1	149,1	149,6	153,5
S_i	0,26	0,30	0,26	0,32	0,17	0,40	0,29
$u(x_i)$	1,97	1,63	2,58	4,09	1,43	4,16	1,81
$U(x_i)$	3,94	3,27	5,06	8,19	2,86	8,31	3,62

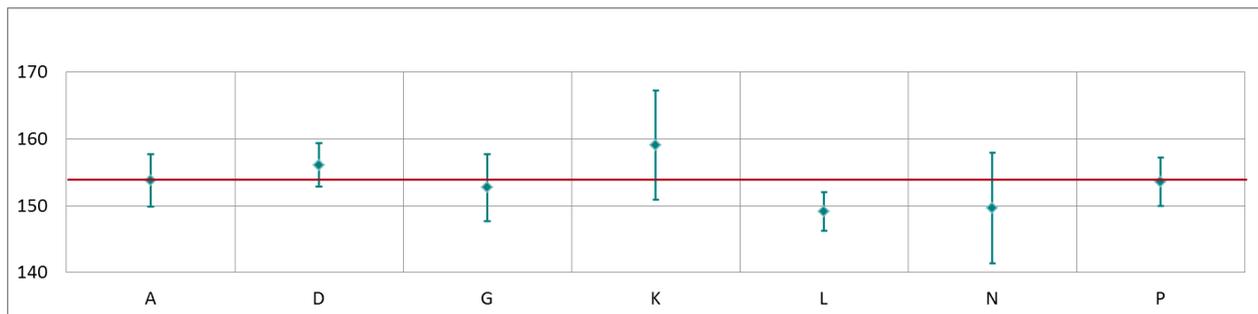


Abbildung 103: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 66: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 14,6$ $s^* = 0,56$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	14,9	14,4	14,2	15,4	14,3	15,1	14,4
$x_{i,2}$	14,8	14,3	14,2	15,3	14,3	15,3	14,4
$x_{i,3}$	14,8	14,3	14,1	15,3	14,4	15,1	14,4
X_i	14,8	14,3	14,2	15,3	14,4	15,2	14,4
S_i	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,12	0,00
$u(x_i)$	0,50	0,54	0,50	0,98	0,36	1,65	0,50
$U(x_i)$	1,00	1,08	1,00	1,96	0,72	3,30	1,00

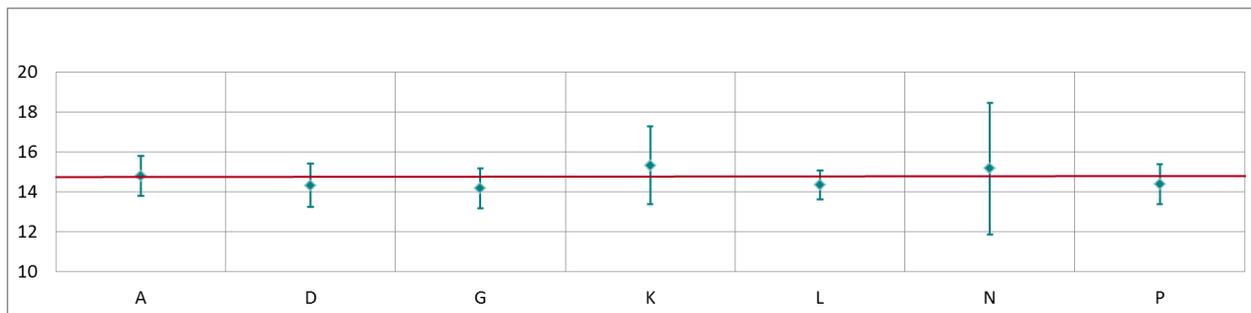


Abbildung 104: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 67: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = -0,1$ $s^* = 0,12$

	Teilnehmer						
	A	D	G	K	L	N	P
$x_{i,1}$	0,2	0,0	-0,3	-0,1	0,3	0,7	0,0
$x_{i,2}$							
$x_{i,3}$							
X_i	0,2	0,0	-0,3	-0,1	0,3	0,7	0,0
S_i							
$u(x_i)$	0,84	0,56	0,50	0,88	0,40	1,59	0,70
$U(x_i)$	1,67	1,12	1,00	1,77	0,80	3,17	1,40

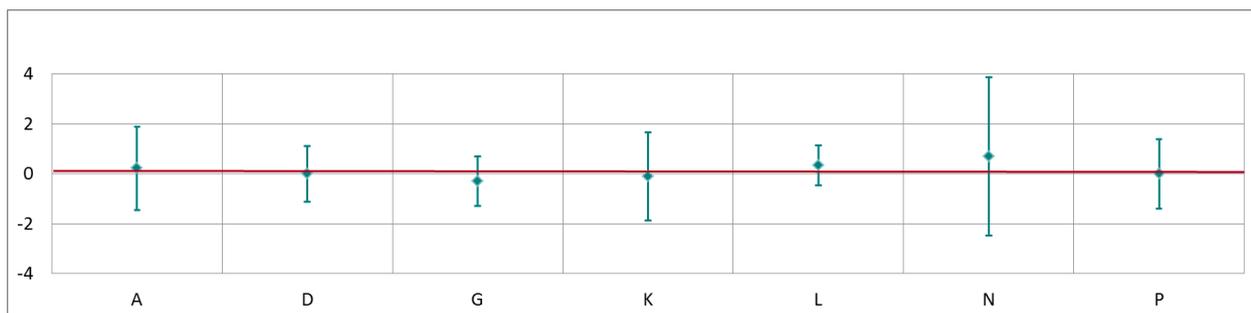


Abbildung 105: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 15.–19.10.2018

Ergebnisse für SO₂

Tabelle 68: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 0 (Nullgas) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,1	-0,2	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0
$x_{i,2}$	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0
$X_{i,}$	0,09	-0,1	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0
$S_{i,}$	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
$u(x_i)$	0,16	0,52	0,47	0,15	0,66	0,16	0,40
$U(x_i)$	0,32	1,04	0,94	0,30	1,32	0,32	0,80

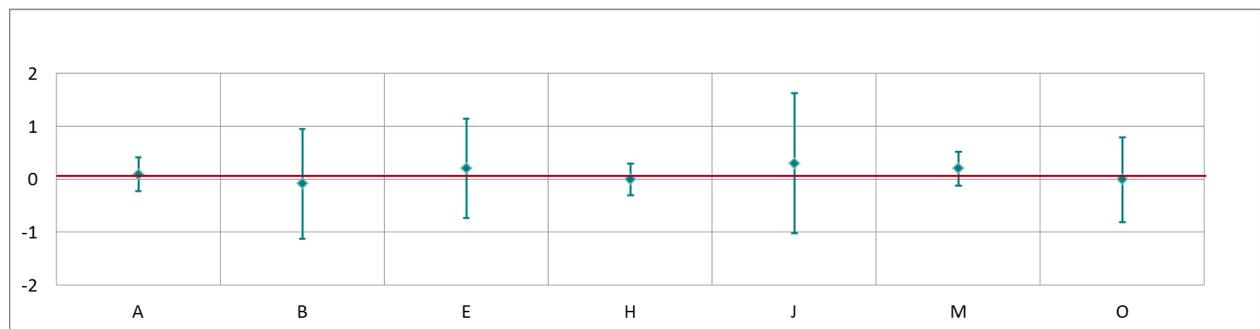


Abbildung 106: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang Null (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 69: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 1 $x^* = 21,2$ $s^* = 0,45$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	21,1	20,5	20,9	20,9	21,4	21,4	21,1
$x_{i,2}$	21,4	20,6	21,0	21,1	21,6	21,7	21,4
$x_{i,3}$	21,4	20,7	21,0	21,2	21,7	21,8	21,5
$X_{i,}$	21,3	20,6	21,0	21,1	21,6	21,6	21,3
$S_{i,}$	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
$u(x_i)$	0,29	0,39	0,39	0,28	0,73	0,70	0,42
$U(x_i)$	0,59	0,78	0,78	0,56	1,46	1,40	0,84

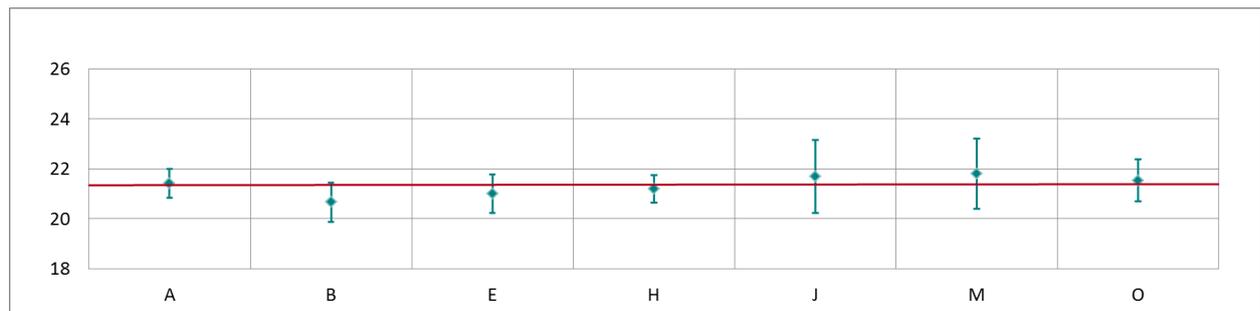


Abbildung 107: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 70: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 2 $x^* = 119,6$ $s^* = 1,20$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	118,4	118,4	118,3	118,8	119,8	120,8	119,8
$x_{i,2}$	118,6	118,4	118,6	119,3	120,0	121,3	120,0
$x_{i,3}$	118,8	118,4	118,4	120,1	120,2	121,4	120,2
X_i	118,6	118,4	118,4	119,4	120,0	121,2	120,0
S_i	0,2	0,0	0,2	0,7	0,2	0,3	0,2
$u(x_i)$	1,50	1,32	1,16	1,26	1,61	1,76	1,79
$U(x_i)$	3,00	2,64	2,32	2,52	3,22	3,52	3,58

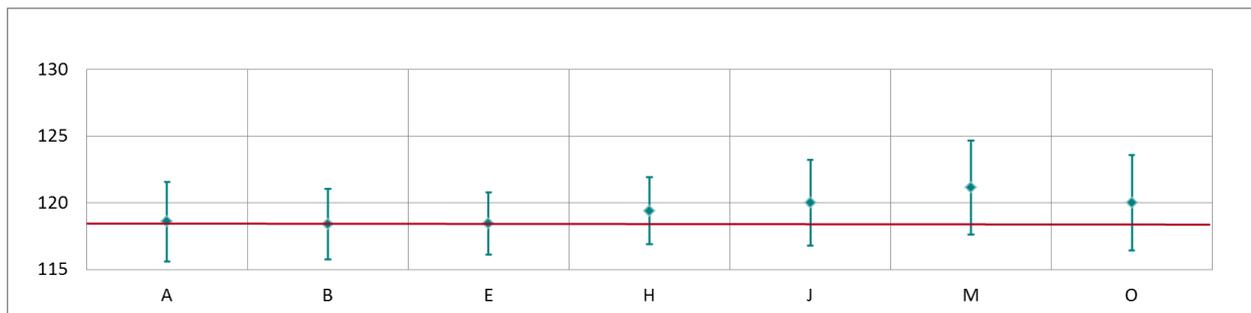


Abbildung 108: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 71: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 3 $x^* = 80,9$ $s^* = 0,97$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	80,5	79,8	80,0	80,4	81,3	82,0	81,4
$x_{i,2}$	80,5	79,8	79,9	80,8	81,3	82,0	81,2
$x_{i,3}$	80,5	79,9	80,1	81,1	81,4	82,1	81,3
X_i	80,5	79,8	80,0	80,8	81,3	82,0	81,3
S_i	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	1,02	0,94	0,94	0,83	1,20	1,32	1,24
$U(x_i)$	2,04	2,04	1,88	1,66	2,40	2,64	2,49

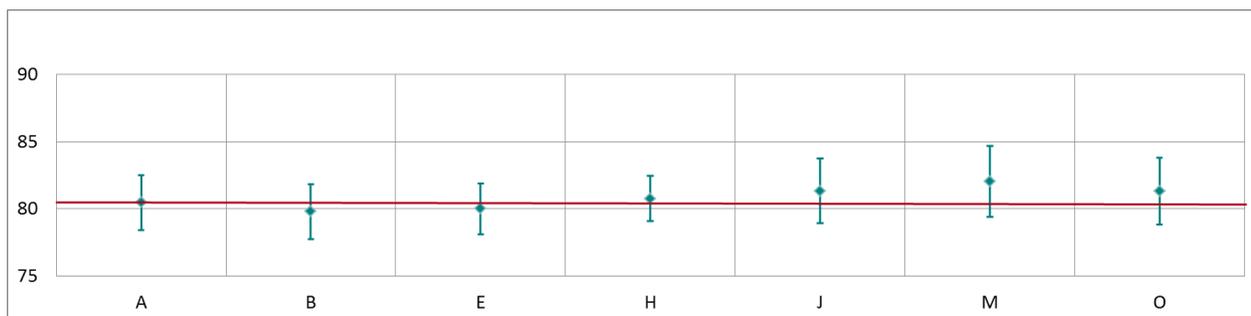


Abbildung 109: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 72: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 5 $x^* = 159,4$ $s^* = 1,62$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	157,8	157,5	158,0	160,2	159,6	161,2	159,8
$x_{i,2}$	157,8	157,4	158,1	160,6	159,6	161,4	159,5
$x_{i,3}$	157,8	157,6	158,0	160,2	159,8	161,4	159,7
X_i	157,8	157,5	158,0	160,3	159,7	161,3	159,7
S_i	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2
$u(x_i)$	1,99	1,71	1,72	1,47	2,06	2,38	2,38
$U(x_i)$	3,98	3,42	3,44	2,94	4,12	4,76	4,76

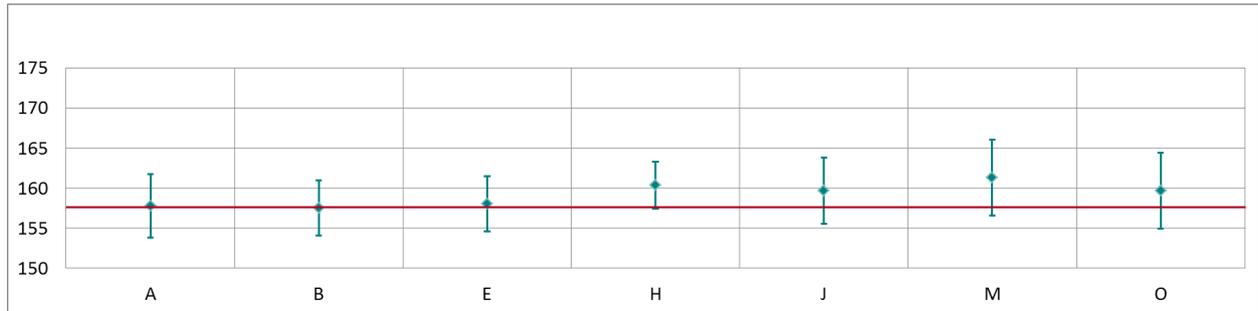


Abbildung 110: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 73: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 6 $x^* = 11,6$ $s^* = 0,53$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	11,9	11,0	11,3	11,6	12,2	12,1	11,9
$x_{i,2}$	11,8	11,0	11,4	11,4	12,1	11,9	11,7
$x_{i,3}$	11,7	10,9	10,9	11,3	12,0	11,9	11,8
X_i	11,8	10,9	11,2	11,4	12,1	12,0	11,8
S_i	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,18	0,26	0,26	0,21	0,69	0,45	0,26
$U(x_i)$	0,35	0,52	0,52	0,42	1,38	0,90	0,53

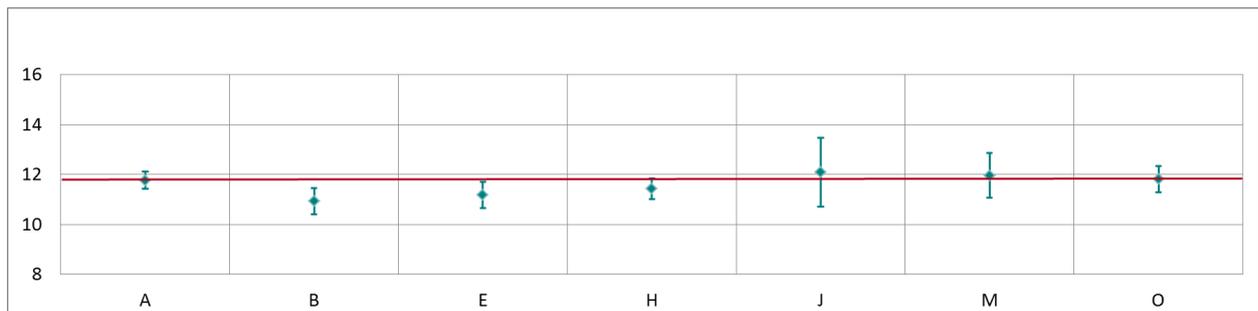


Abbildung 111: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 74: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 7 $x^* = 41,4$ $s^* = 0,72$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	41,4	40,4	40,9	41,4	41,9	42,1	41,7
$x_{i,2}$	41,5	40,5	41,0	41,4	41,9	42,1	41,7
$x_{i,3}$	41,4	40,5	40,8	41,5	41,9	42,2	41,7
X_i	41,4	40,5	40,9	41,4	41,9	42,1	41,7
S_i	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,54	0,52	0,52	0,42	0,85	0,73	0,68
$U(x_i)$	1,09	1,03	1,04	0,84	1,70	1,46	1,36

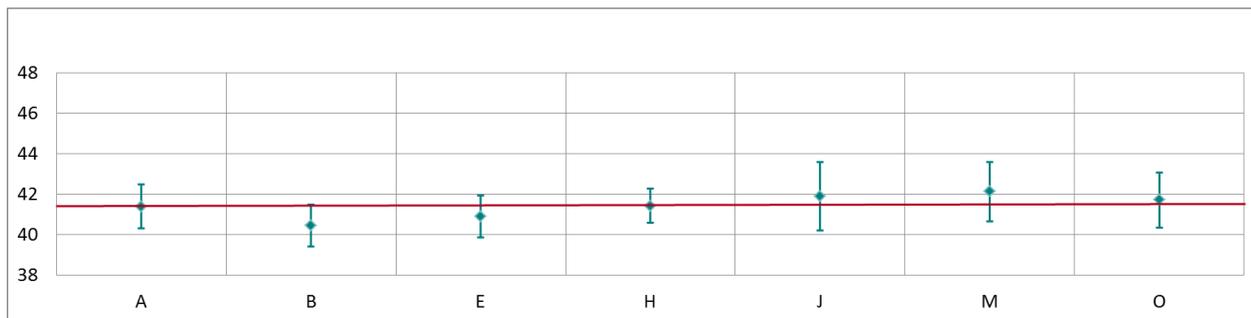


Abbildung 112: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 75: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 8 $x^* = 100,4$ $s^* = 1,08$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	99,6	99,2	99,5	100,8	100,8	101,5	101,0
$x_{i,2}$	99,6	99,2	99,5	100,8	100,8	101,5	101,0
$x_{i,3}$	99,6	99,2	99,5	100,8	100,8	101,5	101,0
X_i	99,6	99,2	99,5	100,8	100,8	101,5	101,0
S_i	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$u(x_i)$	1,27	1,16	1,17	0,95	1,40	1,58	1,51
$U(x_i)$	2,53	2,33	2,34	1,90	2,80	3,16	3,02

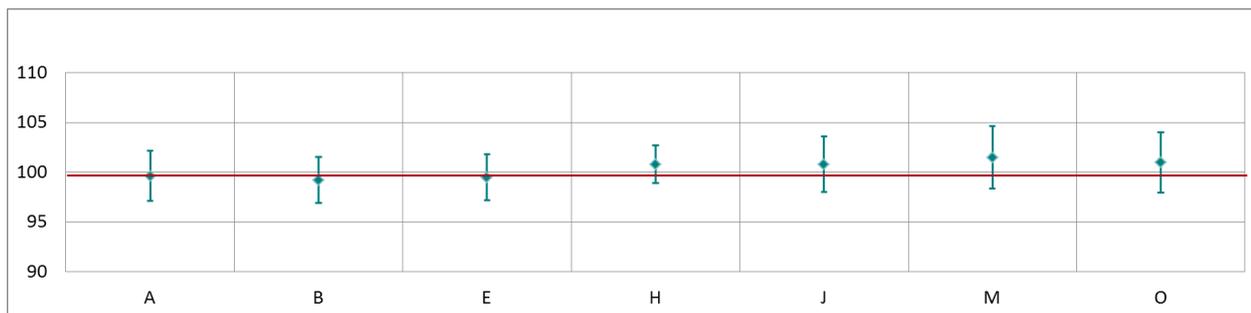
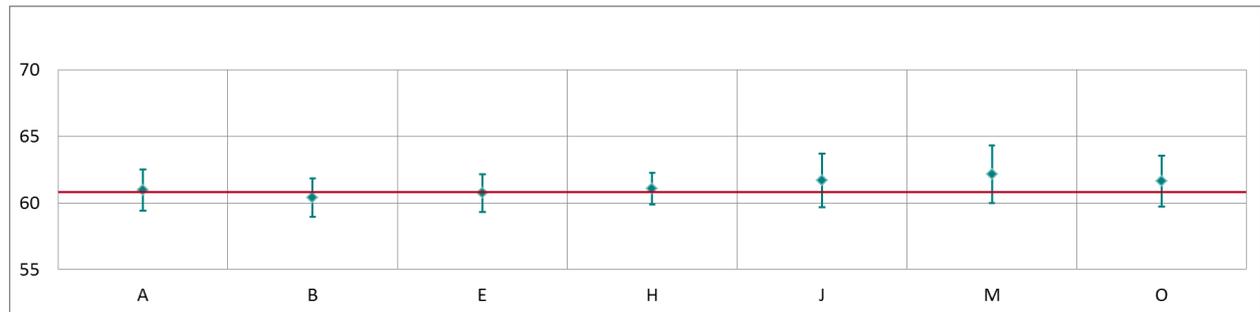


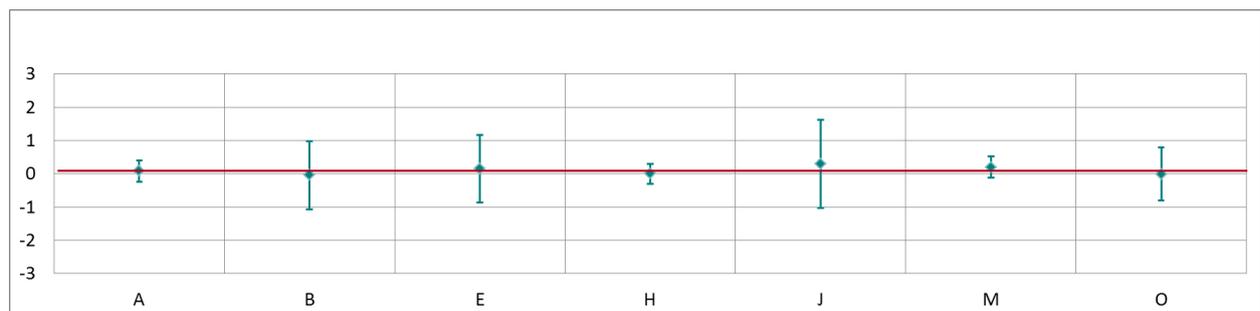
Abbildung 113: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 76: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 9 $x^* = 61,3$ $s^* = 0,74$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	60,9	60,4	60,8	61,1	61,7	62,1	61,8
$x_{i,2}$	61,0	60,4	60,6	60,9	61,7	62,1	61,6
$x_{i,3}$	61,0	60,4	60,8	61,2	61,7	62,2	61,5
X_i	61,0	60,4	60,7	61,1	61,7	62,1	61,6
S_i	0,06	0,04	0,12	0,15	0,00	0,06	0,14
$u(x_i)$	0,78	0,72	0,72	0,60	1,01	1,09	0,96
$U(x_i)$	1,57	1,44	1,44	1,20	2,02	2,18	1,92

Abbildung 114: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).Tabelle 77: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,14$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0
$x_{i,2}$	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0
X_i	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,0
S_i	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,16	0,51	0,51	0,15	0,66	0,16	0,40
$U(x_i)$	0,32	1,02	1,02	0,30	1,32	0,32	0,80

Abbildung 115: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang Null (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Ergebnisse für CO

Tabelle 78: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 0 (Nullgas) $x^* = 0,00$ $s^* = 0,012$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	-0,01	-0,05	0,04	0,00	-0,02	0,01	0,01
$x_{i,2}$	0,00	-0,05	0,04	0,00	-0,02	0,02	0,01
X_i	0,00	-0,05	0,04	0,00	-0,02	0,02	0,01
S_i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,024	0,107	0,098	0,120	0,021	0,020	0,030
$U(x_i)$	0,047	0,214	0,196	0,240	0,042	0,040	0,060

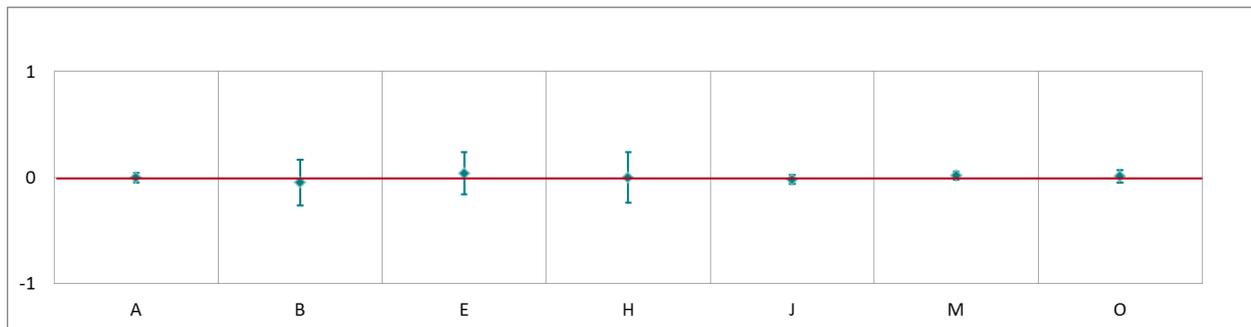


Abbildung 116: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang Null (Nullgas) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 79: Ergebnisse für CO bei Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 1 $x^* = 4,55$ $s^* = 0,022$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	4,55	4,53	4,55	4,54	4,52	4,62	4,54
$x_{i,2}$	4,55	4,54	4,56	4,54	4,53	4,63	4,55
$x_{i,3}$	4,55	4,53	4,56	4,54	4,53	4,63	4,55
X_i	4,55	4,53	4,56	4,54	4,53	4,63	4,55
S_i	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,058	0,047	0,047	0,036	0,070	0,099	0,053
$U(x_i)$	0,116	0,094	0,094	0,072	0,140	0,198	0,106

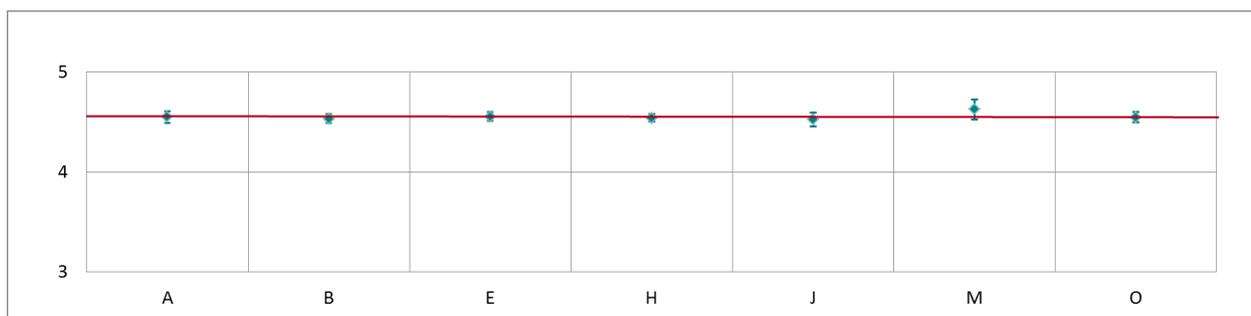


Abbildung 117: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 80: Ergebnisse für CO bei Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 2 $x^* = 17,08$ $s^* = 0,131$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	17,01	17,06	16,99	17,14	16,97	17,27	17,01
$x_{i,2}$	17,02	17,09	16,97	17,15	16,98	17,28	17,03
$x_{i,3}$	17,03	17,10	16,98	17,16	17,00	17,29	17,04
X_i	17,02	17,08	16,98	17,15	16,98	17,28	17,03
S_i	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
$u(x_i)$	0,213	0,172	0,171	0,129	0,258	0,216	0,198
$U(x_i)$	0,426	0,344	0,342	0,258	0,516	0,432	0,396

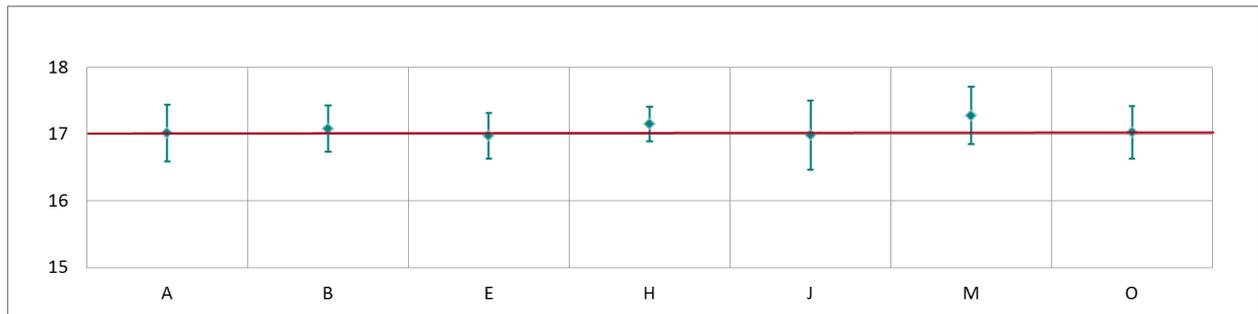


Abbildung 118: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 81: Ergebnisse für CO bei Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 3 $x^* = 11,38$ $s^* = 0,084$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	11,34	11,36	11,31	11,42	11,31	11,51	11,35
$x_{i,2}$	11,33	11,37	11,32	11,42	11,31	11,51	11,35
$x_{i,3}$	11,33	11,37	11,31	11,43	11,32	11,52	11,35
X_i	11,33	11,37	11,31	11,42	11,31	11,51	11,35
S_i	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,142	0,114	0,114	0,105	0,172	0,152	0,132
$U(x_i)$	0,284	0,228	0,228	0,210	0,344	0,304	0,264

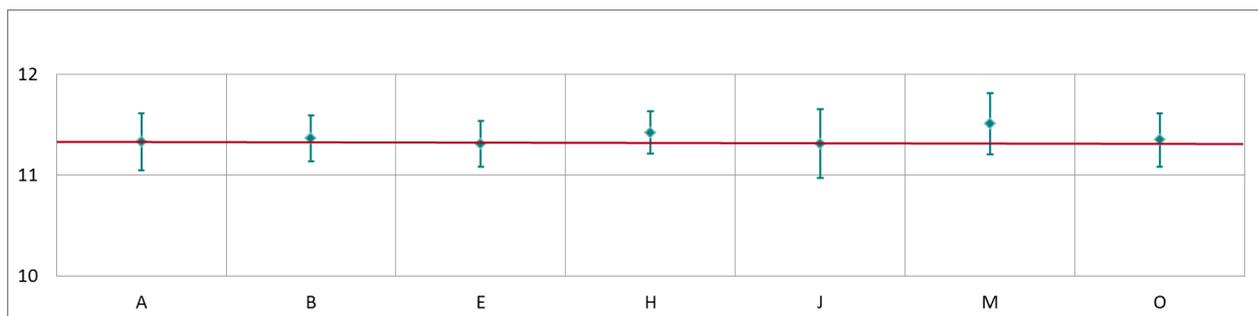


Abbildung 119: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 82: Ergebnisse für CO bei Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 4 $x^* = 11,40$ $s^* = 0,009$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	11,34	11,38	11,33	11,45	11,33	11,53	11,36
$x_{i,2}$	11,34	11,38	11,33	11,45	11,33	11,53	11,37
$x_{i,3}$	11,34	11,39	11,33	11,46	11,33	11,53	11,36
X_i	11,34	11,38	11,33	11,45	11,33	11,53	11,36
S_i	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,142	0,114	0,114	0,105	0,172	0,153	0,132
$U(x_i)$	0,285	0,229	0,228	0,210	0,344	0,306	0,264

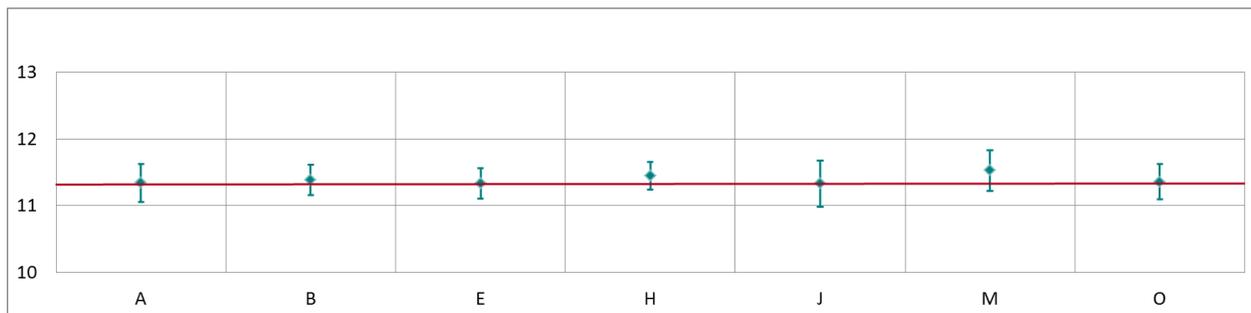


Abbildung 120: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 83: Ergebnisse für CO bei Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 5 $x^* = 20,63$ $s^* = 0,164$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	20,49	20,62	20,47	20,75	20,53	20,85	20,56
$x_{i,2}$	20,48	20,60	20,47	20,75	20,52	20,85	20,56
$x_{i,3}$	20,49	20,61	20,47	20,75	20,52	20,85	20,56
X_i	20,49	20,61	20,47	20,75	20,52	20,85	20,56
S_i	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,256	0,207	0,205	0,157	0,311	0,261	0,239
$U(x_i)$	0,513	0,413	0,410	0,314	0,622	0,522	0,478

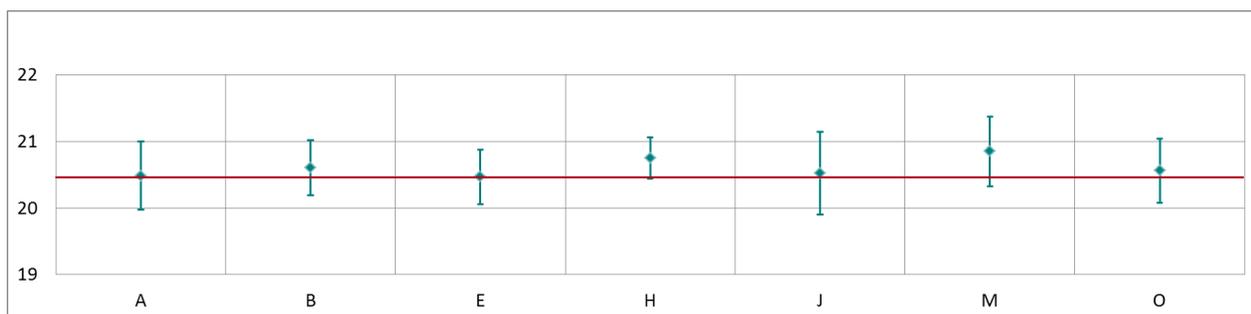


Abbildung 121: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 84: Ergebnisse für CO bei Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 6 $x^* = 2,34$ $s^* = 0,037$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	2,31	2,29	2,38	2,36	2,31	2,38	2,33
$x_{i,2}$	2,32	2,29	2,38	2,35	2,31	2,37	2,33
$x_{i,3}$	2,31	2,29	2,34	2,35	2,31	2,37	2,33
X_i	2,31	2,29	2,37	2,35	2,31	2,37	2,33
S_i	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,031	0,025	0,026	0,070	0,037	0,085	0,027
$U(x_i)$	0,063	0,050	0,052	0,140	0,074	0,170	0,054

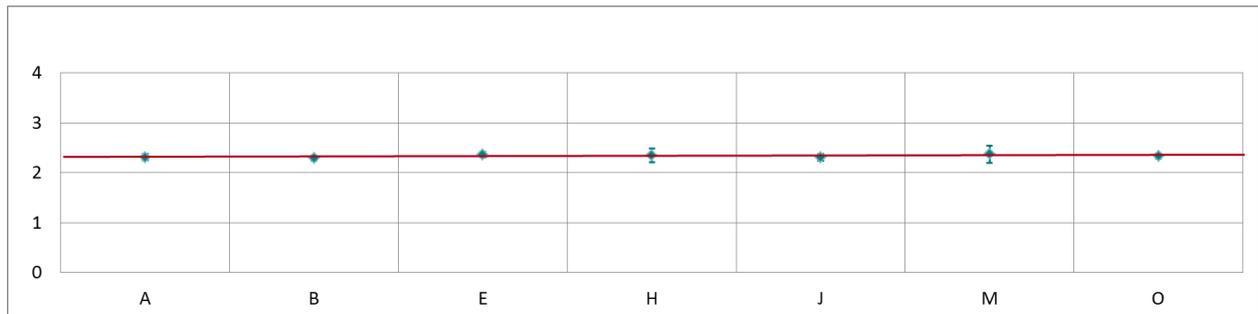


Abbildung 122: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 85: Ergebnisse für CO bei Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 7 $x^* = 6,86$ $s^* = 0,062$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	6,79	6,82	6,82	6,91	6,81	6,94	6,84
$x_{i,2}$	6,80	6,82	6,82	6,91	6,81	6,94	6,84
$x_{i,3}$	6,80	6,82	6,82	6,91	6,81	6,94	6,84
X_i	6,80	6,82	6,82	6,91	6,81	6,94	6,84
S_i	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,086	0,069	0,069	0,115	0,104	0,087	0,079
$U(x_i)$	0,173	0,138	0,138	0,230	0,208	0,174	0,159

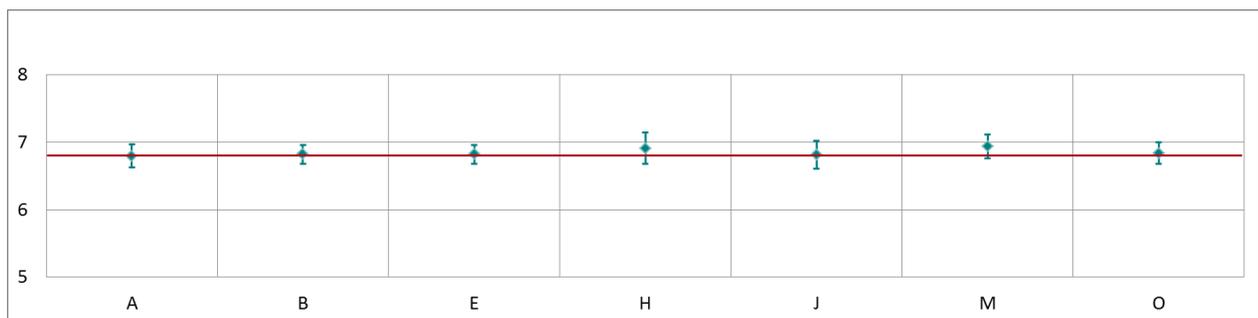


Abbildung 123: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 86: Ergebnisse für CO bei Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 8 $x^* = 13,66$ $s^* = 0,123$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	13,54	13,65	13,40	13,75	13,59	13,81	13,62
$x_{i,2}$	13,53	13,65	13,56	13,75	13,60	13,81	13,62
$x_{i,3}$	13,54	13,64	13,57	13,75	13,60	13,81	13,62
X_i	13,54	13,65	13,51	13,75	13,60	13,81	13,62
S_i	0,01	0,01	0,10	0,00	0,01	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,170	0,137	0,136	0,146	0,206	0,180	0,158
$U(x_i)$	0,339	0,274	0,272	0,292	0,412	0,360	0,316

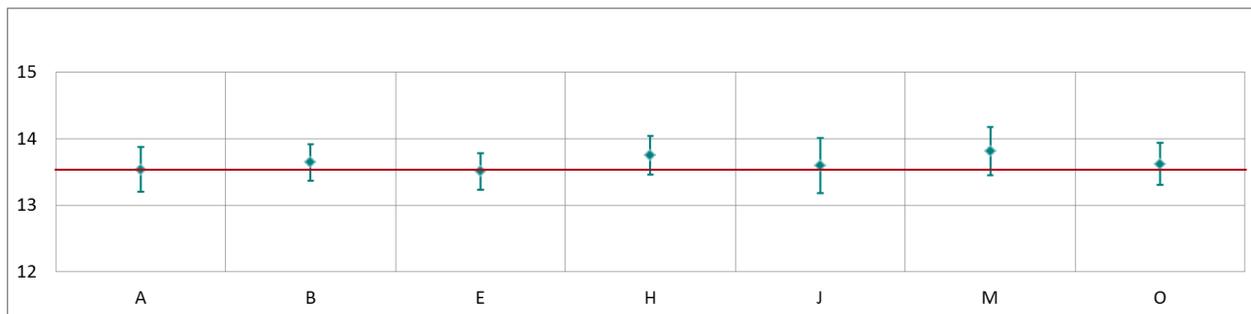


Abbildung 124: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 87: Ergebnisse für CO bei Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 9 $x^* = 9,11$ $s^* = 0,075$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	9,02	9,09	9,06	9,17	9,06	9,22	9,08
$x_{i,2}$	9,03	9,09	9,06	9,17	9,07	9,22	9,08
$x_{i,3}$	9,02	9,08	9,06	9,17	9,06	9,22	9,08
X_i	9,02	9,09	9,06	9,17	9,06	9,22	9,08
S_i	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,114	0,092	0,092	0,091	0,138	0,116	0,106
$U(x_i)$	0,228	0,184	0,184	0,182	0,276	0,232	0,211

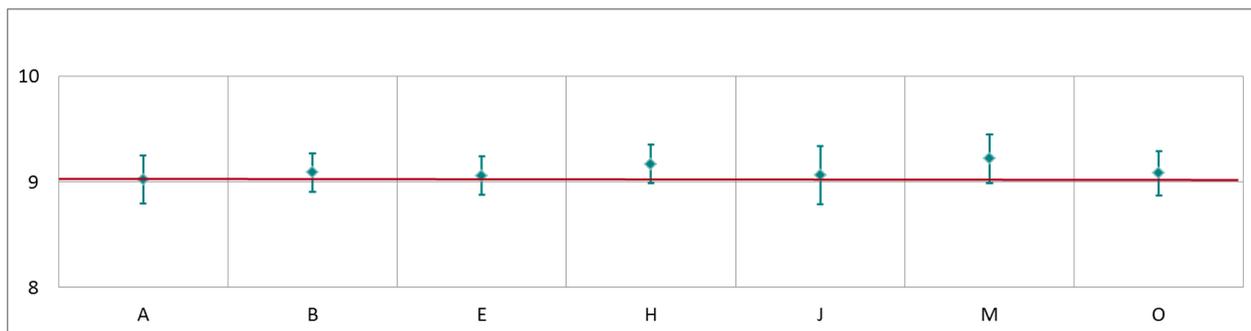
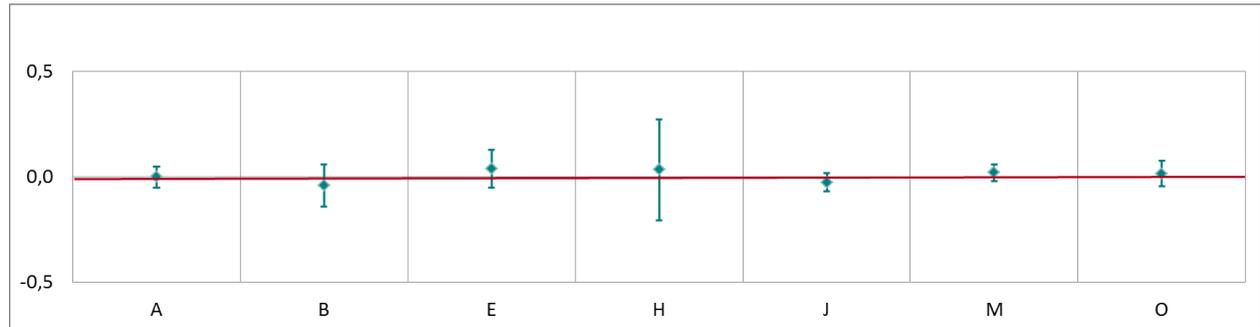


Abbildung 125: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 88: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in $\mu\text{mol/mol}$).Parameter: CO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,01$ $s^* = 0,031$

	Teilnehmer						
	A	B	E	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,00	-0,04	0,04	0,04	-0,02	0,02	0,02
$x_{i,2}$	0,00	-0,04	0,04	0,03	-0,03	0,02	0,02
$X_{i,}$	0,00	-0,04	0,04	0,04	-0,03	0,02	0,02
$S_{i,}$	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
$u(x_i)$	0,025	0,050	0,045	0,120	0,021	0,020	0,030
$U(x_i)$	0,050	0,100	0,090	0,240	0,042	0,040	0,060

Abbildung 126: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang Null (Nullgas 2) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 89: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: NO, Durchgang 0 $x^* = 0,4$ $s^* = 0,33$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,5	0,5	0,3	0,1	0,0	0,7	0,6	0,7
$x_{i,2}$	0,6	0,5	0,3	0,1	0,0	0,8	0,6	0,8
$X_{i,}$	0,6	0,5	0,3	0,1	0,0	0,8	0,6	0,7
$S_{i,}$	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
$u(x_i)$	0,44	0,55	0,47	0,40	0,21	0,50	0,50	0,71
$U(x_i)$	0,88	1,11	0,94	0,80	0,42	1,00	1,00	1,42

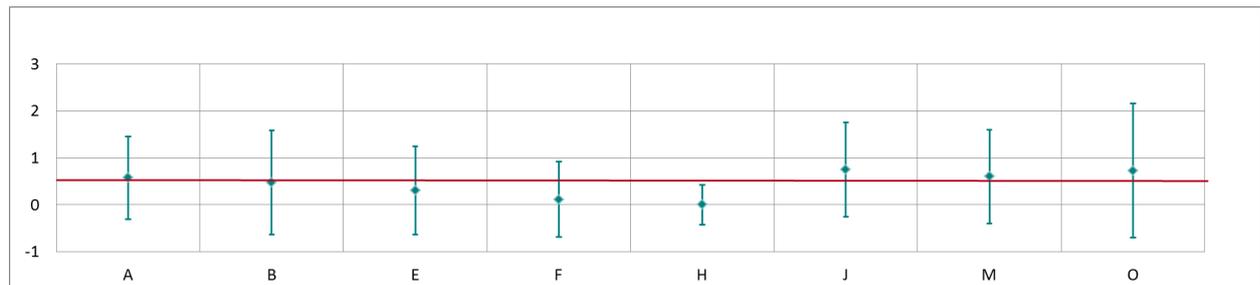
Abbildung 127: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 90: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 492,7$ $s^* = 5,75$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	491,7	490,8	495,1	482,0	492,7	490,7	500,2	494,2
$x_{i,2}$	491,9	491,0	495,0	482,3	493,3	490,7	500,7	494,6
$x_{i,3}$	492,7	491,1	494,5	482,3	493,3	490,7	501,4	494,6
X_i	492,1	491,0	494,9	482,2	493,1	490,7	500,8	494,5
S_i	0,5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,6	0,2
$u(x_i)$	6,16	4,94	4,98	5,53	3,90	5,32	6,32	7,77
$U(x_i)$	12,32	9,89	9,96	11,07	7,80	10,64	12,64	15,54

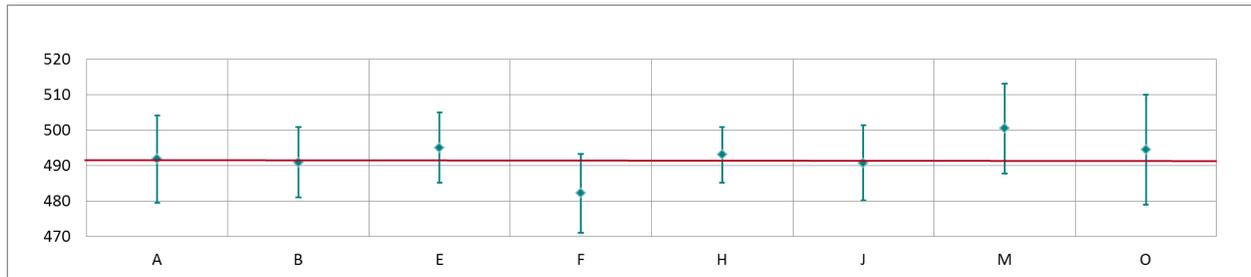


Abbildung 128: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 91: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 439,2$ $s^* = 4,93$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	439,1	438,4	441,3	430,1	439,9	438,0	444,7	441,0
$x_{i,2}$	438,8	438,0	441,4	429,4	439,4	437,0	445,9	440,3
$x_{i,3}$	438,5	437,6	441,1	429,4	439,5	436,5	446,2	440,2
X_i	438,8	438,0	441,3	429,6	439,6	437,2	445,6	440,5
S_i	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,8	0,8	0,4
$u(x_i)$	5,50	4,43	4,46	4,93	3,53	4,77	5,65	6,92
$U(x_i)$	11,01	8,85	8,92	9,86	7,06	9,54	11,30	13,85

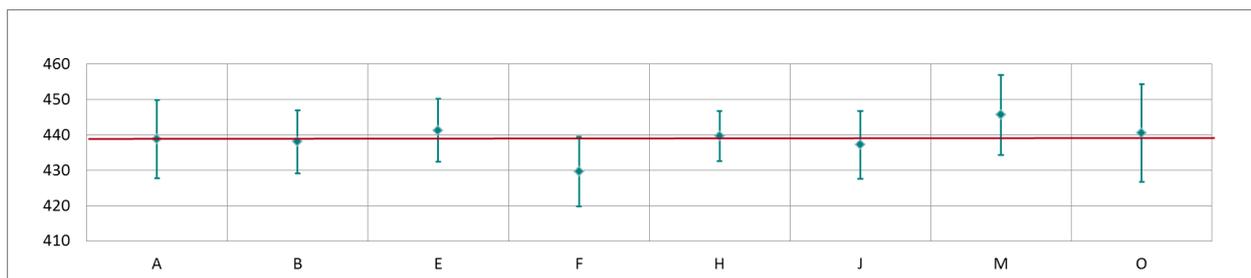


Abbildung 129: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für die NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 92: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 376,9$ $s^* = 4,93$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	377,3	376,0	378,1	368,1	377,4	375,1	384,2	378,0
$x_{i,2}$	377,1	375,8	378,3	368,0	377,2	375,0	384,0	378,1
$x_{i,3}$	377,0	375,9	378,2	367,9	377,2	375,2	383,8	378,2
X_i	377,1	375,9	378,2	368,0	377,3	375,1	384,0	378,1
S_i	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
$u(x_i)$	4,73	3,80	3,82	4,22	3,09	4,07	4,83	5,94
$U(x_i)$	9,45	7,59	7,64	8,44	6,18	8,14	9,66	11,89

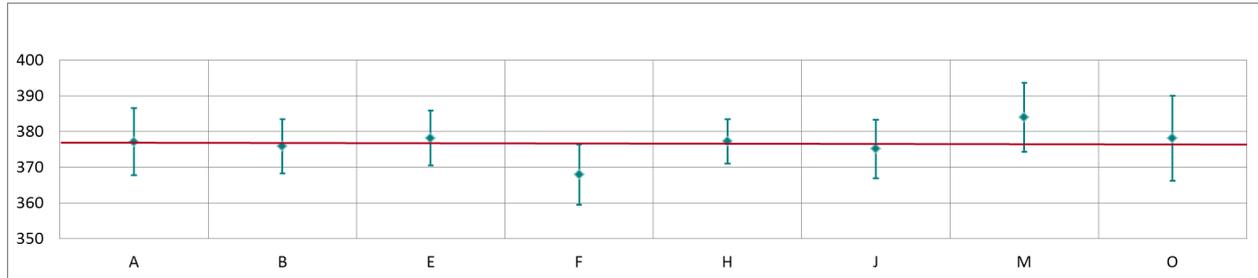


Abbildung 130: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 93: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 492,2$ $s^* = 6,19$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	491,3	490,8	494,2	481,5	493,1	489,5	500,3	494,3
$x_{i,2}$	491,4	490,4	494,5	481,1	493,3	489,3	500,7	494,0
$x_{i,3}$	491,9	490,4	494,3	481,0	493,2	489,3	501,0	494,1
X_i	491,5	490,5	494,3	481,2	493,2	489,4	500,7	494,1
S_i	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,4	0,2
$u(x_i)$	6,15	4,93	4,97	5,52	3,90	5,29	6,30	7,76
$U(x_i)$	12,30	9,87	9,94	11,04	7,80	10,58	12,60	15,53

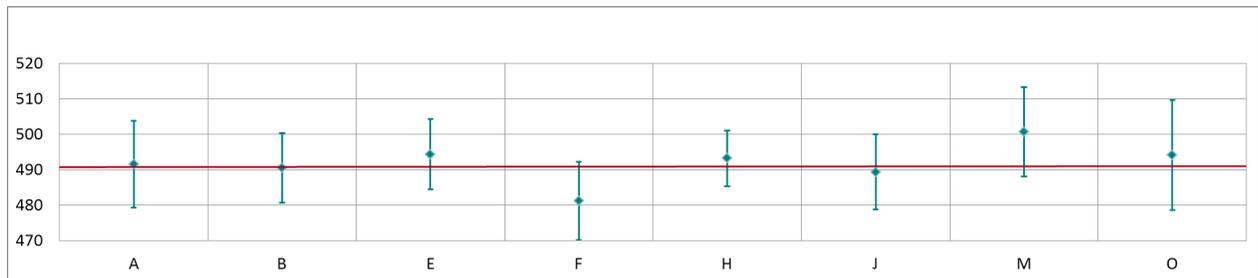


Abbildung 131: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 94: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 422,2$ $s^* = 5,24$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	421,8	420,9	424,1	412,1	422,9	420,3	429,6	423,8
$x_{i,2}$	421,4	420,9	424,5	411,8	422,8	419,7	429,4	423,6
$x_{i,3}$	421,7	420,6	424,6	411,6	422,7	419,3	429,3	423,5
\bar{X}_i	421,6	420,8	424,4	411,9	422,8	419,8	429,4	423,6
S_i	0,18	0,21	0,26	0,23	0,10	0,50	0,15	0,15
$u(x_i)$	5,27	4,24	4,28	4,73	3,18	4,56	5,39	6,66
$U(x_i)$	10,55	8,49	8,56	9,45	6,36	9,12	10,78	13,32

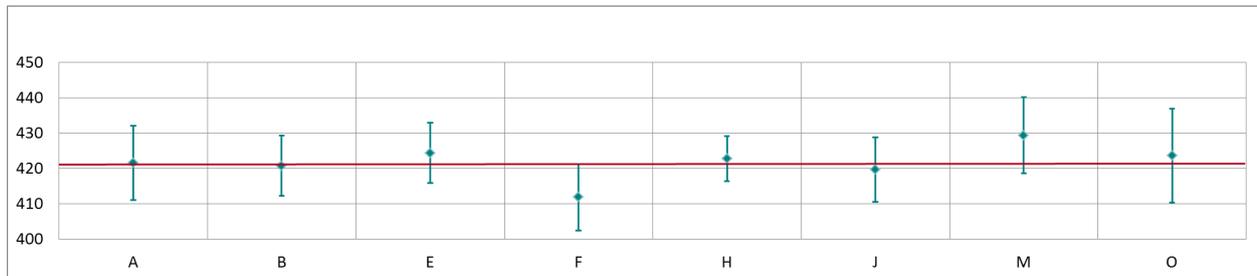


Abbildung 132: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 95: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 229,8$ $s^* = 3,70$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	231,3	229,6	231,5	223,5	230,1	228,3	235,3	230,3
$x_{i,2}$	231,1	229,3	232,0	223,0	229,9	228,2	234,9	229,9
$x_{i,3}$	231,1	229,3	231,5	222,9	229,9	228,7	235,0	229,9
\bar{X}_i	231,1	229,4	231,7	223,1	230,0	228,4	235,1	230,0
S_i	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2
$u(x_i)$	2,90	2,34	2,36	2,57	2,13	2,53	2,96	3,63
$U(x_i)$	5,79	4,68	4,72	5,15	4,26	5,06	5,92	7,25

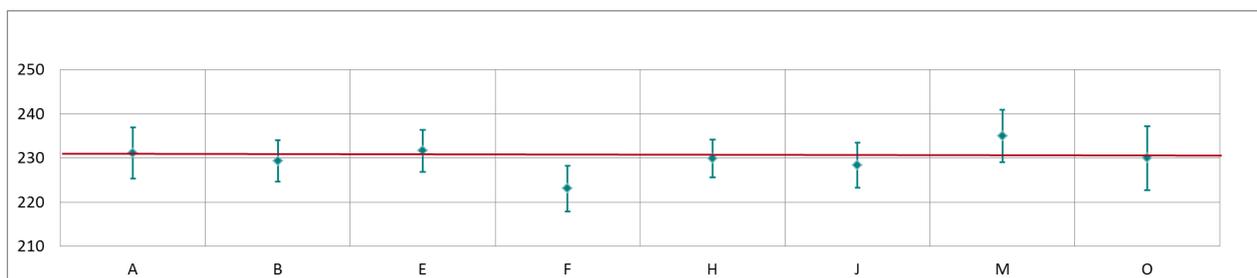


Abbildung 133: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 96: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 8,5$ $s^* = 0,26$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	9,2	8,9	8,5	8,4	8,6	8,7	9,5	8,4
$x_{i,2}$	9,1	8,5	8,3	8,3	8,4	8,6	9,4	8,2
$x_{i,3}$	9,0	8,6	8,3	8,2	8,5	8,6	9,5	8,2
X_i	9,1	8,7	8,4	8,3	8,5	8,6	9,5	8,3
S_i	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,45	0,36	0,36	0,40	0,53	0,50	0,39	0,69
$U(x_i)$	0,91	0,72	0,72	0,80	1,06	1,00	0,78	1,39

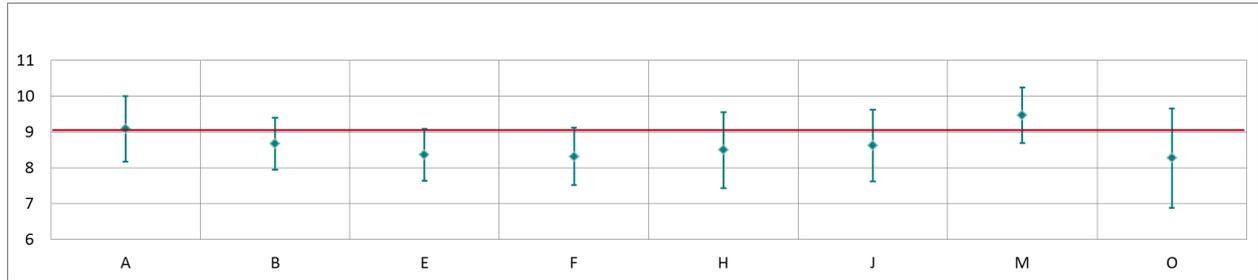


Abbildung 134: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 97: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 109,8$ $s^* = 2,05$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	111,2	110,1	111,3	106,3	110,3	109,7	113,3	110,0
$x_{i,2}$	110,6	109,8	110,5	105,6	109,8	109,0	112,6	109,5
$x_{i,3}$	110,6	109,5	110,5	105,4	109,6	108,9	112,5	109,3
X_i	110,8	109,8	110,8	105,8	109,9	109,2	112,8	109,6
S_i	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
$u(x_i)$	1,41	1,21	1,22	1,22	1,04	1,31	1,48	1,74
$U(x_i)$	2,83	2,43	2,44	2,45	2,08	2,62	2,96	3,47

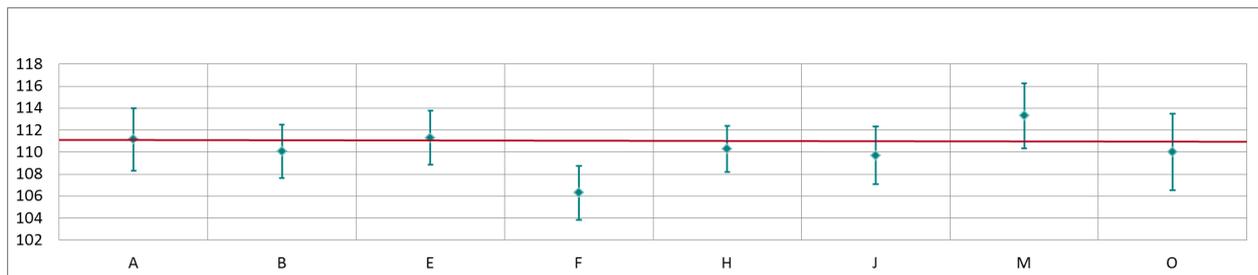


Abbildung 135: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 98: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9 $x^* = 24,3$ $s^* = 0,66$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	25,0	24,4	24,2	23,3	24,2	24,1	25,6	23,9
$x_{i,2}$	25,1	24,7	24,2	23,3	24,5	24,4	25,7	24,1
$x_{i,3}$	25,1	24,5	24,3	23,5	24,4	24,5	25,7	24,0
X_i	25,1	24,6	24,2	23,3	24,4	24,3	25,7	24,0
S_i	0,09	0,12	0,06	0,12	0,15	0,21	0,06	0,09
$u(x_i)$	0,38	0,42	0,42	0,40	0,57	0,54	0,47	0,67
$U(x_i)$	0,76	0,84	0,84	0,80	1,14	1,08	0,94	1,35

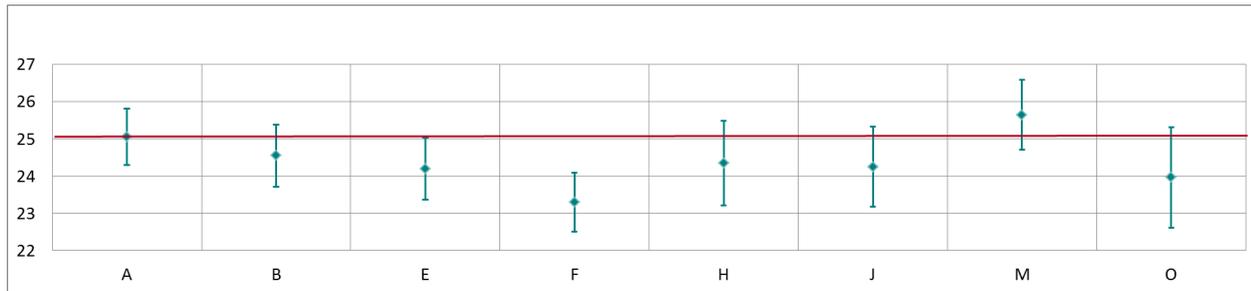


Abbildung 136: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 99: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10 $x^* = 176,7$ $s^* = 3,10$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	178,0	176,7	178,7	170,3	177,3	175,7	181,2	176,8
$x_{i,2}$	177,5	176,3	178,5	169,8	176,9	175,3	180,7	176,3
$x_{i,3}$	177,3	176,1	178,6	169,9	176,7	175,3	180,7	176,2
X_i	177,6	176,3	178,6	170,0	177,0	175,4	180,9	176,4
S_i	0,35	0,30	0,10	0,27	0,31	0,23	0,29	0,32
$u(x_i)$	2,23	1,82	1,85	1,97	1,46	1,95	2,30	2,79
$U(x_i)$	4,47	3,65	3,70	3,93	2,92	3,90	4,60	5,58

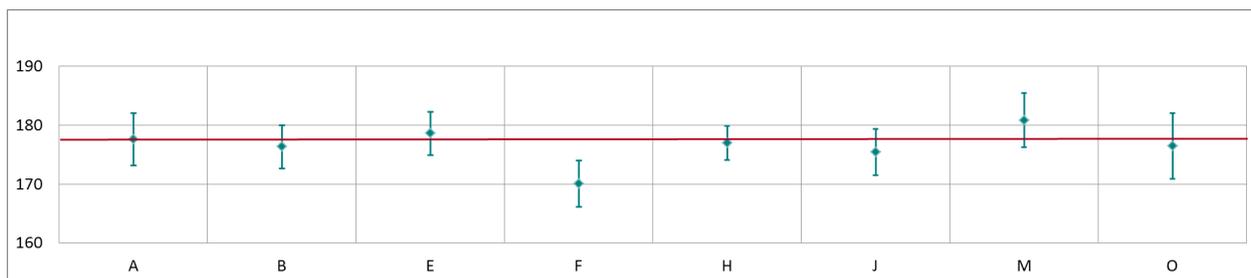


Abbildung 137: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 100: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11 $x^* = 62,1$ $s^* = 1,23$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	62,5	62,0	63,0	59,8	62,1	61,9	63,8	61,8
$x_{i,2}$	62,5	61,9	62,7	59,7	62,1	61,7	63,8	61,7
$x_{i,3}$	62,7	62,1	62,7	59,7	62,2	61,7	63,8	62,0
X_i	62,5	62,0	62,8	59,7	62,1	61,8	63,8	61,8
S_i	0,12	0,10	0,17	0,09	0,06	0,12	0,00	0,11
$u(x_i)$	0,81	0,72	0,72	0,40	0,70	0,81	0,88	1,00
$U(x_i)$	1,61	1,43	1,44	0,80	1,40	1,62	1,76	2,01

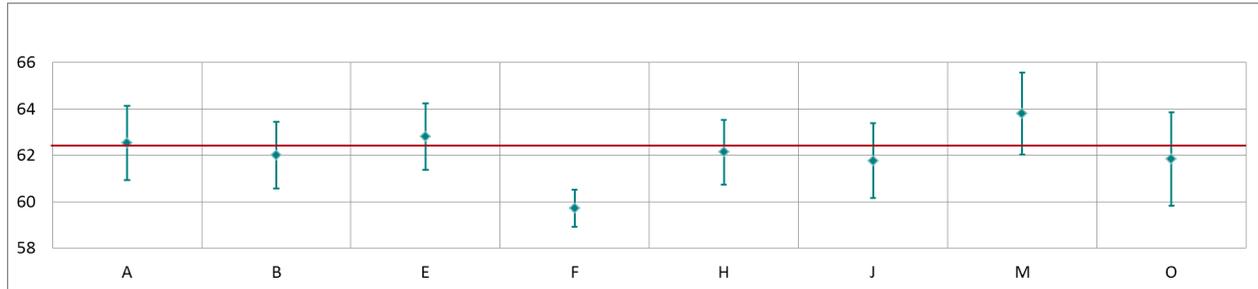


Abbildung 138: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 101: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12 $x^* = 320,6$ $s^* = 4,44$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	321,7	319,6	322,0	310,5	321,6	318,6	327,0	321,4
$x_{i,2}$	322,0	319,5	322,1	310,5	321,5	318,8	327,0	321,4
$x_{i,3}$	321,4	319,7	322,3	310,6	321,5	319,2	326,8	321,4
X_i	321,7	319,6	322,1	310,5	321,5	318,9	326,9	321,4
S_i	0,29	0,07	0,15	0,06	0,06	0,31	0,12	0,00
$u(x_i)$	4,04	3,24	3,27	3,57	2,47	3,47	4,12	5,05
$U(x_i)$	8,08	6,48	6,54	7,13	4,94	6,94	8,24	10,10

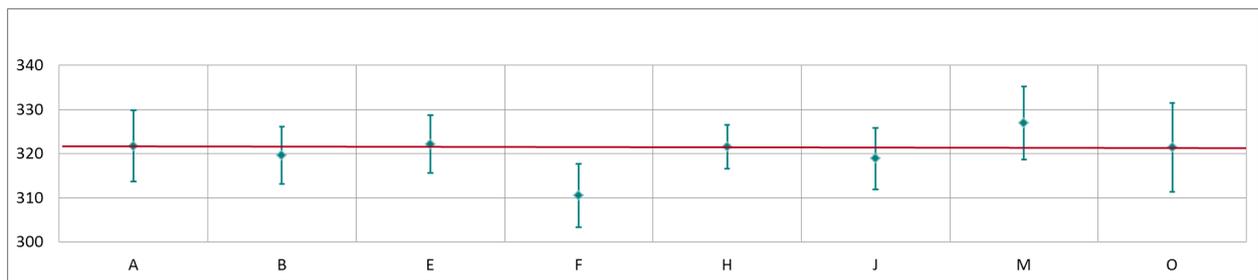


Abbildung 139: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 102: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13 $x^* = 19,1$ $s^* = 0,52$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	19,7	19,3	18,7	18,6	19,4	19,1	20,5	18,7
$x_{i,2}$	19,7	19,3	18,8	18,6	19,4	19,0	20,1	18,7
$x_{i,3}$	19,6	19,2	18,7	18,5	19,4	19,0	20,4	18,6
X_i	19,7	19,2	18,7	18,6	19,4	19,0	20,3	18,7
S_i	0,08	0,07	0,06	0,09	0,00	0,06	0,21	0,07
$u(x_i)$	0,34	0,38	0,37	0,40	0,54	0,50	0,48	0,69
$U(x_i)$	0,69	0,75	0,74	0,80	1,08	1,00	0,96	1,39

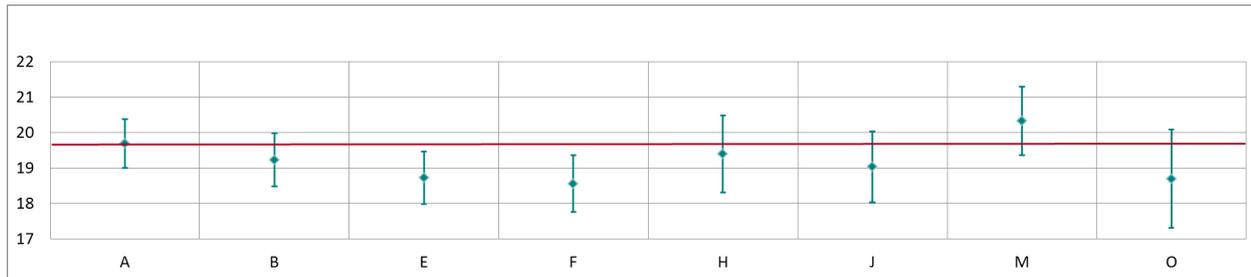


Abbildung 140: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 103: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 35,8$ $s^* = 1,04$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	36,3	35,8	36,2	34,3	36,0	35,7	37,3	35,4
$x_{i,2}$	36,3	35,9	36,4	34,4	36,0	35,6	37,4	35,4
$x_{i,3}$	36,2	35,6	36,6	34,4	35,9	35,5	37,2	35,3
X_i	36,3	35,8	36,4	34,3	36,0	35,6	37,3	35,4
S_i	0,09	0,13	0,20	0,07	0,06	0,10	0,10	0,05
$u(x_i)$	0,51	0,49	0,50	0,40	0,59	0,65	0,61	0,59
$U(x_i)$	1,03	0,99	1,00	0,80	1,18	1,30	1,22	1,19

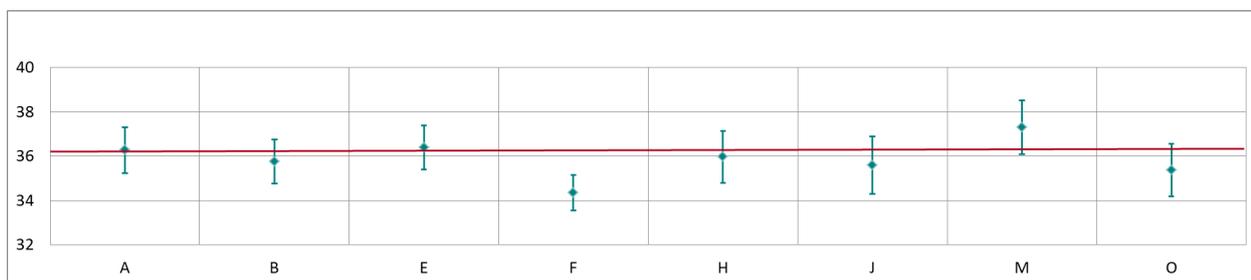


Abbildung 141: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 104: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,8	0,7	-0,5
$x_{i,2}$								
$x_{i,3}$								
X_i	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,8	0,7	-0,5
S_i								
$u(x_i)$	0,44	0,57	0,70	0,40	0,21	0,83	0,50	1,02
$U(x_i)$	0,87	1,14	1,40	0,80	0,42	1,66	1,00	2,05

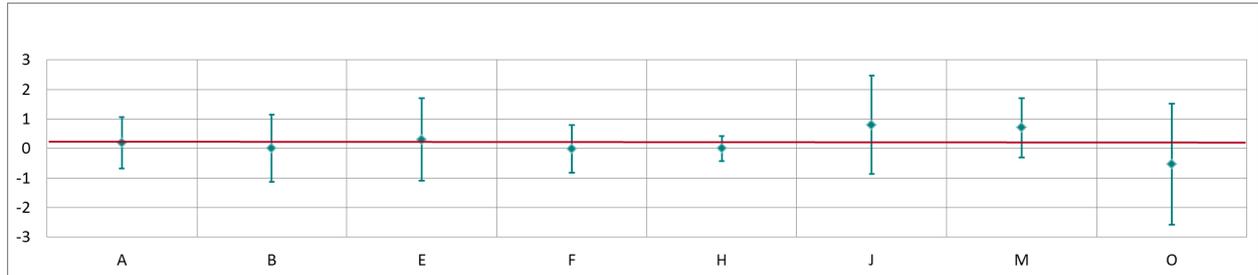


Abbildung 142: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 105: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,0$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	-0,5	0,0	-0,1
$x_{i,2}$	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	-0,7	-0,2	-0,4
X_i	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	-0,6	-0,1	-0,3
S_i	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
$u(x_i)$	0,79	0,59	0,51	0,70	0,53	0,81	0,74	0,70
$U(x_i)$	1,57	1,18	1,02	1,40	1,06	1,62	1,48	1,40

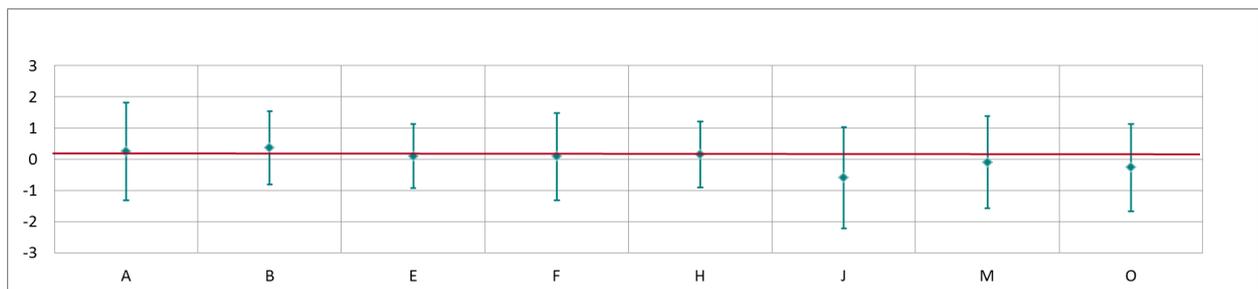


Abbildung 143: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 106: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 67,6$ $s^* = 2,11$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	66,2	68,7	67,5	64,9	67,3	66,2	71,4	66,4
$x_{i,2}$	66,5	69,1	67,8	65,3	67,6	66,6	71,0	66,7
$x_{i,3}$	66,7	69,3	67,9	64,9	67,8	66,6	71,6	66,8
X_i	66,5	69,0	67,7	65,1	67,6	66,5	71,3	66,7
S_i	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
$u(x_i)$	1,02	0,88	0,87	0,70	1,36	1,29	1,65	1,13
$U(x_i)$	2,04	1,75	1,74	1,40	2,72	2,58	3,30	2,25

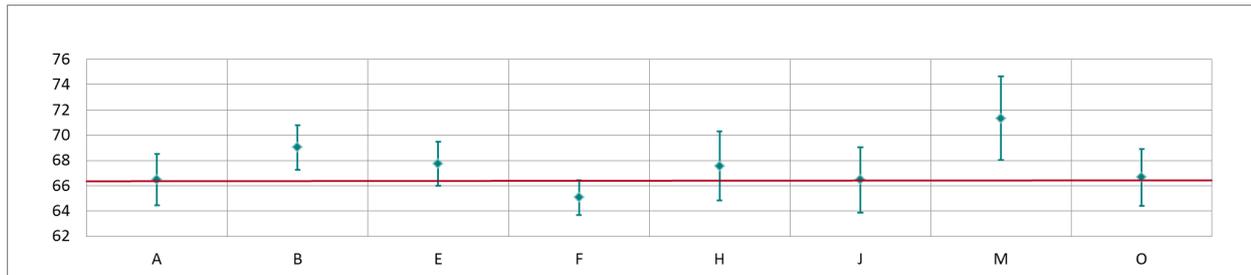


Abbildung 144: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 107: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 129,4$ $s^* = 2,89$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	127,5	130,3	130,3	125,5	129,7	127,3	134,4	128,7
$x_{i,2}$	127,9	130,4	129,3	125,1	130,1	127,6	134,4	128,9
$x_{i,3}$	127,8	130,7	129,4	126,0	130,2	127,7	134,5	129,1
X_i	127,7	130,5	129,7	125,5	130,0	127,5	134,4	128,9
S_i	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2
$u(x_i)$	1,68	1,38	1,37	1,69	1,60	1,55	2,00	2,09
$U(x_i)$	3,35	2,76	2,74	3,39	3,20	3,10	4,00	4,17

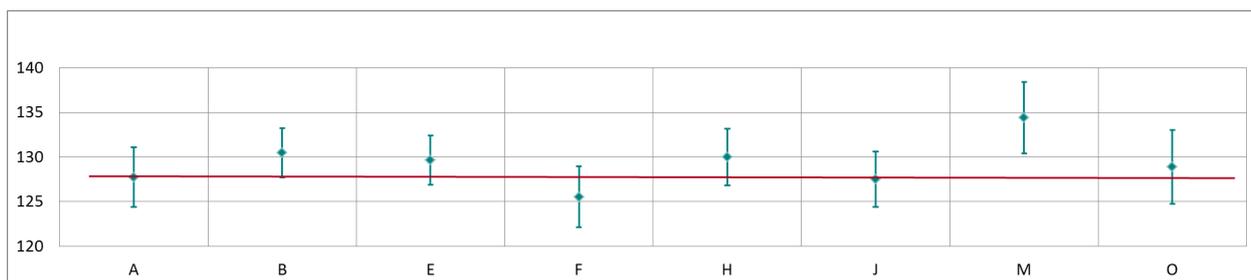


Abbildung 145: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 108: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 204,8$ $s^* = 4,26$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	202,5	205,1	205,4	198,6	205,7	201,2	210,4	204,5
$x_{i,2}$	203,1	205,4	206,0	198,8	206,1	201,6	210,9	205,0
$x_{i,3}$	203,2	205,8	205,8	198,9	206,4	202,1	210,9	205,2
X_i	202,9	205,4	205,7	198,7	206,1	201,6	210,7	204,9
S_i	0,4	0,3	0,3	0,1	0,4	0,5	0,3	0,4
$u(x_i)$	2,56	2,11	2,11	2,70	2,01	2,35	2,68	3,30
$U(x_i)$	5,12	4,22	4,22	5,39	4,02	4,70	5,36	6,61

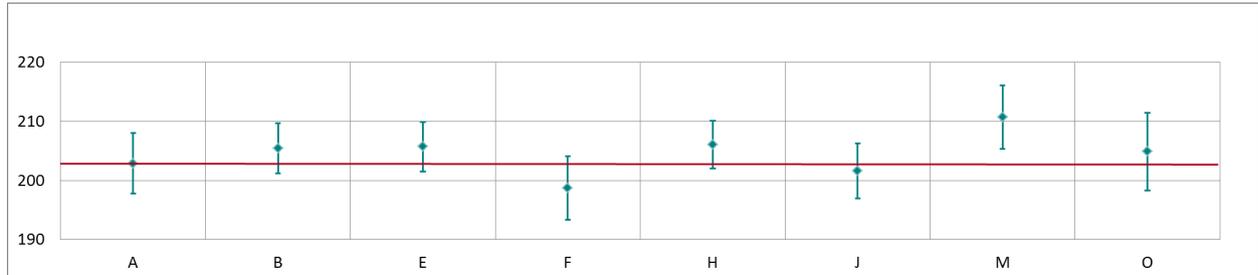


Abbildung 146: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 109: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 4,5$ $s^* = 0,81$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	4,3	5,8	5,0	3,9	5,5	4,0	4,1	4,2
$x_{i,2}$	4,2	5,6	5,2	3,8	5,1	3,8	4,1	4,0
$x_{i,3}$	4,1	5,3	4,9	3,8	4,7	3,8	4,0	3,9
X_i	4,2	5,6	5,0	3,8	5,1	3,9	4,1	4,0
S_i	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2
$u(x_i)$	0,77	0,49	0,49	0,70	0,66	0,81	0,77	0,71
$U(x_i)$	1,53	0,98	0,98	1,40	1,32	1,62	1,54	1,42

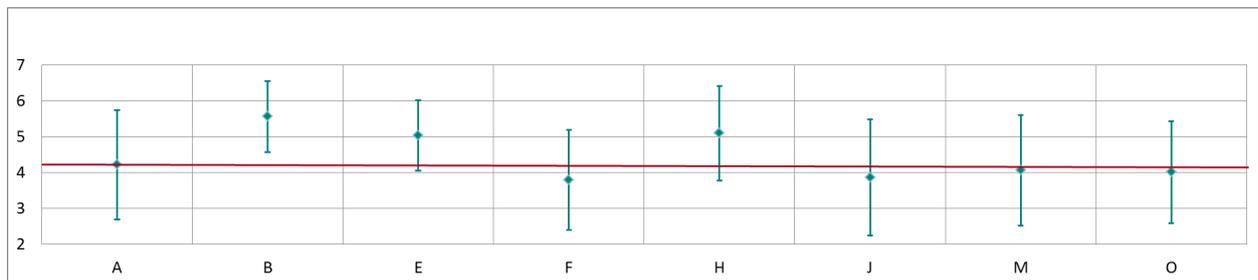


Abbildung 147: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 110: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 117,8$ $s^* = 2,52$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	116,6	117,9	117,9	112,9	117,8	115,7	120,6	117,5
$x_{i,2}$	117,2	118,7	118,6	113,9	118,4	116,3	121,3	118,2
$x_{i,3}$	117,3	118,8	118,6	114,0	118,8	116,3	121,5	118,3
X_i	117,0	118,5	118,4	113,6	118,3	116,1	121,1	118,0
S_i	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,5	0,4
$u(x_i)$	1,51	1,32	1,32	1,54	1,14	1,41	1,60	1,92
$U(x_i)$	3,03	2,64	2,64	3,09	2,28	2,82	3,20	3,83

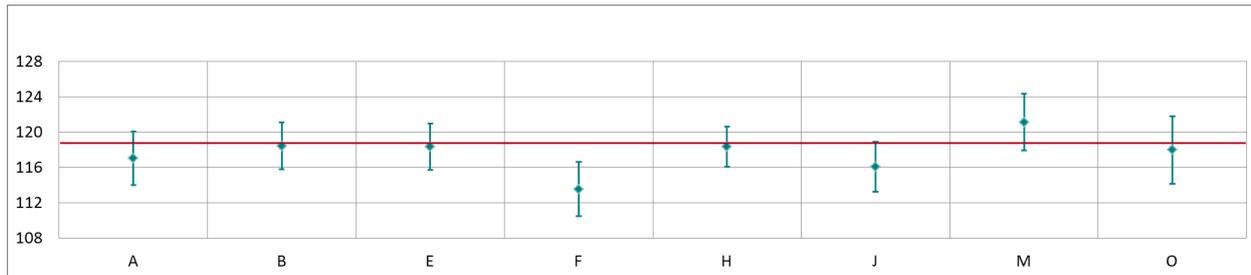


Abbildung 148: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 111: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 42,9$ $s^* = 0,96$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	43,0	43,8	43,4	41,1	43,5	42,3	44,0	43,0
$x_{i,2}$	42,7	43,4	43,2	40,8	43,2	42,2	44,0	42,7
$x_{i,3}$	42,6	43,4	43,1	40,7	43,1	41,9	43,7	42,7
X_i	42,7	43,5	43,2	40,9	43,3	42,1	43,9	42,8
S_i	0,20	0,24	0,15	0,20	0,21	0,21	0,17	0,18
$u(x_i)$	0,61	0,65	0,65	0,70	0,65	0,81	0,75	0,73
$U(x_i)$	1,23	1,30	1,30	1,40	1,30	1,62	1,50	1,45

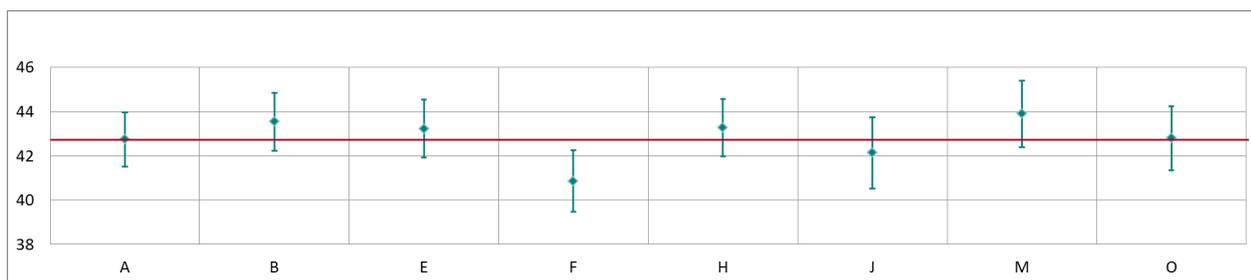
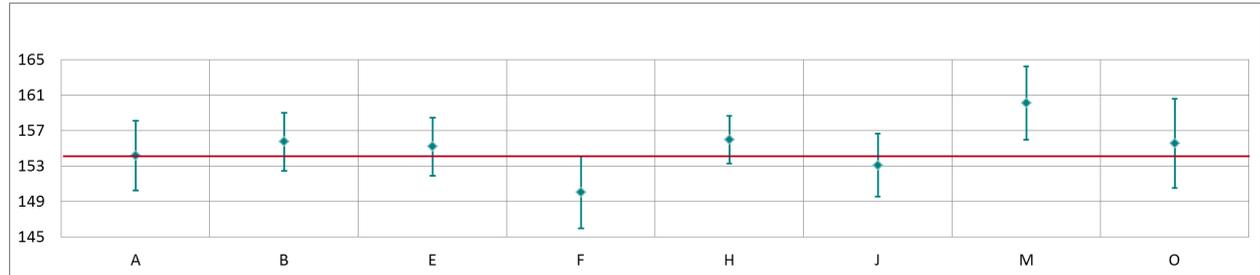


Abbildung 149: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 112: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 155,1$ $s^* = 3,47$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	153,8	155,4	155,0	149,8	155,5	152,9	159,7	155,2
$x_{i,2}$	154,5	155,9	155,3	150,3	156,2	153,2	160,4	155,8
$x_{i,3}$	154,3	156,0	155,3	150,2	156,3	153,2	160,3	155,8
X_i	154,2	155,8	155,2	150,1	156,0	153,1	160,1	155,6
S_i	0,32	0,30	0,17	0,28	0,44	0,17	0,38	0,35
$u(x_i)$	1,96	1,63	1,63	2,04	1,35	1,77	2,06	2,52
$U(x_i)$	3,92	3,26	3,26	4,08	2,70	3,54	4,12	5,03

Abbildung 150: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).Tabelle 113: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 14,6$ $s^* = 0,42$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	14,9	15,2	14,6	14,0	14,6	14,4	15,1	14,6
$x_{i,2}$	14,8	15,2	14,7	14,0	14,7	14,4	15,0	14,5
$x_{i,3}$	14,7	15,1	14,7	14,0	14,6	14,4	14,9	14,5
X_i	14,8	15,2	14,7	14,0	14,6	14,4	15,0	14,5
S_i	0,13	0,05	0,06	0,02	0,06	0,00	0,10	0,04
$u(x_i)$	0,43	0,45	0,44	0,70	0,54	0,81	0,78	0,70
$U(x_i)$	0,86	0,89	0,88	1,40	1,08	1,62	1,56	1,40

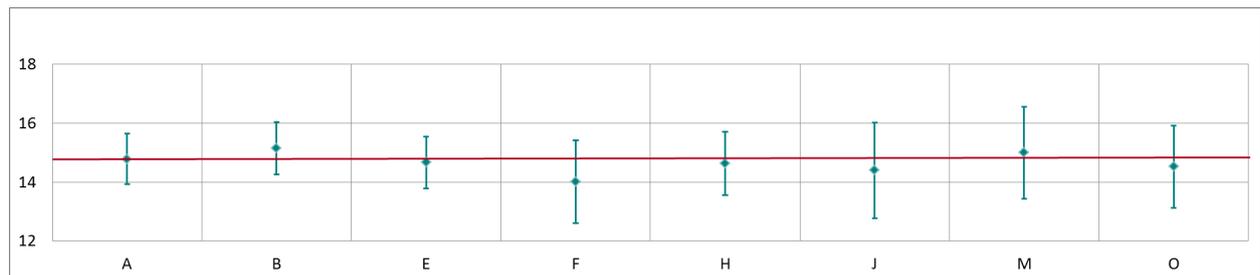
Abbildung 151: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 114: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer							
	A	B	E	F	H	J	M	O
$x_{i,1}$	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,4
$x_{i,2}$								
$x_{i,3}$								
X_i	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,4
S_i								
$u(x_i)$	0,75	0,54	0,54	0,70	0,52	1,08	0,76	0,68
$U(x_i)$	1,49	1,08	1,08	1,40	1,04	2,16	1,52	1,36

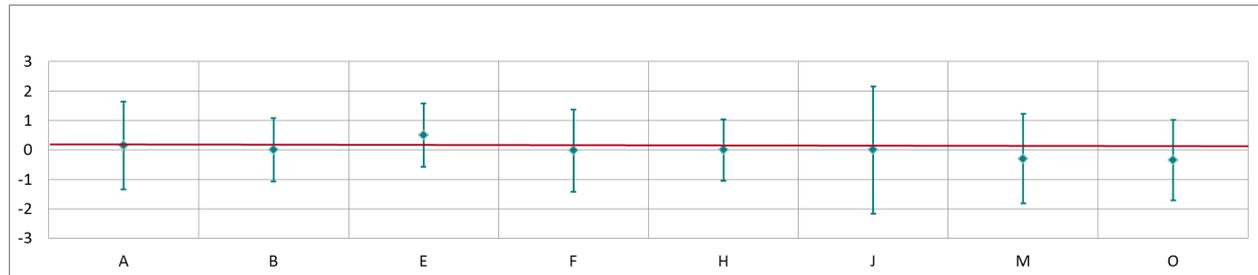


Abbildung 152: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Anhang D: FRAGEBÖGEN ZUM RINGVERSUCH

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

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Infraserv GmbH & Co. Höchst KG
Namen der Teilnehmer: Daniel Rohn, Carlos Fontana
Kontakt: Katja Pöllmann
Telefonnummer: +49 69 305 23948
E-Mail: katja.poellmann@infraserv.com

1 CO

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in nmol/mol)	10,02 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2 %
Hersteller	Air Liquide
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Air Liquide Kalibrierlabor (DKD Zertifikat)
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:

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA-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:

Berechnung aus Standardabweichung der Kurzzeitwerte und Unsicherheit des Prüfgases

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Eurofins Nua Umwelt GmbH & Co. KG

Namen der Teilnehmer: Anton Tanzberger

Kontakt:

Telefonnummer: 02236 / 44541-411

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	ca. 800 ppb NO
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja, Horiba ASGU 360

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: Horiba Standard; AK, NK, MKS

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA370

Baujahr: 2016

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 1

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Vorgaben UBA

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Laboratorium für Umweltanalytik GmbH
Namen der Teilnehmer: R. Ellinger, M. Kalina
Kontakt: R. Ellinger
Telefonnummer: 0664/3814792
E-Mail: ellinger@lua.co.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	95
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	192
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	384
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	481
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	577
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	914
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	NO 3,10%, NO ₂ 3,31%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien 082/17 6.6.2017 192 nmol/mol, 481 nmol/mol
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 082/17 Kalibrierschein vom 6.6.2017

Verwendetes Nullgas: Kieselgel-Aktivkohle- Molsieb-Adsorberpatrone

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Vorgehen beim Ringversuch:

Hersteller: Horiba

Modell: APNA370

Baujahr: Juni 2017

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 7

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 den Ringversuch benutzt?**

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	46
Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	92
Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	116
Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	139
Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	219
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,32%
Hersteller	Siad Austria
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Siad Italien 49,7 μmol/mol
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).

Siad

Verwendetes Nullgas: Kieselgel-Aktivkohle- Molsieb-Adsorberpatrone

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet:

Hersteller: Horiba

Modell: APSA-370

Baujahr: Nov. 2005

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 7

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 den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	23,6 $\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	47,2 $\mu\text{mol/mol}$
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifizierte Gasmischung Messer 200,0 $\mu\text{mol/mol}$
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 249032 vom 19.4.2017 (accredited Mix)

Verwendetes Nullgas: Hopkalitadsorber

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 360

Baujahr: 1995

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 3

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_c = 2,18\%$ $U_c = 4,25\%$

Proficiency testing round for NO/NO₂, SO₂ and CO from 8th to 12th October 2018

Questionnaire on instruments and calibration standards

Organisation: Executive Environment Agency
name of participant: Milena Parvanova, Nikolay Panayotov
contact/address: Bulgaria, Sofia, 136 Tzar Boriss III, p.box 251
telephone number: +359 940 64 61, +359 889 12 20 20,
email: npanayotov@abv

1 NO/NO₂

1.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?

In case of multi-point calibration please copy the first and second row of the table below (see 1.4):

Amount of NO/NO _x (in nmol/mol)	200
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	2%
Amount of NO/NO _x (in nmol/mol)	400
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	2%
Manufacturer	Messer
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	Swiss metrological laboratory (Messer) EN 17025
Dilution method (if yes which/no)	no

Information of traceability of national standards or of S.I units (name of the laboratory, who issued the calibration certificate; for example. national reference laboratory of Umweltbundesamt).

Zero gas used: internal zero generator, external tube (charcoal)

1.2 Procedure at the proficiency testing round:

	yes	no
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Calibration of the NO-channel with NO	x	
Calibration of the NO _x -channel with NO	x	
Check with NO ₂	x	
GPT	x	
Was the result of the calibration used for data correction?	x	

1.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: HORIBA
 Modell: APNA 370
 Year of construction: 2009

1.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 2
 Type of calibration function (linear, non-linear, bracketing):
 The uncertainty of the results is based on following calculation: home made software

2 SO₂

2.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?

Amount of SO ₂ (in nmol/mol)	200
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	2%
Amount of SO ₂ (in nmol/mol)	400
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	2%
Manufacturer	Messer
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	Swiss metrological laboratory(Messer) EN 17025
Dilution method (if yes which/no)	no

Information of traceability of national standards or of S.I units (name of the laboratory, who issued the calibration certificate; for example. national reference laboratory of Umweltbundesamt).

Used zero gas: internal zero generator,external tube (charcoal)

2.2 Procedure at the proficiency testing round:

	yes	no
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Was the result of the calibration used for data correction?	x	

2.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: HORIBA
 Modell: APSA 370
 Year of construction: 2009

2.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 2

Type of calibration function (linear, non-linear, bracketing):

The uncertainty of the results is based on following calculation: calculation:home made software

3 CO**3.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?**

Amount of CO (in $\mu\text{mol/mol}$)	5,15,50,75,90 ppm
Expanded uncertainty (U) in $\mu\text{mol/mol}$ or %	1%
Manufacturer	Linde
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other))	DKD EN 17025
Dilution method (if yes which/no)	no

Information of traceability of national standards or of S.I units (name of the laboratory, who issued the calibration certificate; for example. national reference laboratory of Umweltbundesamt).

Used zero gas: internal zero generator, external tube (Hopcalit)

3.2 Procedure at the proficiency testing round:

	ja	nein
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Was the result of the calibration used for data correction?	x	

3.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: HORIBA

Modell: APNA 370

Year of construction: 2009

3.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 5

Type of calibration function (linear, non-linear, bracketing):

The uncertainty of the results is based on following calculation: home made software

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Landesagentur für Umwelt Bozen - Südtirol
Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer / Oswald Vigl
Kontakt: Labor für physikalische Chemie
Telefonnummer: +390471417140
E-Mail: guenther.kerschbaumer@provinz.bz.it / oswald.vigl@provinz.bz.it

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	800 / 801 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2 %
Hersteller	Air Liquide #ADPF94G (Werk Krefeld)
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	LfU Bozen rückführbar auf cert. 071/17 ÖKD30 (Prüfgas aus Messstation – halbjährlicher Abgleich mit kalibriertem Referenzstandard)
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: Filterpatrone (Silikagel, Purafil, Aktivkohle, Molekularsieb 4A)

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba (Feldmessgerät original aus einer Messstation, kein Filterwechsel, mit einem Feldstandard justiert)

Modell: APNA 370

Baujahr: 22.07.2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Zero / Span)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

für NO₂: $\sqrt{[(\text{dev. std})^2 + (u \text{ Prüfgasflasche})^2 + (u \text{ Kurzzeit Drift})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2 + (u \text{ Konvertereffizienz})^2 + (\text{Messunsicherheit des im Prüfgas enthaltenen NO}_2 \text{ Gehaltes, welcher bei der Justierung des NO Kanals und des NO}_x \text{ Kanals berücksichtigt werden muss, jeweils in Abhängigkeit von der gemessenen NO Konzentration})^2]}$

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	149 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,3%
Hersteller	Air Liquide #6822G (Werk Krefeld)
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	LfU Bozen rückführbar auf VSL #176466SG Nov.2017 (Prüfgas aus Messstation – halbjährlicher Abgleich mit kalibriertem Referenzstandard)
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: Filterpatrone (Silicagel, Aktivkohle)

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes nur vor dem Ringversuch	X	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?		X

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron (Feldmessgerät original aus einer Messstation, kein Filterwechsel, mit einem Feldstandard justiert)

Modell: TEI43i-TLE

Baujahr: 2007

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Zero / Span)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in µmol/mol)	10,01 µmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in µmol/mol od. %	2 %
Hersteller	Messer Schweiz #D492604
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	LfU Bozen rückführbar auf cert. 0??/15 ÖKD30 (Prüfgas aus Messstation – halbjährlicher Abgleich mit kalibriertem Referenzstandard)
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: Filterpatrone (CO-Scrubber)

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba (Feldmessgerät original aus einer Messstation,
kein Filterwechsel, mit einem Feldstandard justiert)

Modell: APMA 370

Baujahr: 22.01.2009

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (Zero / Span)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

*Die Richtigstellung des Kalibrierscheines für CO wurde im Zuge des Zwischenberichts geliefert.
CO ist rückführbar auf cert. 064/15 ÖKD30.*

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Burgenländischen Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Michael Fericsak
Kontakt: Abteilung 4, Hauptreferat Natur-, Klima- und Umweltschutz (Luftgütemessnetz),
 A-7000 Eisenstadt, Landhaus, Europaplatz 1,
Telefonnummer: 02686 600 2834
E-Mail: post.a4-luft@bglld.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	740
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,41nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nullluftherzeugung

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 040/18

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

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA370

Baujahr: 2013

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:

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

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	145
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,56 nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Permeation und interner Nulllufferzeugung

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 042/18

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

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APSA 370

Baujahr: 2013

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:

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in µmol/mol)	16,37
Erweiterte Unsicherheit (U) in µmol/mol od. %	0,246
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 044/18

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

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA
 Modell: APMA360
 Baujahr 2002

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:

Proficiency testing round for NO/NO₂, SO₂ and CO from 8th to 12th October 2018

Questionnaire on instruments and calibration standards

Organisation: Elektroinstitut Milan Vidmar
name of participant: Jaroslav Škantar and Nina Miklavčič
contact/address: Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija
telephone number: +38651302749 (Jaroslav Škantar), +38641846220 (Nina Miklavčič)
email: jaroslav.skantar@eimv.si; nina.miklavcic@eimv.si

1 NO/NO₂

1.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?

In case of multi-point calibration please copy the first and second row of the table below (see 1.4):

Amount of NO/NO _x (in nmol/mol)	768 / 770 nmol/mol
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	4,55 %
Manufacturer	Horiba & Messer (gas cylinder)
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	LMPS Slovenia, Messer Schweiz AG
Dilution method (if yes which/no)	Dilution of 202,4 ppm NO with zero gas with Horiba ASGU 370TS

Information of traceability of national standards or of S.I units (name of the laboratory, who issued the calibration certificate; for example. national reference laboratory of Umweltbundesamt):

Calibration of mass flow controllers in ASGU 370TS at accredited calibration laboratory for gas volume flow (certificate LMPS No. 14B25-1,-2,-3,-4).

Calibration of gas mixture (pressure cylinder in ASGU 370TS, certificate Messer Schweiz AG No. 20181130).

Zero gas used: silicagel, active carbon, molecular sieve and soda lime

1.2 Procedure at the proficiency testing round:

	yes	no
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Calibration of the NO-channel with NO	x	
Calibration of the NO _x -channel with NO	x	
Check with NO ₂		x
GPT	x	
Was the result of the calibration used for data correction?		x

1.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: Horiba
 Modell: APNA 370 Sr. N.: PYUMW6XA
 Year of construction: 2009

1.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 2 points
 Type of calibration function (linear, non-linear, bracketing): linear
 The uncertainty of the results is based on following calculation: NO: $u^2 = u_{cal}^2 + u_{rep}^2 + u_{lin}^2$
 NO2: $u^2 = u_{cal}^2 + u_{rep}^2 + u_{lin}^2 + u_{con}^2$

2 SO₂

2.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?

Amount of SO ₂ (in nmol/mol)	300 nmol/mol
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	4,62 %
Manufacturer	Horiba & Messer (gas cylinder)
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	LMPS Slovenia, Messer Schweiz AG
Dilution method (if yes which/no)	Dilution of 80,3 ppm SO ₂ with zero gas with Horiba ASGU 370TS

Information of traceability of national standards or of S.I units (name of the laboratory, who issued the calibration certificate; for example. national reference laboratory of Umweltbundesamt):

Calibration of mass flow controllers in ASGU 370TS at accredited calibration laboratory for gas volume flow (certificate LMPS No. 14B25-1,-2,-3,-4).

Calibration of gas mixture (pressure cylinder in ASGU 370TS, certificate Messer Schweiz AG No. 20181130).

Used zero gas: silicagel, active carbon, molecular sieve and soda lime

2.2 Procedure at the proficiency testing round:

	yes	no
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Was the result of the calibration used for data correction?		x

2.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: Horiba

Modell: APSA 370 Sr. N.: UCGS6VFV

Year of construction: 2010

2.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 2

Type of calibration function (linear, non-linear, bracketing): linear

The uncertainty of the results is based on following calculation: $u^2 = u_{cal}^2 + u_{rep}^2 + u_{lin}^2$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

8. bis 12. Oktober 2018

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: +43 2742 9005 14163
E-Mail: stefan.haslinger@noel.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch 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 (HA0603) 907/914 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,8% (k=2)
Hersteller	Horiba, Flasche Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Eigener Referenzstandard
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit 200 ppm NO Flasche (in N ₂)

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 07/2018 vom 28.02.2018

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APNA 370
 Baujahr: 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: $u_{NO} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{rNO}^2)$
 $u_{NOx} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{rNO}^2 + u_{rNOx}^2)$

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

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	Transferkalibrator (HA0602) 178,4 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+ - 4,08 nmol/mol
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Permeation

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 048/2018

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APSA 370
 Baujahr: 2010

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

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in µmol/mol)	Transferkalibrator (HA1102) 11,70 µmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in µmol/mol od. %	+0,176 µmol/mol
Hersteller	Horiba, Flasche Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit 200 ppm CO Flasche (in syn. Luft)

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 049/2018

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle,

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APMA 370
 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: $u_i = \text{Wurzel}(u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_r^2)$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

15. bis 19. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: MA22 Wiener Umweltschutzabteilung
Namen der Teilnehmer: Ing. Andreas Gabler, Ing. Christina Kellner
Kontakt: 1200 Wien, Dresdner Strasse 45
Telefonnummer: 0676 8118 73776, 0676 8118 73777
E-Mail: andreas.gabler@wien.gv.at, christina.kellner@wien.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	885,3nmol/mol/ 890,5nmol/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).

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APNA-370
 Baujahr: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

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

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	169,6 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0,86%
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).

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APSA-370
 Baujahr: 2010

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: $u_i = \sqrt{u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_{\text{r}}}$

3 CO**3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	22,82 nmol/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).

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APMA-370
 Baujahr: 2017

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: $u_i = \sqrt{u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_{\text{r}}}$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 15. bis 19. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Kärntner Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Ing. Franz Hohenwarter
Kontakt: Flatschacherstrasse 70 9020 Klagenfurt
Telefonnummer: 004346353618072
E-Mail: franz.hohenwarter@ktn.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	775,1nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,63 nmol/mol
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA
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: interne Nullluft (Aktivkohle ,Natronklak, Molekularsieb,Silikagel)

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

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

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: $u_i = \sqrt{u^2_{kal} + u^2_{lin} + u^2_r}$

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

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	211,3 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,98 nmol/mol
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA
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: interne Nullluft (Aktivkohle, Natronklak, Molekularsieb, Silikagel),

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Elektron
 Modell: 43i
 Baujahr: 2006

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: $u_i = \sqrt{u^2_{kal} + u^2_{lin} + u^2_r}$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	18,31 $\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,275 $\mu\text{mol/mol}$
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA
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: Nullluft (Aktivkohle, Natronklak, Molekularsieb, Silikagel, CO scrubber)

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: 370
 Baujahr: 2017

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: $u_i = \sqrt{u^2_{kal} + u^2_{lin} + u^2_r}$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

8. bis 12. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: iC consulenten Ziviltechniker GesmbH
Namen der Teilnehmer: DI Martin Koller
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 den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	0 771,6 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0 11,57 nmol/mol (0,75%)
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien 10/2018
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, VSK # 289212, Zertifikat Nr. 3223126.02

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch?	vor	
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 S/N 4210

Baujahr: 2016

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (0 | 782,0 nmol/mol)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Erweiterte Messunsicherheit NO:

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

Erweiterte Messunsicherheit NO₂:

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

$u_{(rep.NO)}$ Messunsicherheit des jeweiligen NO HMW

$u_{(rep.NOx)}$ Messunsicherheit des jeweiligen NOx HMW

$u_{(cal)}$ Messunsicherheit Kalibrator (siehe Prüfschein) 0,75%

$u_{(lin.NO)}$ max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO 0,71 %

$u_{(lin.NOx)}$ max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO 0,71 %

$u_{(technik)}$ Messunsicherheit Techniker und restliche Umwelteinflüsse 0,5 %

Minimale Messunsicherheit (unter anderem für den Nullpunkt) wurden mit 0,4 nmol/mol für NO und 0,7 nmol/mol NO₂ angenommen.

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

15. bis 19. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Steiermärkische Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Schmidt Wolfgang / Tantscher Martin
Kontakt: Dipl.-Ing.(FH) Andreas Murg
Telefonnummer: 0316/8774167 oder 0676/86664167
E-Mail: andreas.murg@stmk.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	687 / 695
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	10,36 nmol/mol NO
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

Kalibrierschein Nr. 089/18

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA
 Modell: APNA 370 / WG9HXN6X
 Baujahr: 2018

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: gemäß Vorgabe UBA-Wien

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	279
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	6,54 nmol/mol SO ₂
Hersteller	CMK
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
 Kalibrierschein Nr. 033/18
 Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA
 Modell: APSA 370 / W8SH14BU
 Baujahr: 2014

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: gemäß Vorgabe UBA-Wien

3 CO**3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	14,57
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,229 $\mu\text{mol/mol}$ CO
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

Kalibrierschein Nr. 035/18

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA 370 / V21PRF2S

Baujahr: 2009

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: gemäß Vorgabe UBA-Wien

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 15. bis 19. Oktober 2018

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	PGG NO/NO _x 912/916,5 ppb Flasche NO/NO _x 797/800 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	PGG im Kalibrierpunkt 7,2 ppb
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 (Stickstoff 5.0, NO 2.5)
Crosscheck Dynamische Verdünnung Nr: 98060 (NO/N₂ Primärgas VSL Nr: 5603895)
ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 013/18

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb und Aktivkohle

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

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

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	PGG SO2 212,7 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	im Kalibrierpunkt 2,8 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: 4127A)**Crosscheck Statische Injektion Nr: 98023** (Synt. Luft KW-frei, SO₂ 3.8)**ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 015/18**

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 43i-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: ISO 6144, EUROLAB Leitfadens, QMSOP-GA-001/LG

3 CO**3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?**

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	PGG 19,05 ppm; Flasche 17,84 ppm
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	PGG im Kalibrierpunkt 0,43 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: 016/18**

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

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA-370

Baujahr: 2009

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

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 15. bis 19. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Waldschutz / Luftgüte
Namen der Teilnehmer: Oberhauser Thomas, Pöllmann Andreas
Kontakt: Bürgerstrasse 36, 6020 Innsbruck
Telefonnummer: +43 676 885084622, +43 676 885084621
E-Mail: thomas.oberhauser@tirol.gv.at, andreas.poellmann@tirol.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	638 / 646
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,50 %
Hersteller	Tiroler Landesregierung
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 036/18 + Transferabgleich Land Tirol
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD (Fa.Vögthlin)

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: getrocknete und gefilterte Pressluft (Purafil, Cromoxid, Aktivkohle, Molekularsieb)

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APNA 370
 Baujahr: 2011

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. Dem Vortrag des UBA – Wien vom 18.10.2017: Messunsicherheitsberechnung – Ergebnisse von Ringversuchen gasförmiger Luftschadstoffe

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

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	151,2
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,83 %
Hersteller	Tiroler Landesregierung
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 037/18 + Transferabgleich Land Tirol
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD (Fa.Vögthlin)

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: getrocknete und gefilterte Pressluft (Purafil, Aktivkohle, Molekularsieb)

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APSA 370
 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: Lt. Dem Vortrag des UBA – Wien vom 18.10.2017: Messunsicherheitsberechnung – Ergebnisse von Ringversuchen gasförmiger Luftschadstoffe

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in µmol/mol)	12,89
Erweiterte Unsicherheit (U) in µmol/mol od. %	2,50 %
Hersteller	Tiroler Landesregierung
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 041/18 + Transferabgleich Land Tirol
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD (Fa.Vögthlin)

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: getrocknete und gefilterte Pressluft
 (Purafil, Aktivkohle, Molekularsieb, CO-Scrubber)

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APMA 370
 Baujahr: 2017

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. Dem Vortrag des UBA – Wien vom 18.10.2017: Messunsicherheitsberechnung – Ergebnisse von Ringversuchen gasförmiger Luftschadstoffe

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

15. bis 19. Oktober 2018

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Salzburg

Namen der Teilnehmer: Ing. Martin Loibichler

Kontakt: Ing. Martin Loibichler

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

email: martin.loibichler@salzburg.gv.at

Rechnungsanschrift: Land Salzburg
Abteilung 5 Natur- und Umweltschutz, Gewerbe
Referat 5/02.: Immissionsschutz
Ulrich-Schreier-Straße 18
Postfach 527
A-5010 Salzburg

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für den Ringversuch 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: 765,5ppb, NO _x : 768,8ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5%
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:

Kalibrierschein UBA vom 05.02.2018 #018/18

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

1.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2017; SNr.: #RWG03BX0

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 den Ringversuch benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	SO ₂ : 147,7ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,69%
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:

Kalibrierschein UBA vom 05.02.2018 #021/18

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

2.2 Vorgehen beim Ringversuch:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo

Modell: 43i

Baujahr: 2012; SNr.: #JC 122 26 00 338

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 den Ringversuch benutzt?**

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	CO: 16,12ppm
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:

Kalibrierschein UBA vom 06.02.2018 #023/18

Verwendetes Nullgas: Vorlagenkoffer MCZ

Silicagel – Purafil – Aktivkohle – CO-Scrubber

3.2 Vorgehen beim Ringversuch:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch?	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

ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

Die Prüfgegenstände NO_x, SO₂ und CO wurden mit der Gasmischanlage der Ringversuchsanlage erzeugt und über die Ringleitung aus Borosilikatglas an die TeilnehmerInnen des Ringversuchs verteilt.

E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

- O₃: (auch zur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung):
Platz 1: TEI 49 C, S/N: 64071-341,
Platz 14: TEI 49 i, S/N: 1317957903
- NO: Platz 1: Horiba APNA 370, S/N: 300DPVAE
Platz 14: Horiba APNA 370, S/N: TLK34DAG,
- SO₂: Platz 1: TEI 43 c-TL, S/N: 66182-333
Platz 14: Teledyne API T100, S/N: 355
- CO: Platz 1: Horiba APMA360 CE, S/N: 8947040114
Platz 14: Horiba APMA 370, S/N: FOR0BX0T

E2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2018 eingesetzt:

Tabelle 66: Eingesetzte Verdünnungsgase bei der Eignungsprüfung 2018.

	Hersteller	Stoffmengenanteil	Analyselateranz des Herstellers	Trägergas
NO	Messer	53,4 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂
SO₂	Messer	40,5 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂
CO	Messer	1507 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂

E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen

Während der Eignungsprüfung wurden die Temperaturwerte im Messraum und im Raum der Gasmischanlage gemessen und aufgezeichnet. Zusätzlich wurden der barometrische Luftdruck und die Taupunkttemperatur des Trägergases im Raum der Gasmischanlage gemessen und dokumentiert.

E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität

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 4. Oktober 2018 für den ersten Durchlauf, sowie am 15. Oktober 2019 für den zweiten Durchlauf, 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:

- < 1,5 nmol/mol für SO₂
- < 0,2 µmol/mol für CO
- < 2,5 nmol/mol für NO₂ und NO in Mischungen

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 TeilnehmerInnen. 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 2,5 nmol/mol
- CO: < 1 % oder 0,3 µmol/mol
- NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum beider Durchgänge der Eignungsprüfung 2018 eingehalten. Die Kriterien der Homogenität für Ozon wurden über den gesamten Zeitraum der Eignungsprüfung sehr gut eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten SO₂, CO und NO/NO₂ in der ersten Eignungsprüfungsrunde betragen:

- SO₂: 0,3 nmol/mol
- CO: 0,01 µmol/mol
- NO, NO₂: 0,7/0,5 nmol/mol

Als maximale Abweichungen für den zweiten Durchgang wurden folgende Stoffmengenanteile ermittelt:

SO ₂ :	0,3 nmol/mol
NO/NO ₂ :	0,7/0,6 nmol/mol
CO:	0,01 µmol/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 Kalibriergas jeweilige Komponente* – u_{Kal}
Der Beitrag der verwendeten Kalibriergasgemische zur Messunsicherheit ergibt sich aus dem gültigen Kalibrierschein der Gasmischung (Gasflasche oder Kalibrator). Im Allgemeinen werden Kalibriergasgemische 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 %.

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 Nachweisgrenze (u_{NWG}) und der Streuung der aktuellen Messwerte (u_{repeat}) kombiniert:

$$u_{\text{Null}} = \sqrt{(u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{repeat}}^2)} \quad \text{Formel 4}$$

Beispiele für Nachweisgrenzen von Messgeräten mit Eignungsprüfungen gemäß ÖNORM EN 14211, ÖNORM EN 14212 und ÖNORM EN 14626 sind:

Komponente	Nachweisgrenze
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:

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + u_{repeat}^2 + u_{LoF}^2)} \quad \text{Formel 5}$$

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteilen von NO_2 wird, da es aus (NO_x – NO) gebildet wird, die doppelte Streuung des NO_2 -Signals als zufälliger Beitrag herangezogen.

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + (4u)_{repeat\text{NO}_2}^2 + u_{LoF}^2)} \quad \text{Formel 6}$$

Für die Berechnung der erweiterten Messunsicherheit wird die kombinierte Messunsicherheit mit dem Faktor 2 multipliziert (95 % Vertrauensniveau).

$$U_x = 2u_x \quad \text{Formel 7}$$

Die Messunsicherheiten für Ozon können direkt mit der im Kalibrierschein angegebenen Funktion errechnet werden.

Die vom Umweltbundesamt ermittelten Referenzwerte werden mit den Ergebnissen der TeilnehmerInnen nach ISO 13582: 2005 überprüft und den berechneten robusten Mittelwerten und ihren Standardabweichungen gegenübergestellt.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

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

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

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Im Report „Eignungsprüfung zur Immissionsmessung 2018“ sind die Resultate dieser Eignungsprüfung zusammengefasst. Getestet wurde die Kompetenz bei der Messung von Kohlenstoffmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickoxide (NO und NO₂). Die Messergebnisse aller 15 teilnehmenden Organisationen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Ringversuche der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Seit Februar 2010 bietet das Umweltbundesamt in regelmäßigen Abständen den BetreiberInnen von nationalen und internationalen Luftgütemessnetzen, Referenzlaboratorien, sowie Messgeräte-HerstellerInnen, ZivilingenieurInnen und Labors für Immissionsmessungen die Gelegenheit, die Messgenauigkeit ihrer Anlagen zu unterschiedlichen Luftschadstoffen in Ringversuchen zu überprüfen.