

**Eignungsprüfung zur
Immissionsmessung 2022
Auswertung der Eignungsprüfung
für NO/NO₂ und O₃**

**Proficiency Testing for
Gaseous Air Pollutants 2022
Evaluation for NO/NO₂ and O₃**

BERICHT/REPORT

Ausgabe/Edition 1 – 13.03.2023

Dieser Report umfasst 144 Seiten.
This report comprises 144 pages.



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/>

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

Autor:innen

Nicole Klösch

Marina Fröhlich

Andreas Wolf

Leitung Eignungsprüfungen (IM)

Siegmond Böhmer

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

Koordination Eignungsprüfungen

Nicole Klösch

Telefon:+43-(0)1-313 04-5883

Stv. Marina Fröhlich

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

Genehmigung/Freigabe des Berichts

Leitung Eignungsprüfungen: Siegmond Böhmer

Art des Berichts und Ausgabedatum:

Endbericht; März 2023

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

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023

Alle Rechte vorbehalten

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	6
1 EINLEITUNG.....	7
2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG	8
3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE	12
4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	14
5 AUSWERTUNG DER DATEN	22
5.1 z'-score Auswertung	22
5.2 E_n-Nummer Auswertung.....	28
5.3 Bias und Messunsicherheit.....	34
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	43
ANHÄNGE.....	44
ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	45
A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit.....	46
A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen.....	47
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	48
ANHANG C: BERICHTETE WERTE	52
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	101
ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS- ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	140
E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte	140
E2 Herstellung der Prüfgegenstände	140
E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen.....	140
E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität	141
E4.1 Eignungsprüfungsrunde 10.-13.10.2022.....	141
E4.2 Eignungsprüfungsrunde 17.-20.10.2022.....	142
E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte.	143

ZUSAMMENFASSUNG

Im Oktober 2022 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor Eignungsprüfungen für Betreiber von Immissionsmessnetzen. Diese dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Es wurden Messungen der Luftschadstoffen Ozon (O₃) und Stickstoffoxide (NO/NO₂) durchgeführt.

Aufgrund der Corona Pandemie wurde bei den heurigen Eignungsprüfungen wieder Maßnahmen ergriffen, um die Sicherheit der Teilnehmer:innen zu gewährleisten und das Risiko einer allfälligen Ansteckung möglichst gering zu halten. Es wurden fixe Arbeitsplätze zugewiesen und Desinfektionsmittel bereitgestellt.

Die Ergebnisse aller 13 Teilnehmer:innen 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. Der Referenzwert wurde vom Umweltbundesamt ermittelt und gegen den „robusten Mittelwert“ der Ergebnisse der Teilnehmer:innen (gemäß ISO 13528) getestet.

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

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2022 sind insgesamt äußerst zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der Teilnehmer:innen wieder.

Für die Komponenten NO, NO₂ und O₃ haben alle Messgeräte vollkommen (a1) bis zufriedenstellende (a3) Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle 6 bis Tabelle 11).

Für die Komponenten O₃ haben bis auf drei Messgeräte alle vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Ein Messgerät liegt bei hohen Stoffmengenanteilen dreimal und einmal bei niedrigen Stoffmengenanteilen außerhalb des En-Kriteriums (a3 Bewertung); bei zwei Messgeräten wird die Messunsicherheit jeweils einmal größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung angegeben und daher mit a2 bewertet.

Für die Komponente NO haben alle Messgeräte bis auf vier vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Ein Messgerät hat bei geringen Stoffmengenanteilen a3 erhalten, ein zweites Messgerät eine a3-Bewertung im Nullgas erhalten und zwei weitere Messgeräte wurden mehrere Male mit a2 bewertet.

Auch bei NO₂ haben alle bis auf vier Messgeräte vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erhalten. Ein Messgerät lag bei niedrigen Stoffmengenanteilen einmal, ein anderes dreimal außerhalb des En-Kriteriums (a3-Bewertung). Bei zwei Messgeräten war die Messunsicherheit einmal bzw. mehrerer Male größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung angegeben und daher mit a2 bewertet.

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

Im Oktober 2023 ist die nächste Eignungsprüfungsrunde für die Luftschadstoffe NO, NO₂, CO und SO₂ geplant.

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung

Corona Pandemie

Auswerteverfahren

Bewertungskriterien

Ergebnisse Komponente O₃

Ergebnisse Komponente NO

Ergebnisse Komponente NO₂

nächste Eignungsprüfung im Herbst 2023

SUMMARY

<i>interlaboratory comparison</i>	Beginning of October 2022 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparison for air quality network operators. The tests were carried out at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants ozone (O ₃) and nitrogen oxides (NO and NO ₂).
<i>Corona pandemic</i>	Due to the Corona pandemic, measures were taken for the proficiency tests to ensure the safety of the participants during the proficiency test and to keep the risk of possible infection as low as possible. Fixed workplaces were assigned and disinfectants were provided.
<i>evaluation of measurement results</i>	The results of all 13 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).
<i>criteria for evaluation</i>	The compliance with a common criterion (z'-score) and an individual criterion (E _n -number as well as the measurement uncertainty of the results were evaluated. Overall, the results of the proficiency testing 2022 are extremely satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.
<i>results of O₃</i>	For component O ₃ , the results were fully satisfactory (a1) except for three measuring instruments. One measuring instrument is three times outside the E _n criterion for high substance volume fractions and once for low substance volume fractions (a3 rating); for two measuring instruments, the measurement uncertainty is in each case greater than the standard deviation for conformity assessment and rated as a2.
<i>results of NO</i>	For the component NO all except four measuring instruments have achieved completely satisfactory results (a1). One measuring instrument received a3 for small amounts of substance and a second measuring instrument was rated a3 for zero gas. Two other measuring instruments received several a2.
<i>results of NO₂</i>	Also for NO ₂ , all except four measuring devices obtained completely satisfactory results (a1). One measuring instrument was once outside the E _n criterion, another one three times (a3 rating). In the case of two measuring instruments, the measurement uncertainty was greater than the standard deviation for the conformity assessment and was rated as a2. In general, it is stressed, that results of the proficiency testing down to a3 represent good monitoring results fulfilling the requirements. Results have improved steadily since 2010 or maintained at the same high quality level as in previous years.
<i>next proficiency testing round</i>	The next proficiency testing round for NO, NO ₂ , CO and SO ₂ will take place in October 2023.

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.

Vom 10. bis 13.10.2022 und von 17. bis 20.10.2022 wurden die Messsysteme von 13 teilnehmenden Organisationen an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai getestet. Es wurden Messungen für die Luftschadstoffe Ozon (O₃) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt. Die Ergebnisse beider Eignungsprüfungen werden im vorliegenden Bericht zusammengefasst.

Das Umweltbundesamt hat vom 13. bis 16.05.2019 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 mit durchgehender a1 Bewertung teilgenommen. Damit können die Ergebnisse der vorliegenden Eignungsprüfung mit denen der anderen europäischen Referenzlaboratorien und dem ERLAP verknüpft werden.

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

Die Rückführung der Referenzwerte ist in Anhang A angeführt, die Ergebnisse der Validierung der Referenzwerte der Eignungsprüfung sind im Anhang B beschrieben. In Anhang C und Anhang D sind die berichteten Werte und die von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen 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 Teilnehmer:innen unterliegen ausdrücklich nicht der Vertraulichkeit und werden im Bericht veröffentlicht.

**Ziele einer
Eignungsprüfung**

**gemessene
Luftschadstoffe**

**Aufbau
des Berichtes**

2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG

Die Eignungsprüfung 2022 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai 102–112 im 20. Wiener Gemeindebezirk statt.

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



Teilnehmer:innen

An den Eignungsprüfungen nahmen Messtechniker:innen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Burgenland, Oberösterreich, Steiermark, Salzburg, Kärnten und Tirol teil. Außerdem waren Vertreter:innen der iC consulenten Ziviltechniker GesmbH, Eurofins NUA – Umwelt GmbH & Co. KG, das Umweltbundesamt Messnetz sowie auch die international teilnehmenden Organisationen Infraseriv GmbH & Co Höchst KG und das Wehrwissenschaftliche Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB) vertreten (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
*	2	B
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	3	C
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	3	D
Amt der Salzburger Landesregierung	4	E
Infraseriv GmbH & Co. Höchst KG	4	F
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	5	G
Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB)	6	H
Amt der Tiroler Landesregierung	7	I
iC consulenten Ziviltechniker GesmbH	8	J
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	9	K
Eurofins NUA	10	L
Amt der Burgenländischen Landesregierung	11	M
Messnetz Umweltbundesamt	12	N
Amt der Kärntner Landesregierung	13	O
Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)	14	P

Anmerkung: -* nicht besetzter Arbeitsplatz

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

An den Arbeitsplätzen 1 und 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut und betrieben. Für die Eignungsprüfung vom 10.-13.10.2022 sowie vom 17.-20.10.2022 wurde jeweils am Messplatz 1 der Referenzwert von NO/NO₂ und O₃ ermittelt.

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

Tabelle 2: Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.

Organisationen	Gerätetyp NO _x	Gerätetyp O ₃
Umweltbundesamt (Referenz Platz 1)	Horiba APNA-370	Thermo Fischer TEI 49C
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	Horiba APNA-370	Teledyne API T400
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	Horiba APNA-370	Teledyne API T400
Amt der Salzburger Landesregierung	Horiba APNA-370	Teledyne API 400T
Infraserv GmbH & Co. Höchst KG	-	Horiba APOA-370
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	Horiba APNA-370	Thermo Electron TEI 49i
Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB)	Environnement S.A AC32M	Environnement S.A O342M
Amt der Tiroler Landesregierung	Horiba APNA-370	Horiba APOA 370
iC consulenten Ziviltechniker GmbH	Teledyne API T200	-
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	Horiba APNA-370	Horiba APOA 370
Eurofins NUA	Horiba APNA-370	-
Amt der Burgenländischen Landesregierung	Horiba APNA-370	Teledyne API T400
Messnetz Umweltbundesamt	Thermo Fischer TEI 42iTL	Teledyne API 400E
Amt der Kärntner Landesregierung	Horiba APNA-370	Teledyne API T400
Umweltbundesamt (Homogenität, Platz 14)	Horiba APNA-370	Thermo Electron TEI 49i

Abbildung 2:
Ringanlage mit
aufgebauten Geräten
(© Christina Kellner)



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 und O₃ beschickt wurde. Den detaillierten zeitlichen Ablauf der Eignungsprüfung gibt Tabelle 3 und Tabelle 4 wieder.

Abbildung 3:
Anschließen der
Messgasleitung an die
Ringleitung
zu Beginn der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 4:
Vertreter:innen
der teilnehmenden
Organisationen während
der Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)





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



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



Abbildung 7:
konzentriertes Arbeiten
während der Eignungs-
prüfung
(© Umweltbundesamt)

3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE

Der genaue zeitliche Verlauf sowie die Stoffmengenanteile sind in der nachfolgenden Tabelle für die Eignungsprüfungsrunde dargestellt.

Tabelle 3: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschadstoffe (10.–13.10.2022).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	O ₃
10.10.2022 09:00			Aufbau/Einlaufen				
			Kalibrierung				
11.10.2022 11:00	NO/NO _x /O ₃ NG1	01:30	Start NO/NO _x /O ₃	0			
11.10.2022 12:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480	
11.10.2022 14:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480	
11.10.2022 16:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480	
11.10.2022 18:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480	
11.10.2022 20:30	NO/NO _x /O ₃ NG2	01:30	0				
11.10.2022 22:00	NO/NO _x 5	02:00		450		450	
12.10.2022 00:00	NO/NO _x 6	02:00		250	200	450	
12.10.2022 02:00	O ₃ 1	02:00					200
12.10.2022 04:00	NO/NO _x 7	02:00		250		250	
12.10.2022 06:00	NO/NO _x 8	02:00		130	120	250	
12.10.2022 08:00	O ₃ 2	02:00					120
12.10.2022 10:00	NO/NO _x 9	02:00		125		125	
12.10.2022 12:00	NO/NO _x 10	02:00		35	90	125	
12.10.2022 14:00	O ₃ 3	02:00					90
12.10.2022 16:00	NO/NO _x 11	02:00		80		80	
12.10.2022 18:00	NO/NO _x 12	02:00		35	45	80	
12.10.2022 20:00	O ₃ 4	02:00					45
12.10.2022 22:00	NO/NO _x 13	02:00		40		40	
13.10.2022 00:00	NO/NO _x 14	02:00		20	20	40	
13.10.2022 02:00	O ₃ 5	02:00					20
13.10.2022 04:00	NO/NO _x 15	02:00		10	10	20	
13.10.2022 06:00	O ₃ 6	02:00					10
13.10.2022 08:00	NO/NO _x 16	02:00		470	10	480	
13.10.2022 10:00	NO/NO _x 17			360	120	480	
13.10.2022 12:00	NO/NO _x /O ₃ NG3	01:30	0				
13.10.2022 13:30			Ende NO/NO _x /O ₃				

Tabelle 4: Zeitlicher Ablauf und jeweiliger Stoffmengenanteil der Luftschadstoffe (17.-20.10.2022).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)	Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	O ₃
17.10.2022 09:00							
18.10.2022 11:00	NO/NO _x /O ₃ NG1	01:30	Start NO/NO _x /O ₃	0			
18.10.2022 12:30	NO/NO _x 1	02:00		470	10	480	
18.10.2022 14:30	NO/NO _x 2	02:00		420	60	480	
18.10.2022 16:30	NO/NO _x 3	02:00		360	120	480	
18.10.2022 18:30	NO/NO _x 4	02:00		470	10	480	
18.10.2022 20:30	NO/NO _x /O ₃ NG2	01:30		0			
18.10.2022 22:00	NO/NO _x 5	02:00		450		450	
19.10.2022 00:00	NO/NO _x 6	02:00		250	200	450	
19.10.2022 02:00	O ₃ 1	02:00					200
19.10.2022 04:00	NO/NO _x 7	02:00		250		250	
19.10.2022 06:00	NO/NO _x 8	02:00		130	120	250	
19.10.2022 08:00	O ₃ 2	02:00					120
19.10.2022 10:00	NO/NO _x 9	02:00		125		125	
19.10.2022 12:00	NO/NO _x 10	02:00		35	90	125	
19.10.2022 14:00	O ₃ 3	02:00					90
19.10.2022 16:00	NO/NO _x 11	02:00		80		80	
19.10.2022 18:00	NO/NO _x 12	02:00		35	45	80	
19.10.2022 20:00	O ₃ 4	02:00					45
19.10.2022 22:00	NO/NO _x 13	02:00		40		40	
20.10.2022 00:00	NO/NO _x 14	02:00		20	20	40	
20.10.2022 02:00	O ₃ 5	02:00					20
20.10.2022 04:00	NO/NO _x 15	02:00		10	10	20	
20.10.2022 06:00	O ₃ 6	02:00					10
20.10.2022 08:00	NO/NO _x 16	02:00		470	10	480	
20.10.2022 10:00	NO/NO _x 17			360	120	480	
20.10.2022 12:00	NO/NO _x /O ₃ NG3	01:30		0			
20.10.2022 13:30			Ende NO/NO _x /O ₃				

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

Herstellung der Gasmischungen

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

3 Schritte der Auswertung

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema in Form eines Flusschemas 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 Teilnehmer:innen berichtete Messunsicherheit kleiner als die Vorgabe, so wird das bestmögliche Resultat in der Eignungsprüfung erzielt.

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

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

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

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

zulässige Standardabweichung

Die zulässige Standardabweichung für Null bzw. einen niedrigen Stoffmengenanteil von NO₂ ist – da der NO₂-Stoffmengenanteil aus der Differenz NO_x- und NO-Messung gebildet wird – jedoch weitaus strenger als für NO und SO₂ angesetzt.

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

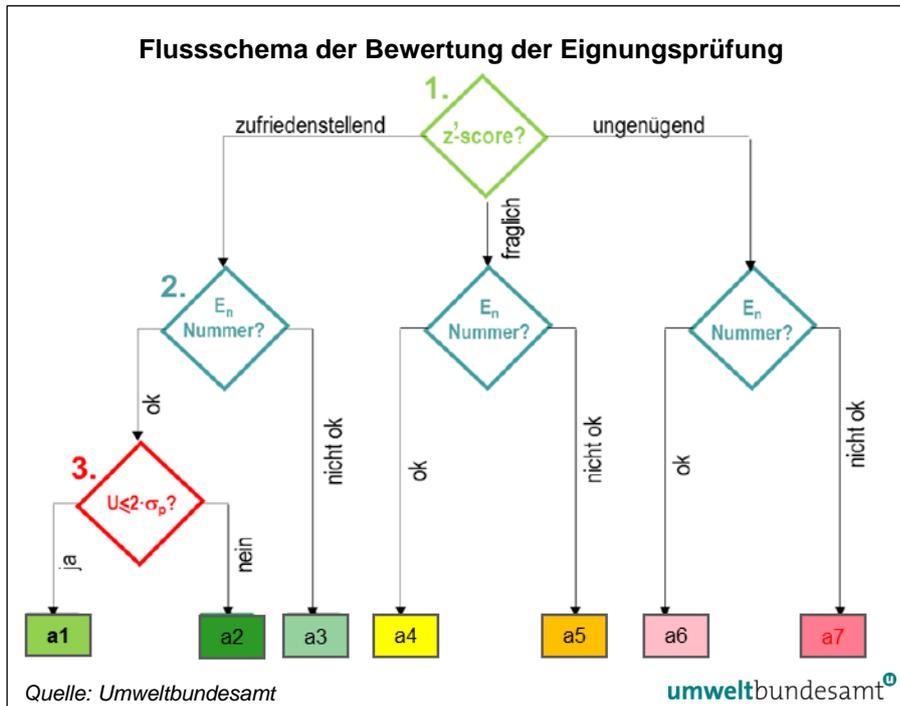


Abbildung 8:
Flussschema
der Bewertung
der Eignungsprüfung

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

Beurteilungsschema

Die Ergebnisse der Teilnehmer:innen der Eignungsprüfung 2022 sind für alle Komponenten und die für die Bewertung herangezogenen Stoffmengenanteile in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
O₃-Messungen der
Eignungsprüfung 2022
(10.-13.10.2022).

	Lauf Nummer	Referenzwert	C	E	G	I	K	M	O
O ₃ (nmol/mol)	NG1	0.4	a1						
	O ₃ 1	196.3	a1						
	O ₃ 2	118.3	a1						
	O ₃ 3	89.6	a1						
	O ₃ 4	45.9	a1						
	O ₃ 5	20.7	a1						
	O ₃ 6	10.2	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	NG2	0.5	a1						

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2022
(10.-13.10.2022).

	Lauf Nummer	Referenzwert	C	E	G	I	K	M	O
NO (nmol/mol)	NG1	-0.2	a1						
	NO 1	473.6	a1						
	NO 2	422.5	a1						
	NO 3	364.6	a1						
	NO 4	475.3	a1						
	NG2	0.0	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 5	445.6	a1						
	NO 6	255.8	a1						
	NO 7	242.5	a1						
	NO 8	131.9	a1						
	NO 9	115.4	a1						
	NO 10	34.4	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO 11	69.8	a1						
	NO 12	33.6	a1						
	NO 13	29.5	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO 14	19.0	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO 15	9.5	a1						
	NO 16	475.6	a1						
	NO 17	365.2	a1						
NG3	-0.5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

	Lauf Nummer	Referenzwert	C	E	G	I	K	M	O
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	-0.2	a1						
	NO ₂ 1	11.7	a1						
	NO ₂ 2	63.1	a1						
	NO ₂ 3	121.6	a1						
	NO ₂ 4	11.9	a1						
	NG2	-0.1	a1						
	NO ₂ 5	11.7	a1						
	NO ₂ 6	201.7	a1						
	NO ₂ 7	10.8	a1						
	NO ₂ 8	121.6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a2
	NO ₂ 9	10.4	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 10	91.5	a1						
	NO ₂ 11	10.2	a1						
	NO ₂ 12	46.6	a1						
	NO ₂ 13	10.1	a1						
	NO ₂ 14	20.8	a1						
	NO ₂ 15	10.0	a1						
	NO ₂ 16	11.7	a1	a1	a1	a1	a1	X	a1
	NO ₂ 17	122.0	a1						
	NG3	-0.1	a1						

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2022
(10.-13.10.2022).

	Lauf Nummer	Referenzwert	D	F	H	N
O ₃ (nmol/mol)	NG1	0.5	a1	a1	a1	a1
	O ₃ 1	197.8	a1	a1	a3	a1
	O ₃ 2	119.3	a1	a1	a3	a1
	O ₃ 3	90.5	a1	a1	a3	a1
	O ₃ 4	46.3	a1	a1	a1	a1
	O ₃ 5	21.0	a1	a1	a2	a1
	O ₃ 6	10.3	a1	a1	a3	a1
	NG2	0.4	a1	a1	a1	a1

Tabelle 9:
Evaluierung der
Ergebnisse der
O₃-Messungen der
Eignungsprüfung 2022
(17.-20.10.2022).

Tabelle 10:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2022
(17.-20.10.2022).

	Lauf Nummer	Referenz wert	D	H	J	L	N
NO (nmol/mol)	NG1	-0.4	a1	a1		a1	a1
	NO 1	472.0	a1	a2		a1	
	NO 2	419.4	a1	a2		a1	
	NO 3	361.0	a1	a2		a1	
	NO 4	471.4	a1	a2		a1	
	NG2	-0.3	a1	a1		a1	a1
	NO 5	441.4	a1	a2		a1	
	NO 6	251.8	a1	a1		a1	
	NO 7	240.0	a1	a1		a1	
	NO 8	129.8	a1	a1		a1	a2
	NO 9	114.1	a1	a1		a1	a2
	NO 10	33.1	a1	a1		a1	a1
	NO 11	69.0	a1	a1		a1	a2
	NO 12	32.8	a1	a1		a1	a1
	NO 13	29.2	a1	a1		a1	a1
	NO 14	18.5	a1	a1		a1	a1
	NO 15	9.3	a1	a1		a1	a1
	NO 16	474.1	a1	a2		a1	
	NO 17	363.5	a1	a2		a1	
NG3	-0.6	a1	a1		a1	a1	

	Lauf Nummer	Referenz wert	D	H	J	L	N
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	-0,2	a1	a1		a1	a1
	NO ₂ 1	12,3	a1	a2		a1	
	NO ₂ 2	64,2	a1	a2		a1	
	NO ₂ 3	122,7	a1	a2		a1	
	NO ₂ 4	12,7	a1	a1		a1	
	NG2	-0,1	a1	a1		a1	a1
	NO ₂ 5	12,5	a1	a1		a1	
	NO ₂ 6	202,3	a1	a2		a1	
	NO ₂ 7	11,5	a1	a1		a1	
	NO ₂ 8	121,9	a1	a2		a1	a2
	NO ₂ 9	10,7	a1	a1		a1	a3
	NO ₂ 10	91,6	a1	a1		a1	a2
	NO ₂ 11	10,4	a1	a1		a1	a3
	NO ₂ 12	46,9	a1	a1		a1	a3
	NO ₂ 13	10,3	a1	a1		a1	a1
	NO ₂ 14	21,1	a1	a1		a1	a1
	NO ₂ 15	10,2	a1	a1		a1	a1
	NO ₂ 16	12,9	a1	a1		a1	
NO ₂ 17	123,6	a1	a2		a1		
NG3	-0,1	a1	a1		a1	a1	

Tabelle 11:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2022.

Bei der Eignungsprüfung 2022 haben die Teilnehmer:innen D, E, F, G, I, K und L ausnahmslos für alle Komponenten und Stoffmengenanteile, an denen sie teilgenommen haben, die Bewertung a1 erhalten. Wobei die teilnehmende Organisation F nur bei O₃ teilgenommen hat und Organisation L nur für die Komponenten NO und NO₂ teilgenommen hat.

Ergebnisse

Teilnehmer:in O hat bei der Komponenten O₃ beim niedrigsten Stoffmengenanteil eine a2-Bewertung erhalten.

Teilnehmer:in C hat bei der Komponenten O₃ beim niedrigsten Stoffmengenanteil eine a2-Bewertung erhalten und in einem Fall bei NO eine a3-Bewertung im Nullpunkt (NG2), sonst ausnahmslos a1-Bewertungen.

Bei der Eignungsprüfung hat Teilnehmer:in M für die Komponente O₃ durchgehende die Bestnote erhalten. Neben drei a3-Bewertungen bei geringen NO-Stoffmengenanteilen und einer a3-Bewertung bei geringen NO₂-Stoffmengenanteilen wurden durchgängig a1-Bewertungen erhalten. Beim Durchgang 16 bei der Komponente NO₂ gab es einen Datenausfall.

Teilnehmer:in H hat bei hohen Stoffmengenanteilen bei NO sieben a2-Bewertungen erhalten, da die Messunsicherheit größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung war (Messunsicherheit ($> \sigma_{PT}$) wurde überschätzt). Teilnehmer:in H hat bei NO₂ sechs a2-Bewertungen. Ansonsten wurde für die Komponenten NO und NO₂ ausnahmslos die beste Bewertung erhalten. Bei tendenziell höheren Stoffmengenanteilen von O₃ hat der/die Teilnehmer:in vier a3-Bewertungen (En-Nummer nicht ok) und eine a2-Bewertung (z'-score zufriedenstellend, En-Nummer ok, die Messunsicherheit ist aber größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung).

Da Teilnehmer:in N ausschließlich im Hintergrundmessnetz an sehr niedrig belasteten Messstellen NO/NO₂/NO_x misst und der Arbeitsbereich für NO bei 0 bis 200 nmol/mol liegt, wurden von diesem/er Teilnehmer:in nur Ergebnisse in diesem Arbeitsbereich abgegeben. Für diesen NO-Arbeitsbereich hatte Teilnehmer:in N neben drei a2-Bewertungen, durchgehend bei allen NO Stoffmengenanteilen a1 Bewertungen. Für die Komponenten NO₂ wurden bei geringen bis mittleren Stoffmengenanteilen drei a3 erhalten. Für die Komponente O₃ wurde für alle Stoffmengenanteile ausnahmslos die beste Bewertung erhalten.

Teilnehmer:in J konnte bei der Komponente NO und NO₂ keine Werte abgeben, da das Messgerät einen technischen Defekt aufwies, der zu nicht nachvollziehbaren Ergebnissen führte.

Für die Komponenten NO, NO₂ und O₃ haben alle Messgeräte der Eignungsprüfung 2022 vollkommen (a1) bis zufriedenstellende (a3) Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle 6 bis Tabelle 11).

**Komponente NO₂,
NO und O₃**

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 jeder teilnehmenden Organisation für jeden Durchgang kombiniert. Aus Abbildung 9 sind daher systematische Abweichungen und Verbesserungspotenziale abzulesen. Liegt das z'-score über der x-Achse, so liegt eine Überschätzung von NO₂ vor, liegt es unterhalb der x-Achse so werden die NO₂-Werte unterschätzt, links der y-Achse wird NO unterschätzt, rechts der y-Achse wird NO überschätzt.

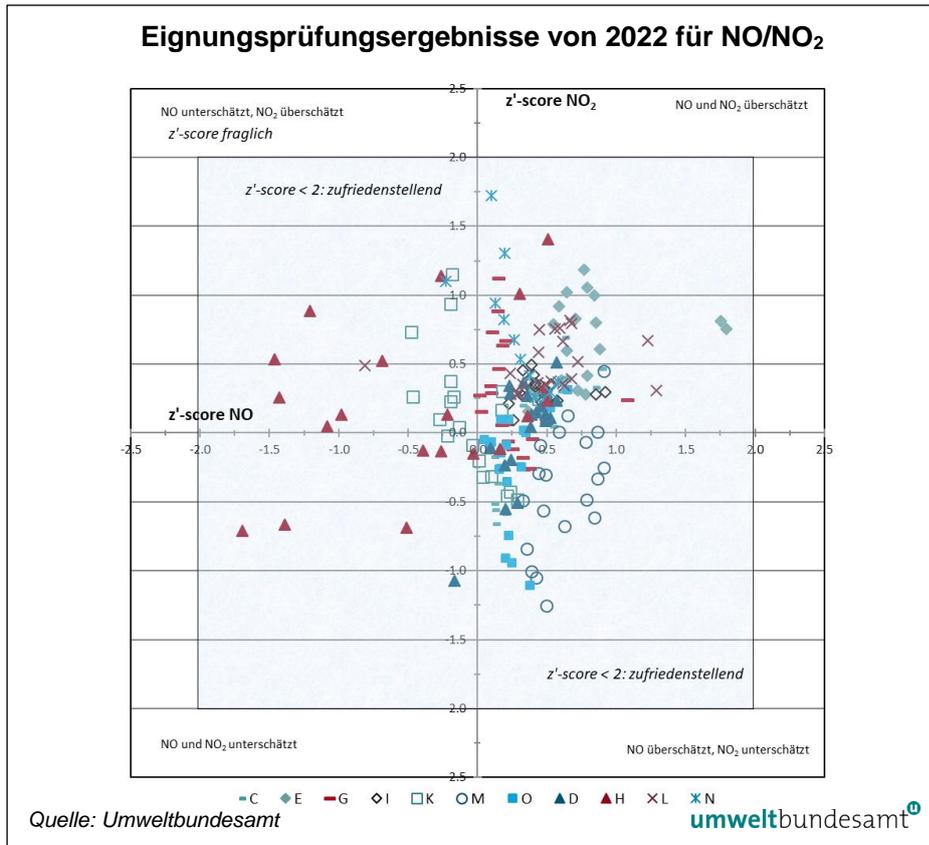


Abbildung 9:
Eignungsprüfungsergebnisse von 2022 für NO/NO₂ – dargestellt in Form des Youden Plots

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2022 ist sehr gut: 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 nahe um das Zentrum streut.

Sehr gutes Gesamtergebnis

Wird ausschließlich das auf externen Bewertungskriterien beruhende z'-score herangezogen, so sind für die Bewertungen jeder Konzentrationsstufe a1 bis a3 als bestanden, ab a4 als nicht bestanden anzusehen.

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

Ermittlung des Schwellenwertes

Mit dem z'-score wird überprüft, ob die Differenz zwischen einem gemessenen Stoffmengenanteil und dem Referenzwert (Bias) einen allgemeinen Schwellenwert nicht überschreitet. Der Schwellenwert orientiert sich an den Qualitätsanforderungen für die Messmethoden, wie sie in den europäischen Normen EN 14211, EN 14212, EN 14625 und EN 14626 beschrieben sind, und wird nach den Vorgaben des ERLAP ermittelt. Die Qualitätsanforderungen der Normen dienen wiederum dazu, die Einhaltung der gesetzlich geforderten Datenqualitätsziele, insbesondere der Messunsicherheit, zu gewährleisten.

zulässige Messunsicherheit

Die maximal zulässige erweiterte Messunsicherheit für Kalibriergase für die laufende Qualitätssicherung beträgt lt. den europäischen Normen 5 %; Nullgas darf kein Signal höher als die Nachweisgrenze der jeweiligen Komponente liefern. Daher wird eine zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung (σ_P) für jede Komponente durch lineare Interpolation berechnet. Die Interpolation erfolgt durch die maximal zulässige Abweichung von 2,5 % am Kalibrierpunkt (75 % des Zertifizierungsbereiches) und eine Abweichung in Höhe der Nachweisgrenze am Nullpunkt. Für 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.

Tabelle 12:
Berechnung der zulässigen Standardabweichung für die Konformitätsbewertung.

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

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

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

**Berechnung
des z'-score**

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

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

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

z'-score-Ergebnisse

Für O_3 , NO und NO_2 lag das z'-score bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis $+2$ und wurde damit für alle Teilnehmer:innen und Stoffmengenanteile als „zufriedenstellend“ bewertet (siehe Abbildung 10 bis Abbildung 18).

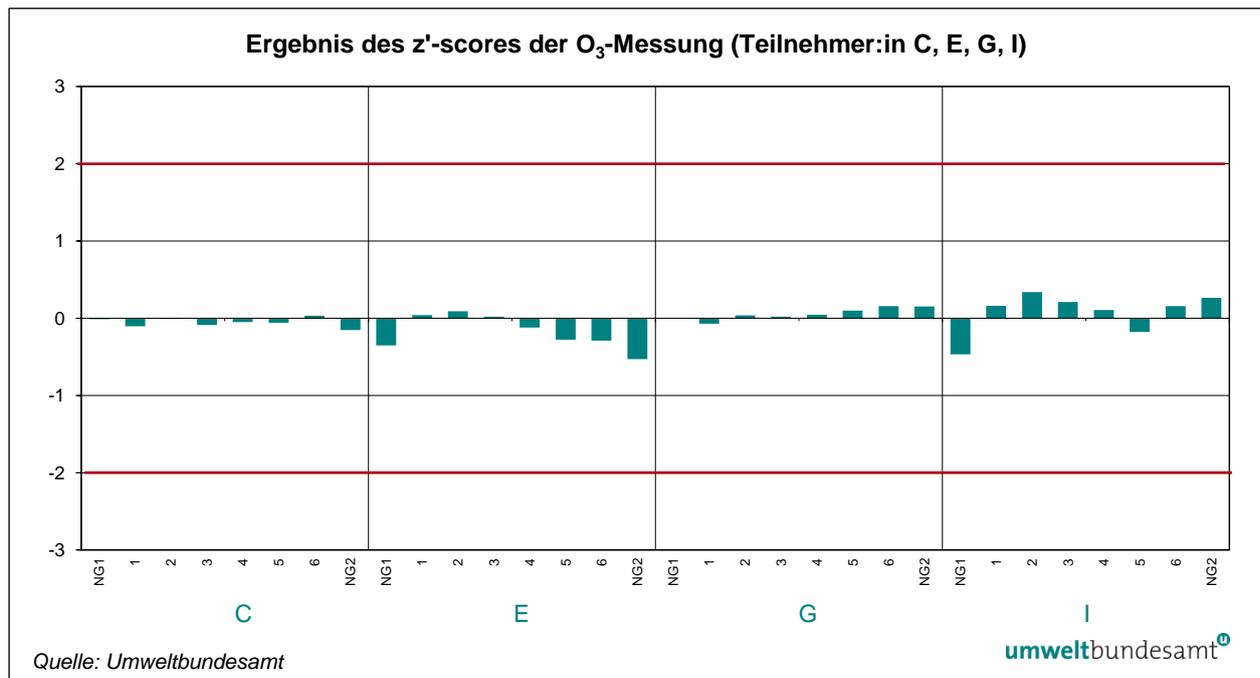


Abbildung 10: Ergebnisse des z'-score der O₃-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I).

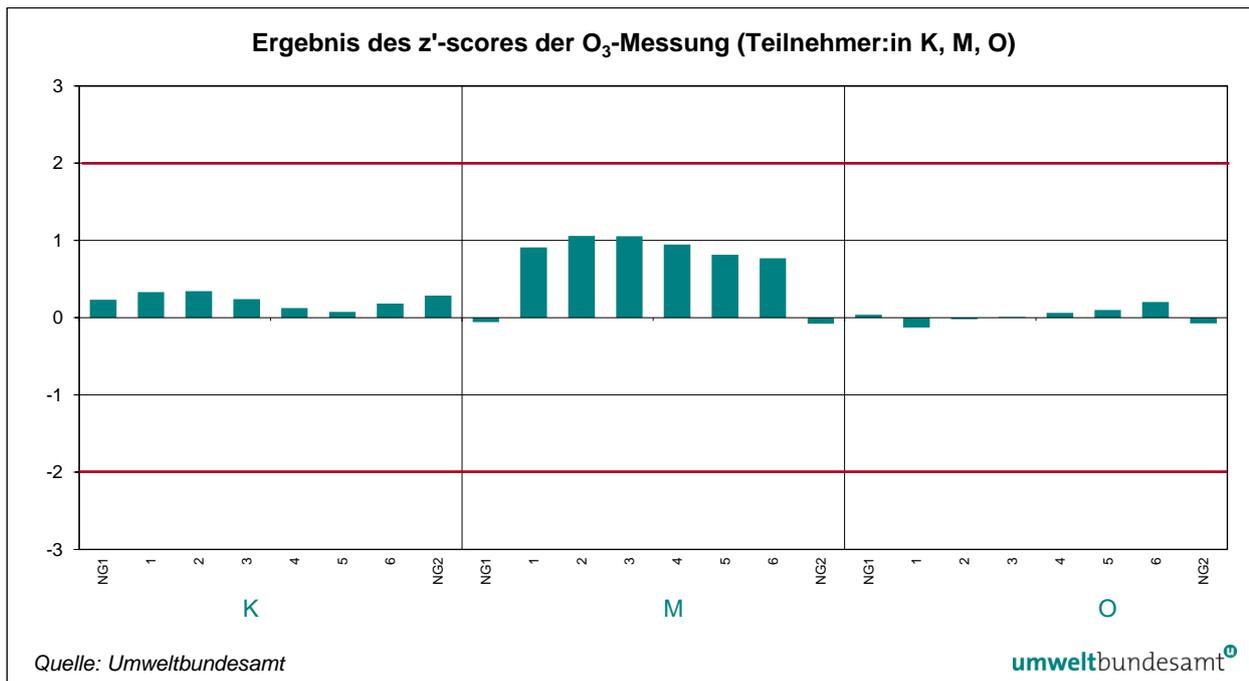


Abbildung 11: Ergebnisse des z'-score der O₃-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

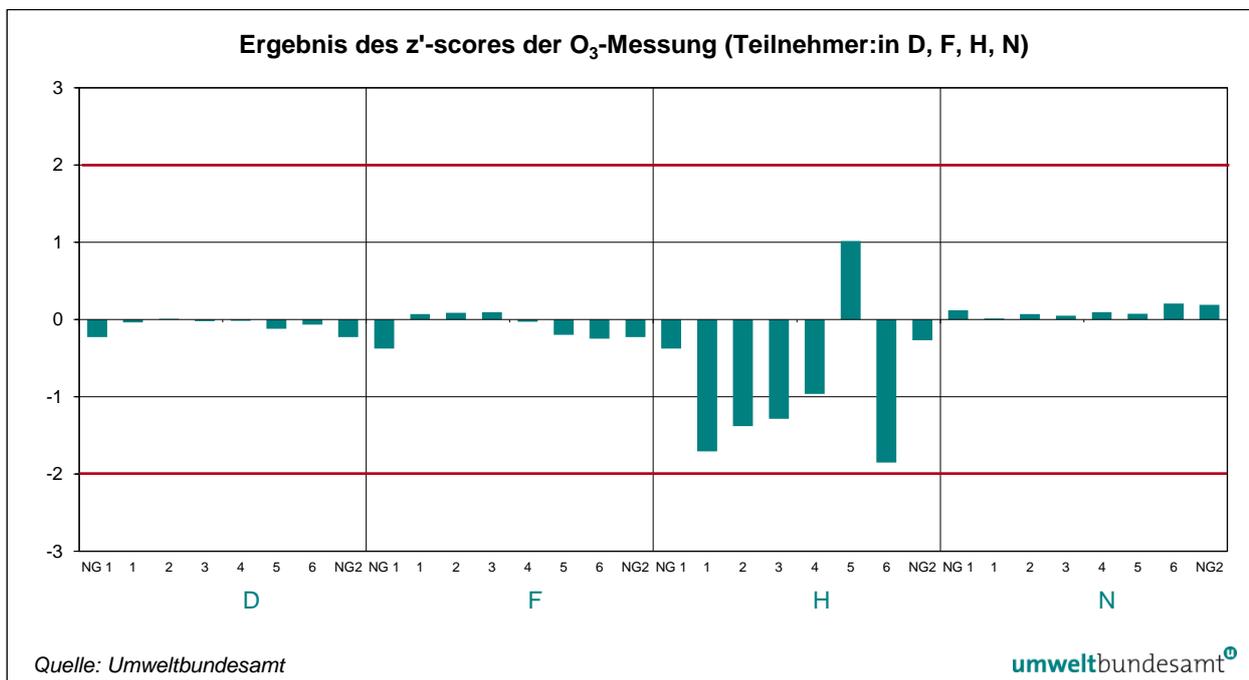


Abbildung 12: Ergebnisse des z'-score der O₃-Messungen (Teilnehmer:in D, F, H, N).

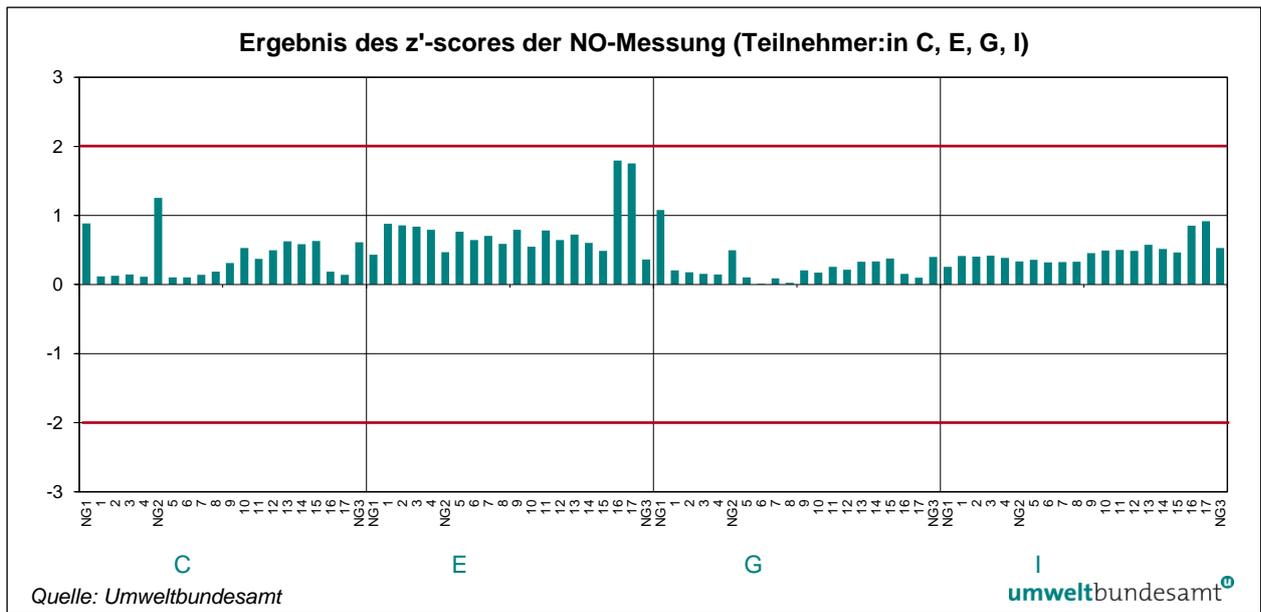


Abbildung 13: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I)

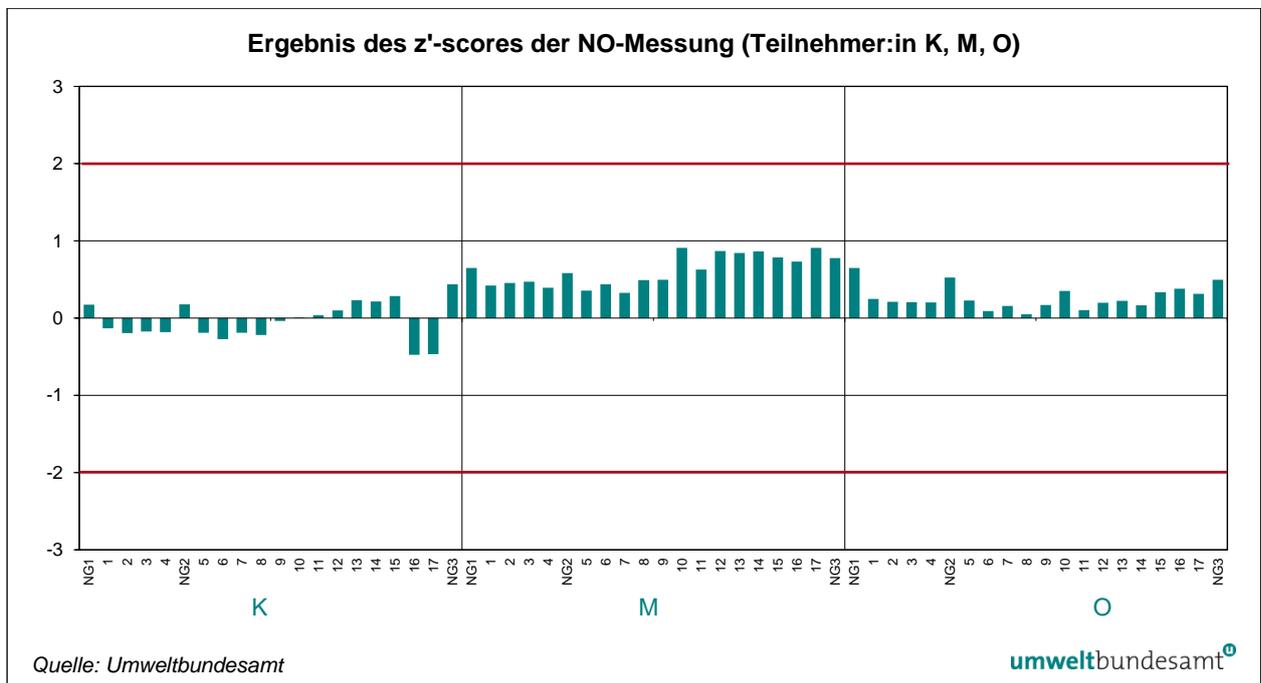


Abbildung 14: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

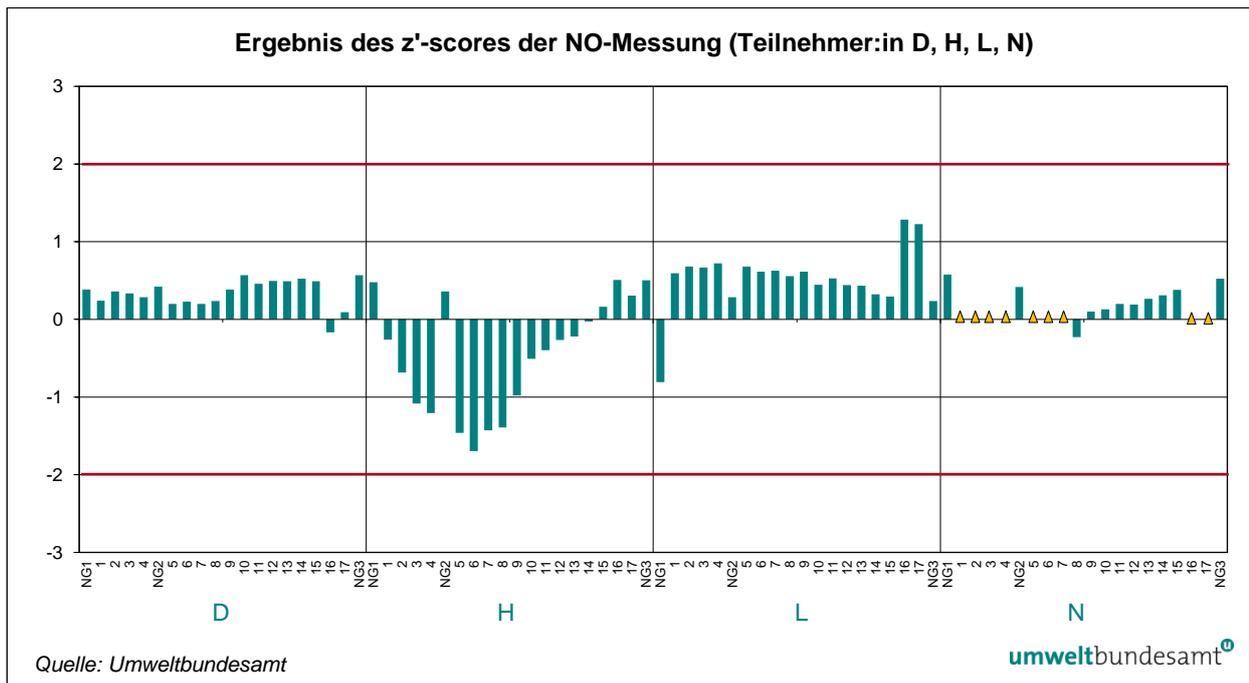


Abbildung 15: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N).

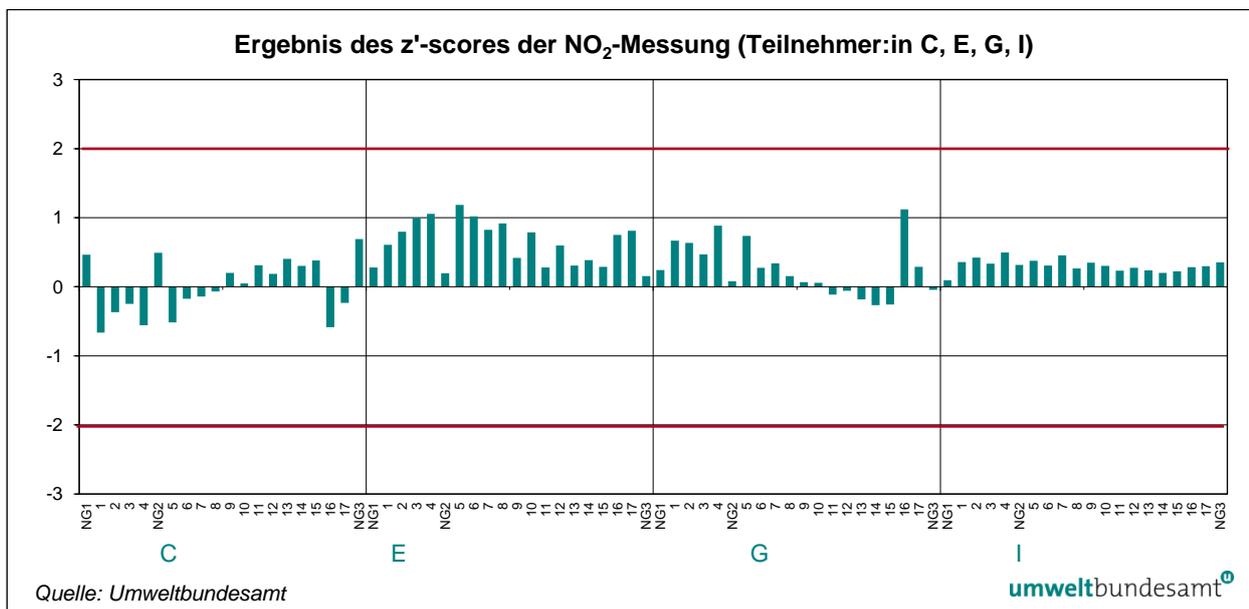


Abbildung 16: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I).

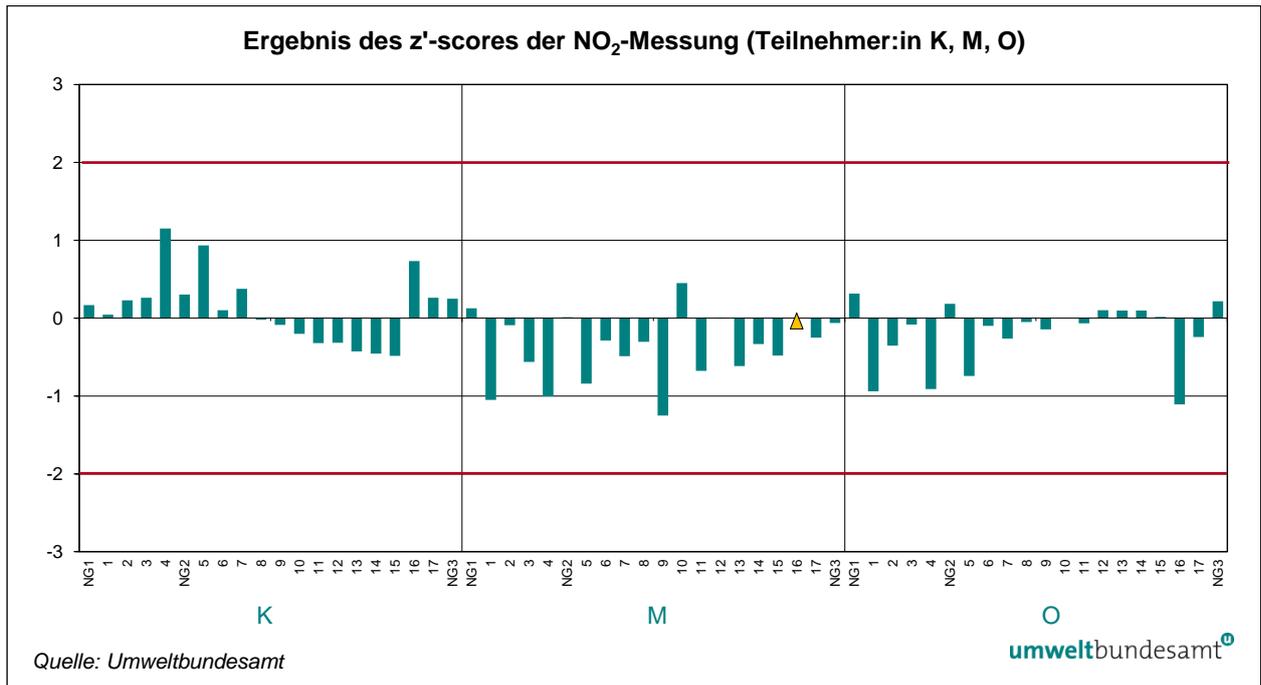


Abbildung 17: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

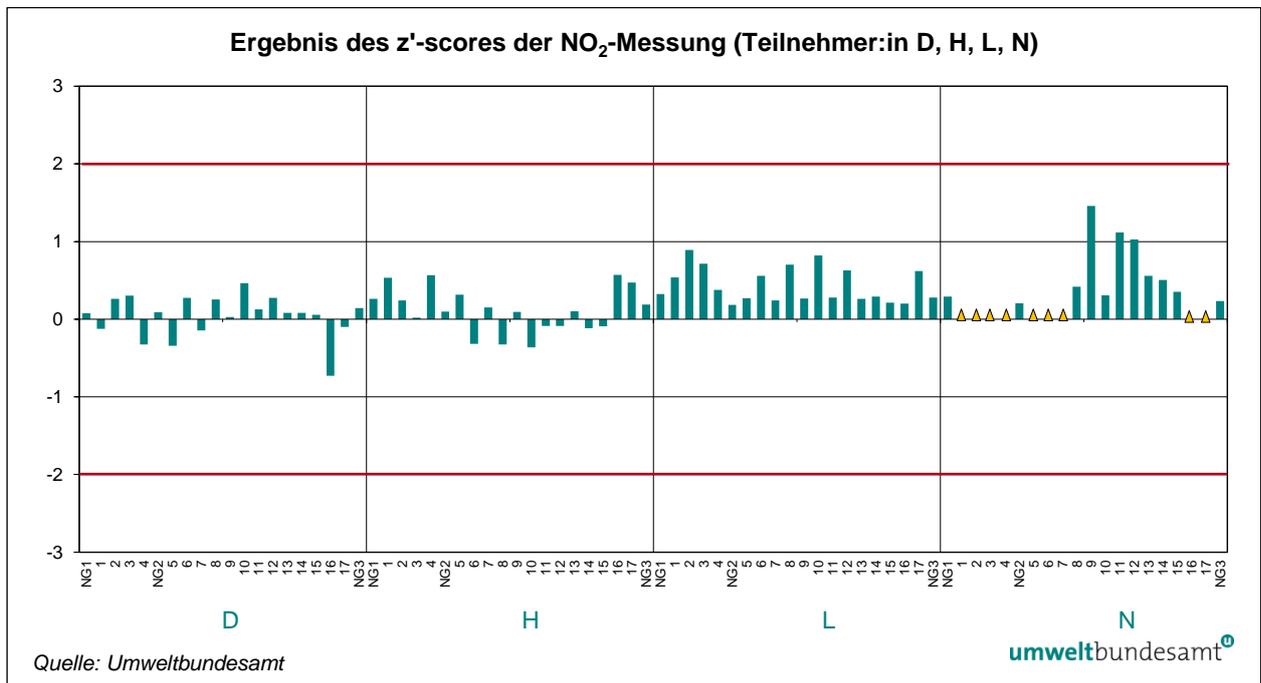


Abbildung 18: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N).

5.2 E_n-Nummer Auswertung

Ermittlung des Schwellenwertes

Die zweite statistische Kenngröße ist die E_n-Nummer. Diese prüft, ob die Differenz zwischen dem gemessenen Stoffmengenanteil und dem Referenzwert (Bias) einen für jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin individuellen Schwellenwert überschreitet. Dabei werden die erweiterten Messunsicherheiten der gemessenen Stoffmengenanteile und die erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes zur Normalisierung des Bias verwendet. Wird die Messunsicherheit der Messwerte U_i unterschätzt, so kommt es zur Überschreitung des E_n-Kriteriums.

Berechnung der E_n-Nummer

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

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

erweiterte Messunsicherheiten

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

$$|E_n| \leq 1$$

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

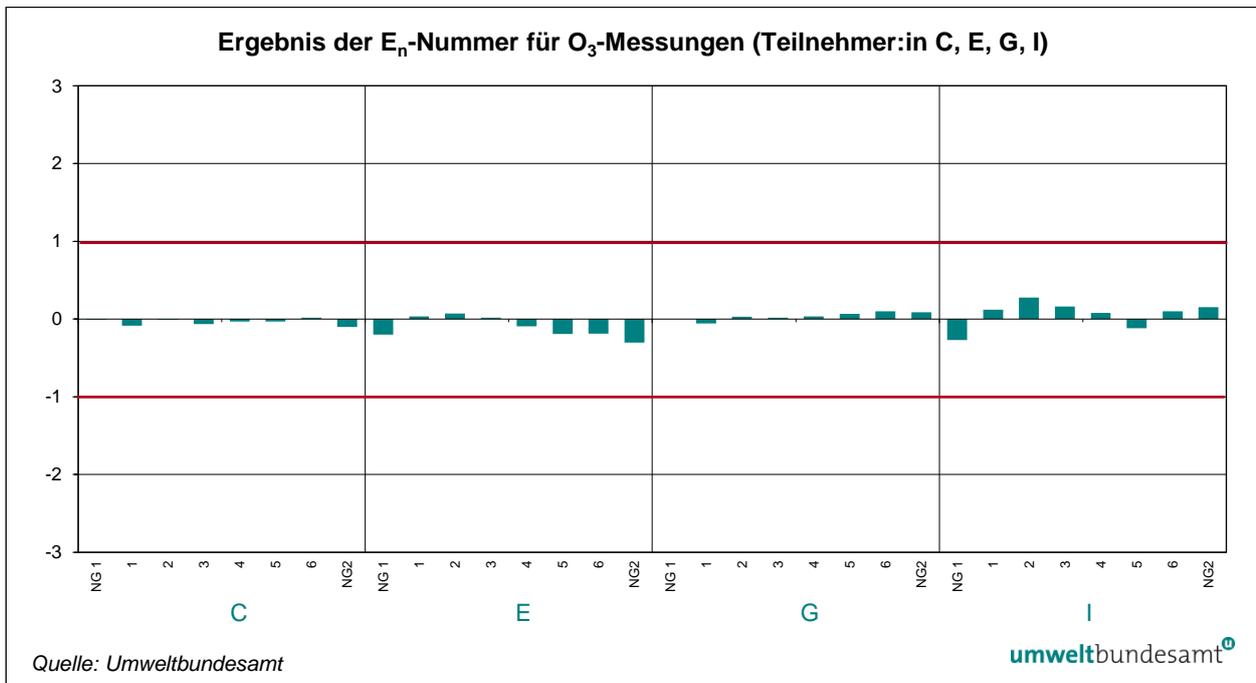


Abbildung 19: Ergebnisse der E_n-Nummer für O₃-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I).

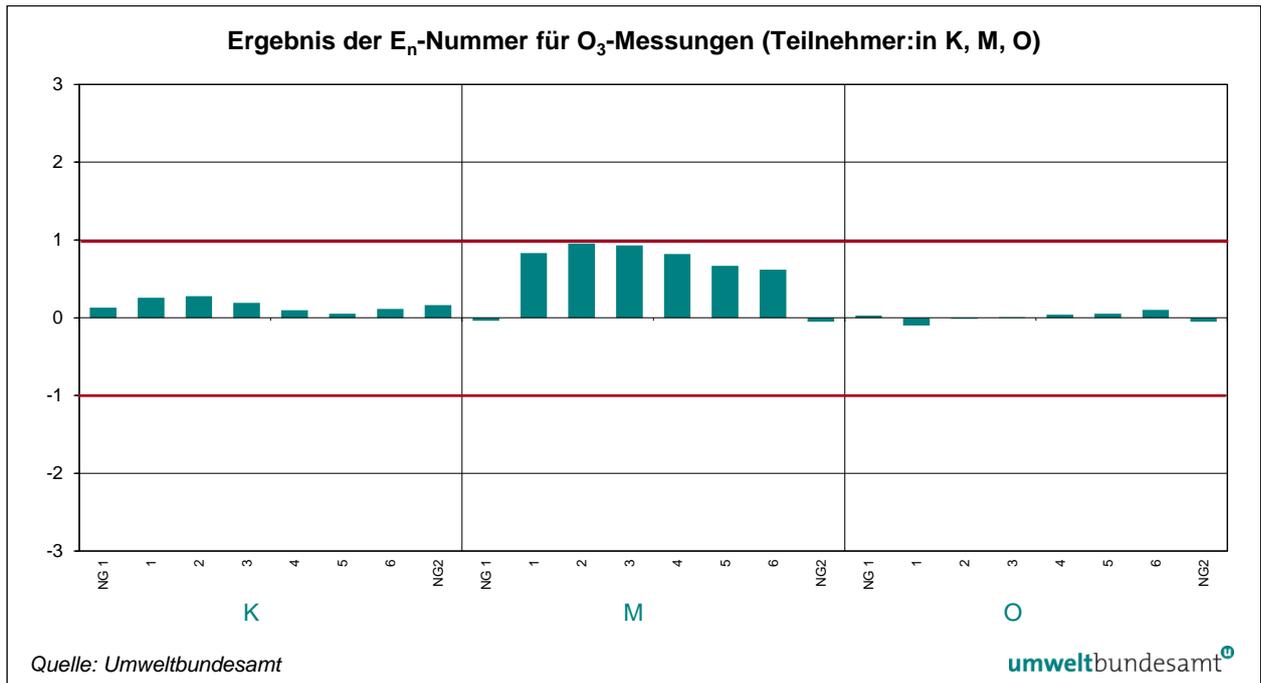


Abbildung 20: Ergebnisse der E_n-Nummer für O₃-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

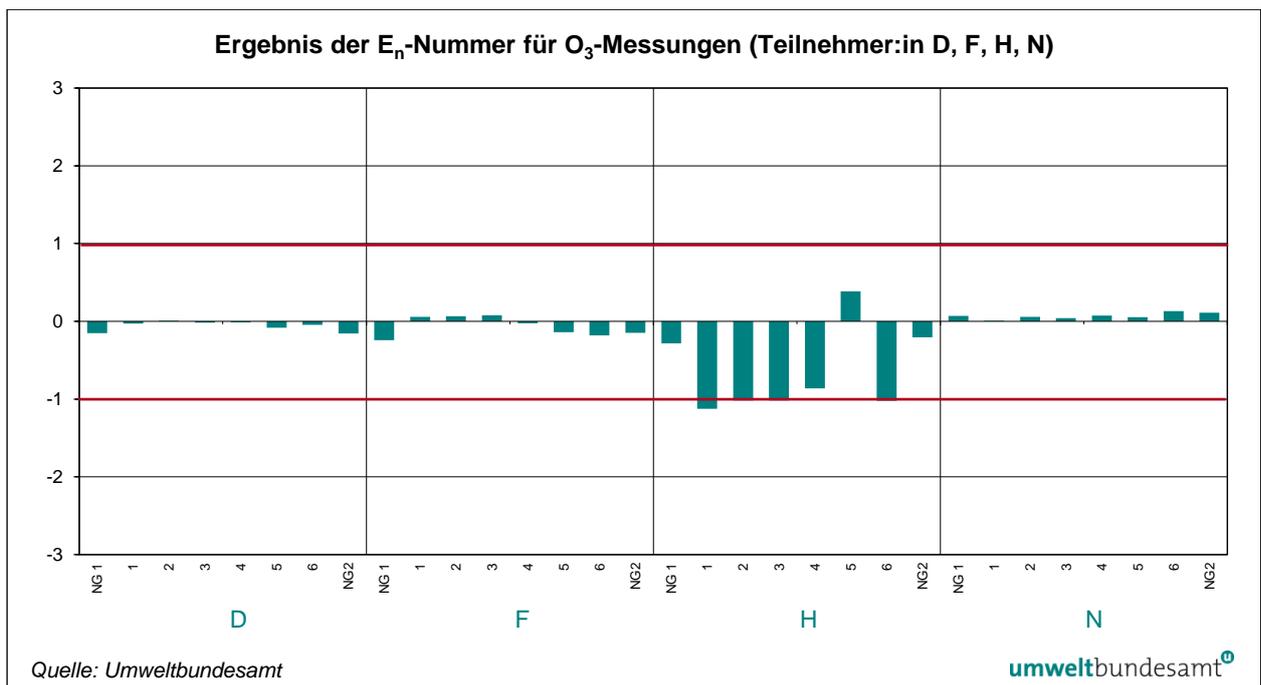


Abbildung 21: Ergebnisse der E_n-Nummer für O₃-Messungen (Teilnehmer:in D, F, H, N).

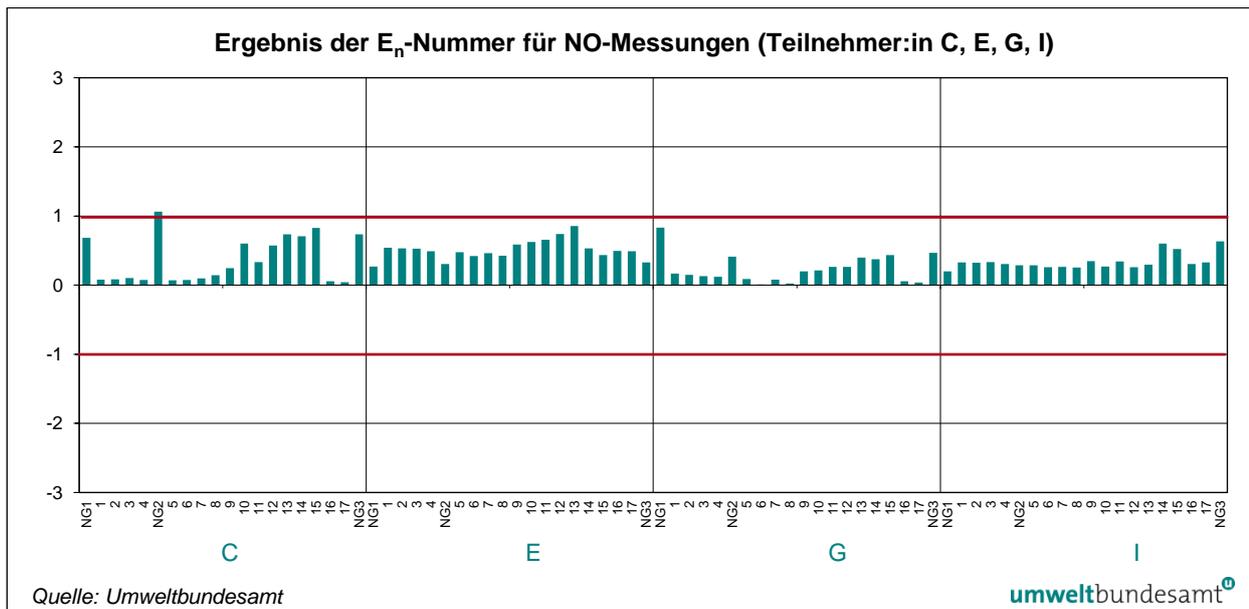


Abbildung 22: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn C, E, G, I).

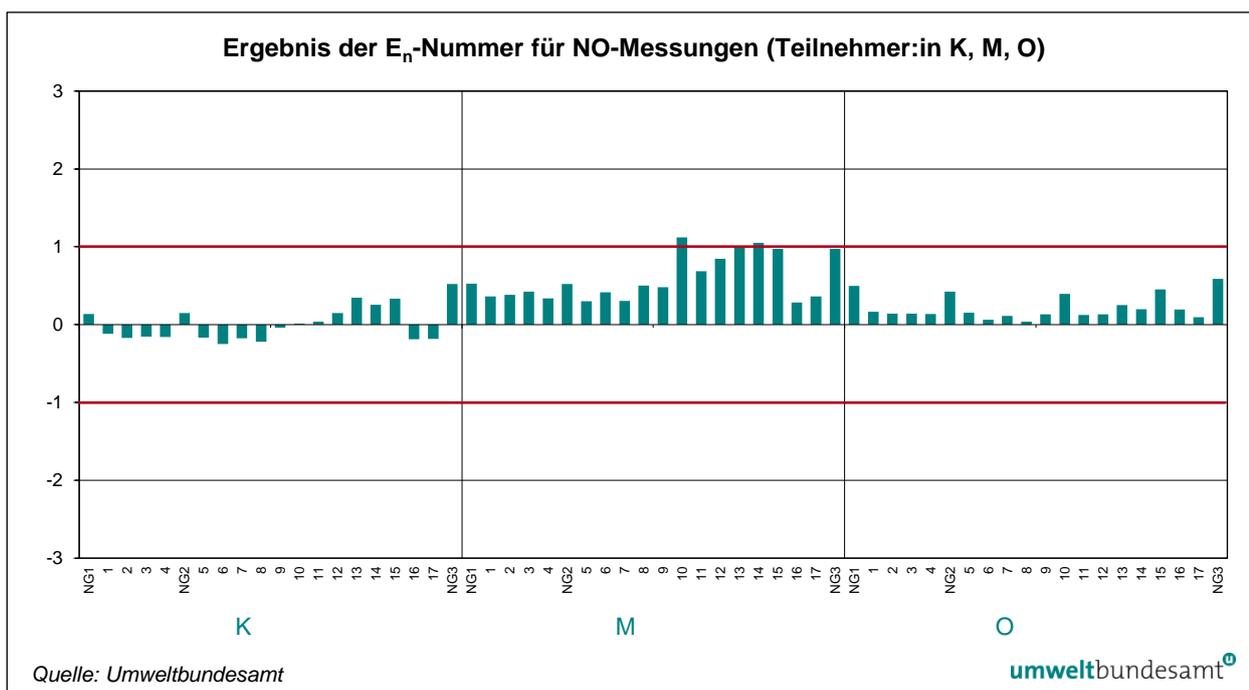


Abbildung 23: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

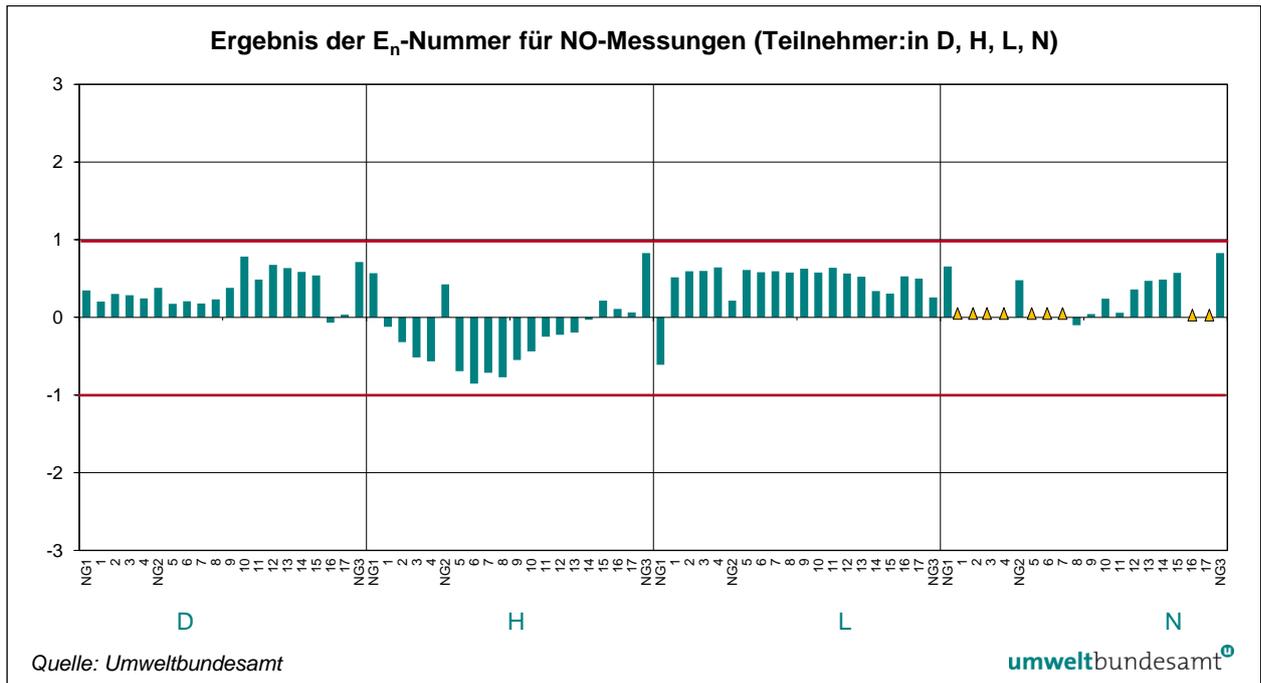


Abbildung 24: Ergebnisse der En-Nummer für NO-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N).

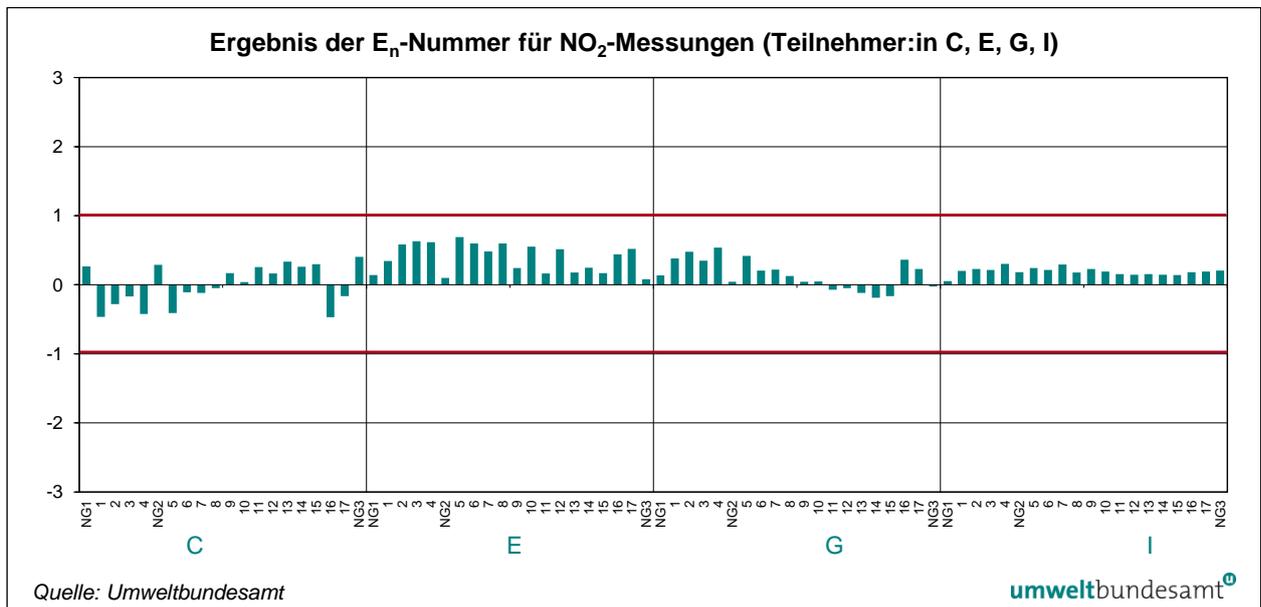


Abbildung 25: Ergebnisse der En-Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I).

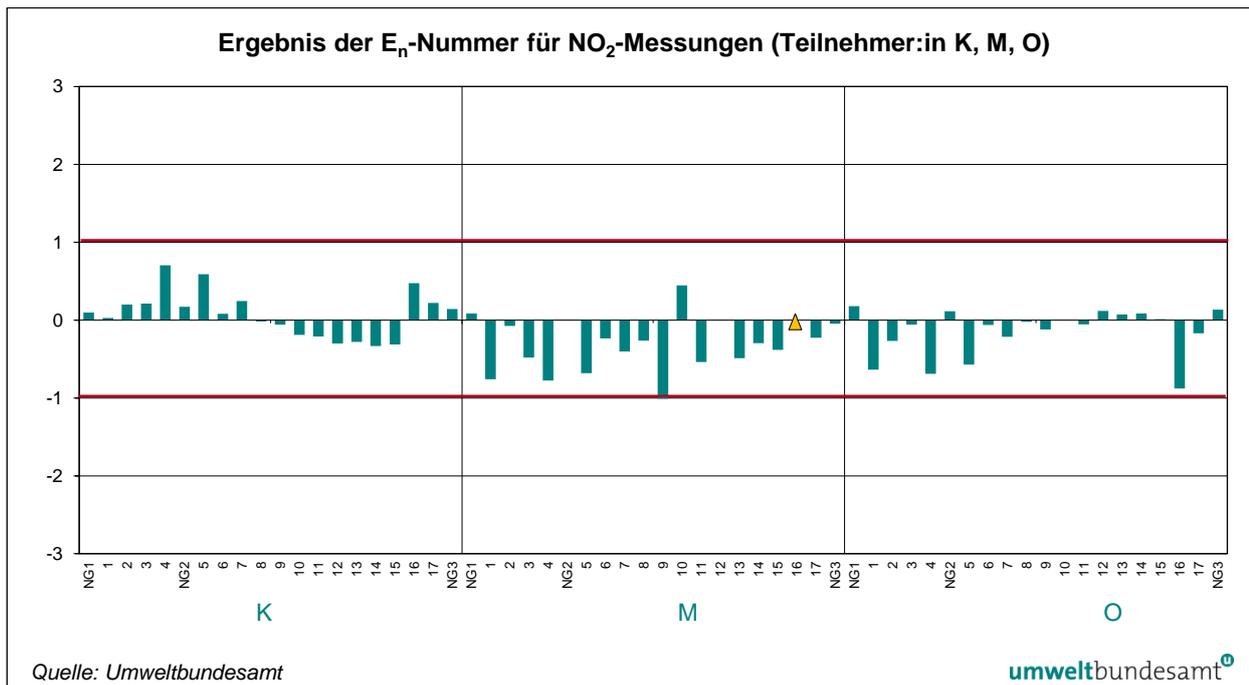


Abbildung 26: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O).

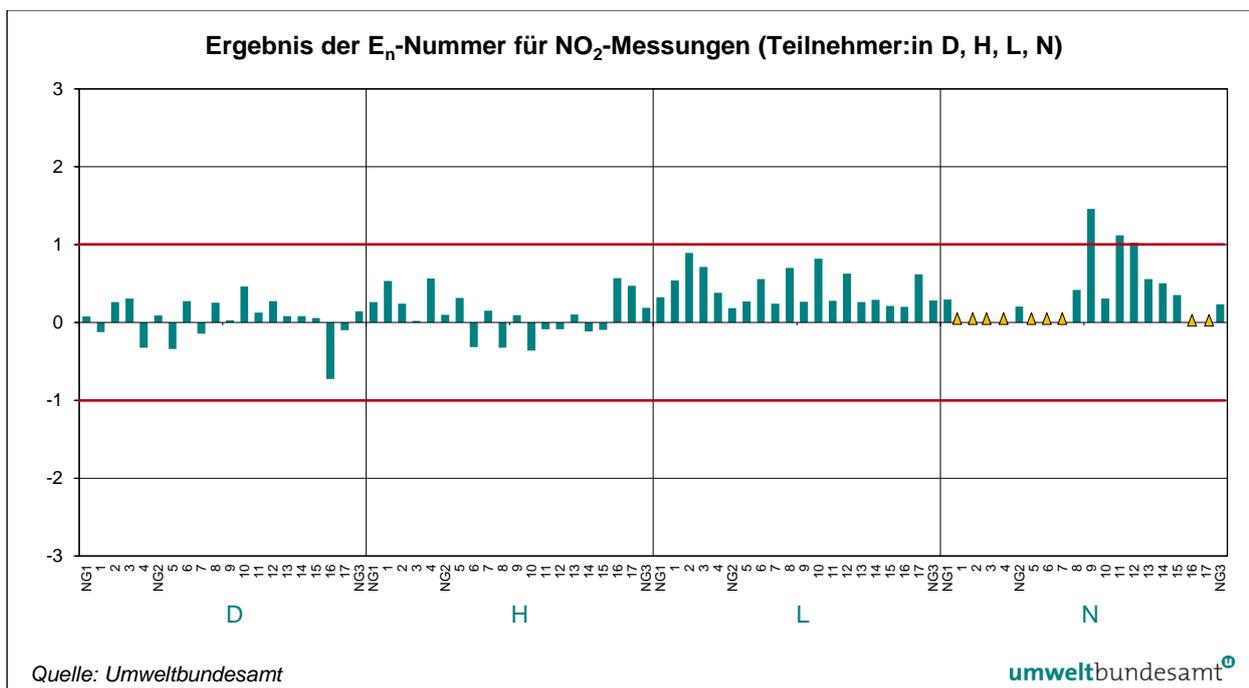


Abbildung 27: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N).

Bei O₃ liegt ein Messgerät viermal außerhalb des E_n-Kriteriums bei tendenziell höheren Stoffmengenanteilen (siehe Abbildung 21; E_n = -1,13, -1,02, -1,02 und -1,02). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für O₃ eingehalten.

Bei der Komponente NO liegt ein Messgeräte bei niedriger Stoffmengenanteilen dreimal außerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 23; E_n = 1,12, 1,005 und 1,05) und ein Messgerät beim Nullgas außerhalb es E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 22; E_n=1,06). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für NO eingehalten.

Bei der Komponente NO₂ liegen zwei Messgeräte außerhalb des E_n-Kriteriums. Bei niedriger Stoffmengenanteilen liegt ein Messgerät einmal außerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 26, -1,01) und ein weiteres Messgerät dreimal bei niedrigen und mittleren Stoffmengenanteilen außerhab des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 27; 1,46, 1,12 und 1,03). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für NO₂ eingehalten.

5.3 Bias und Messunsicherheit

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

Fehlerindikatoren zur Darstellung der Messunsicherheit

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

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

Ergebnisse der Auswertungen

Die Ergebnisse von O₃ sowie die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind im Allgemeinen plausibel und unterscheiden sich auch nur wenig. Bei einem Messgerät ist für O₃ eine Unterschätzung der Referenzwerte bei generell hohen Stoffmengenanteilen ersichtlich. Bei der Komponente O₃ ist bei Teilnehmer:in H zu vermuten, dass die Sensitivität des verwendeten Analysators seit der vorangegangenen Kalibrierung etwas abgenommen hatte (siehe Abbildung 29).

Die Ergebnisse von NO und auch die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind ebenso plausibel und unterscheiden sich nur wenig (siehe Abbildung 30 bis Abbildung 32). Bei einem Messgerät ist eine Unterschätzung der Messunsicherheit bei geringen Stoffmengenanteilen erkennbar (siehe Abbildung 31) bei einem anderen Messgerät die Unterschätzung der Messunsicherheit im Nullpunkt (siehe Abbildung 30). Bei einem Messgerät ist für NO eine Überschätzung der Referenzwerte der hohen Stoffmengenanteile ersichtlich (siehe Abbildung 32).

Obwohl die korrekte Messung von NO₂ (Abbildung 33 bis Abbildung 35) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der Großteil der Ergebnisse von sehr guter Qualität. Von einem Messgeräten wird NO₂ bei geringem Stoffmengenanteil unterschätzt (siehe Abbildung 35).

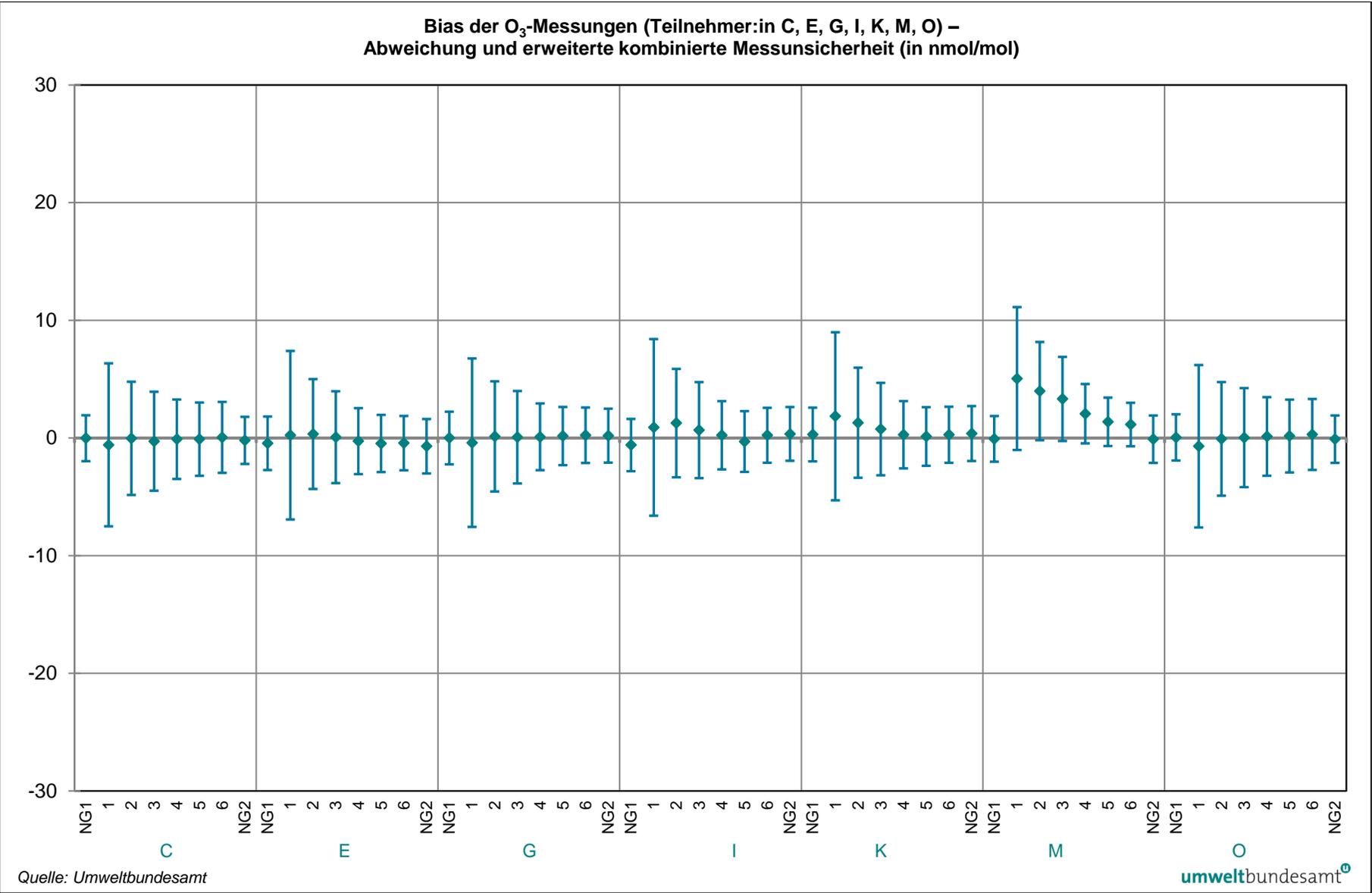


Abbildung 28: Bias der O₃-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I, K, M, O) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

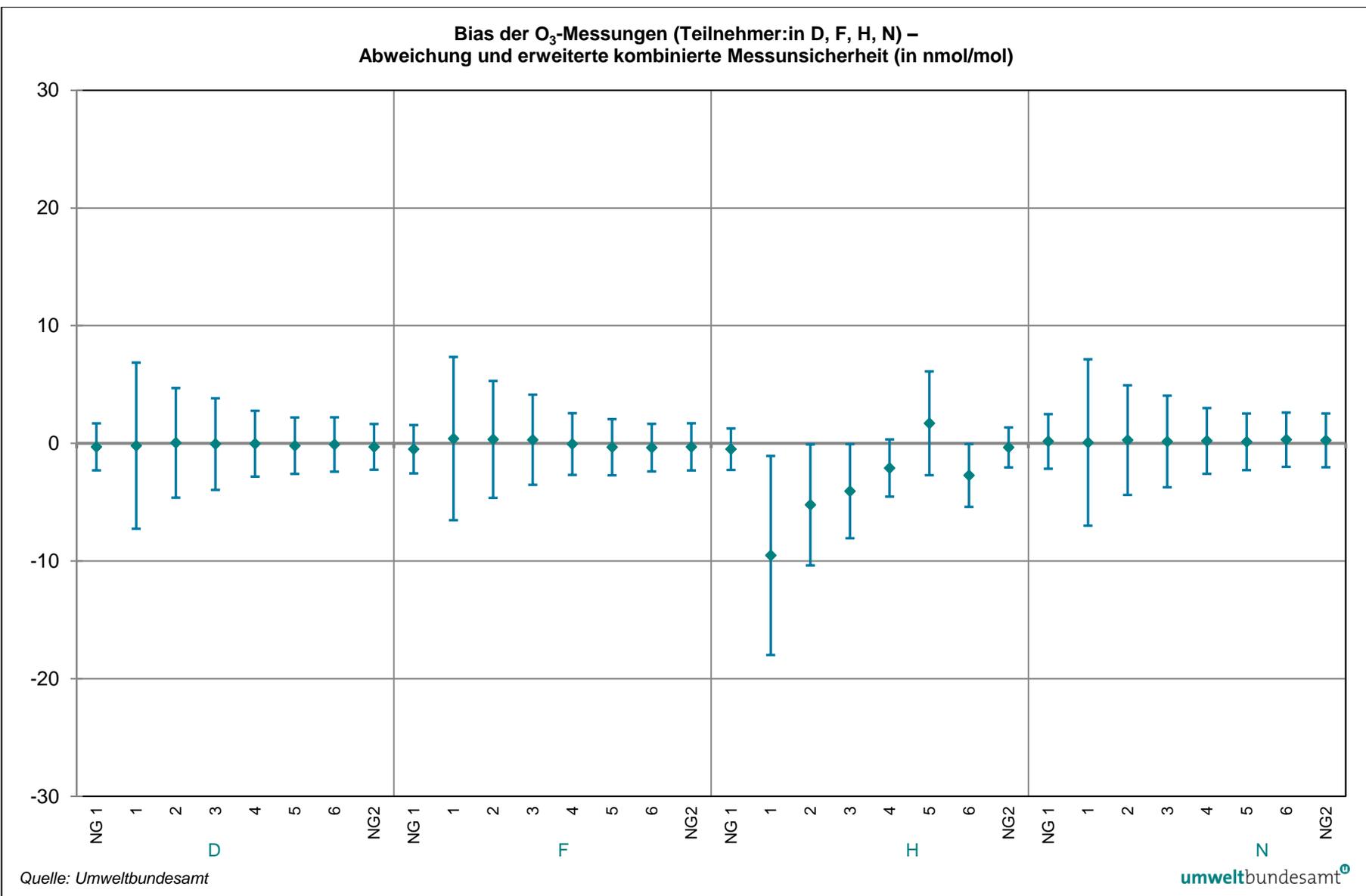


Abbildung 29: Bias der O₃-Messungen (Teilnehmer:in D, F, H, N) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

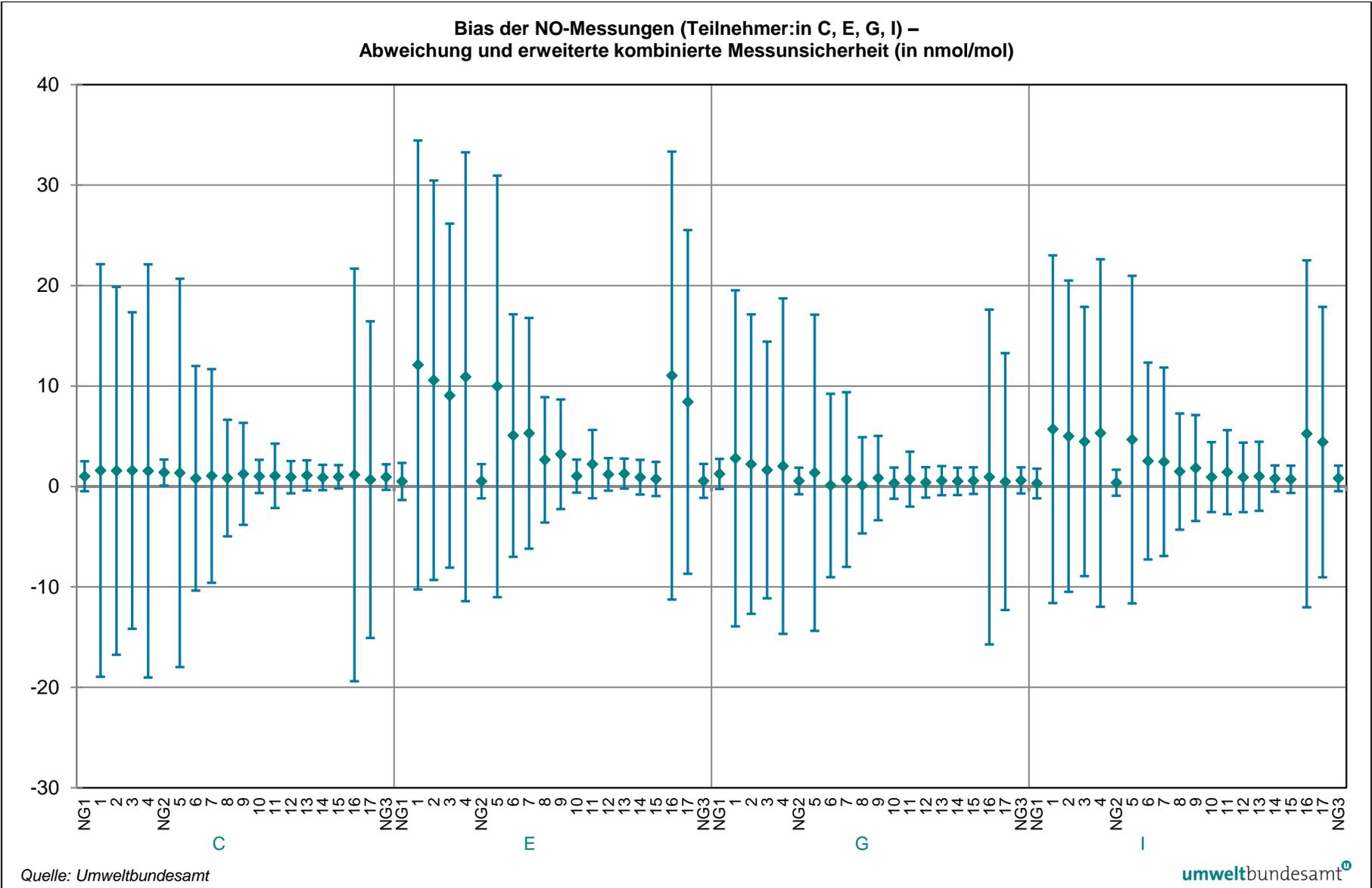


Abbildung 30: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

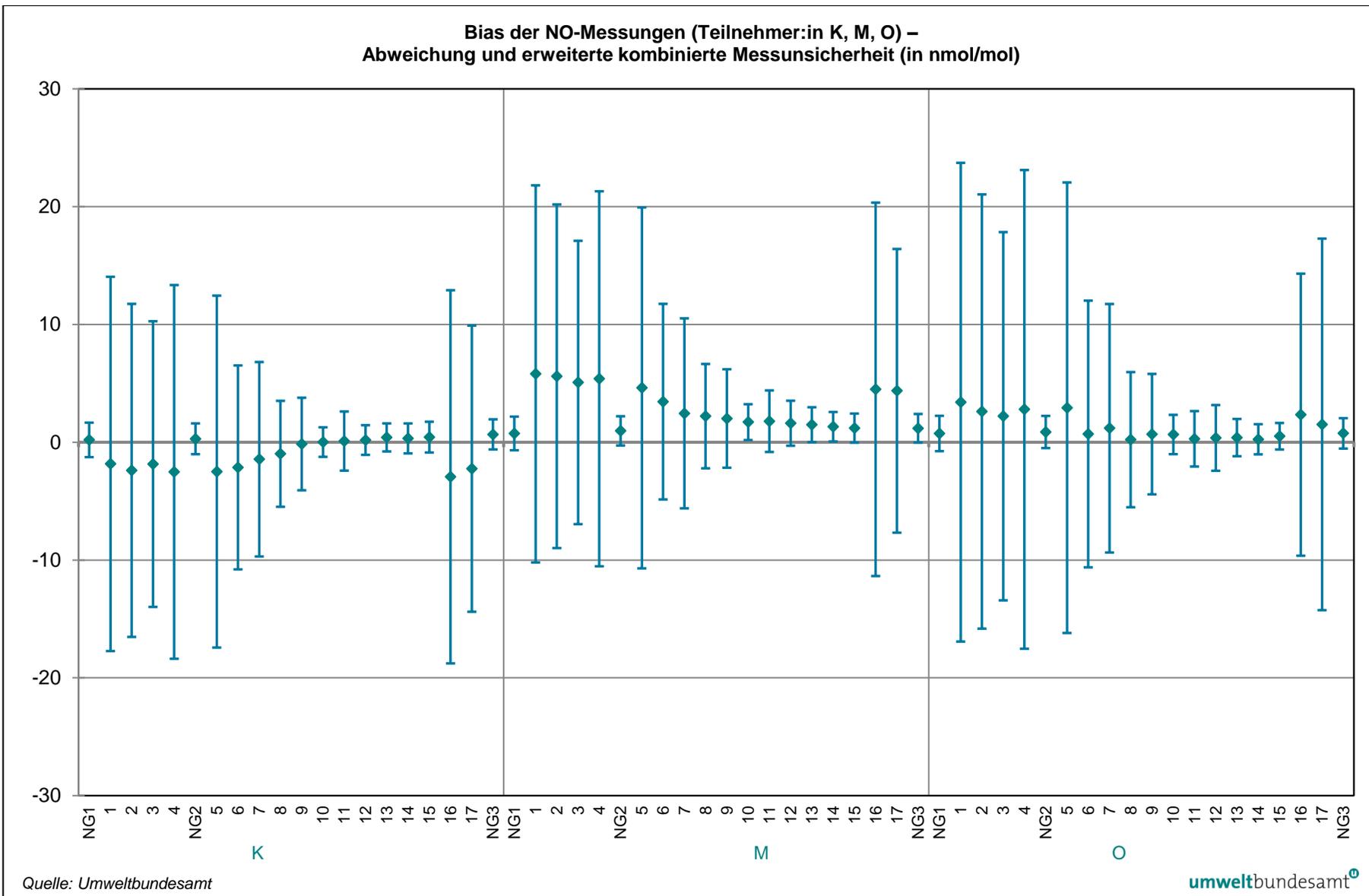


Abbildung 31: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

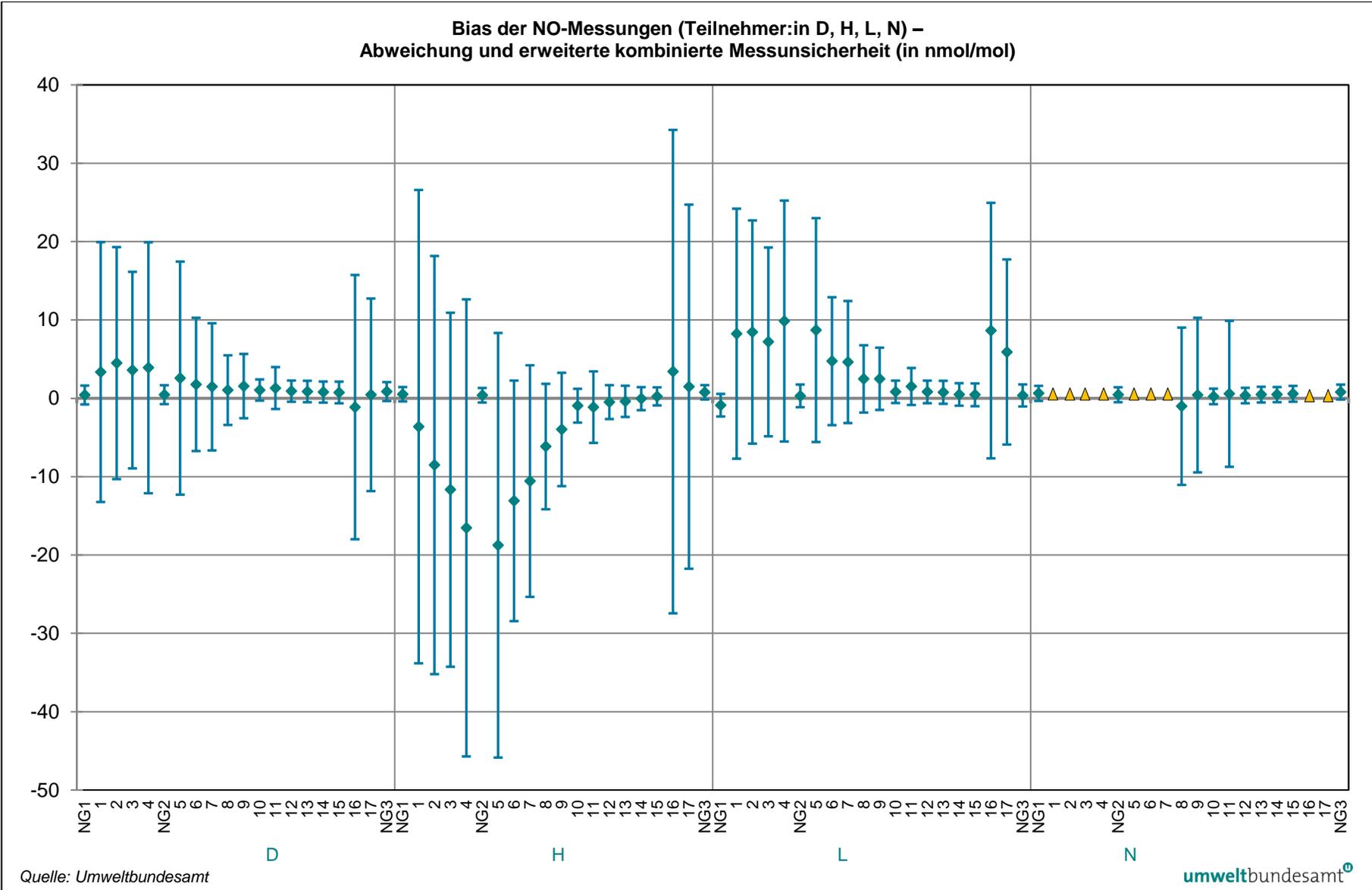


Abbildung 32: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

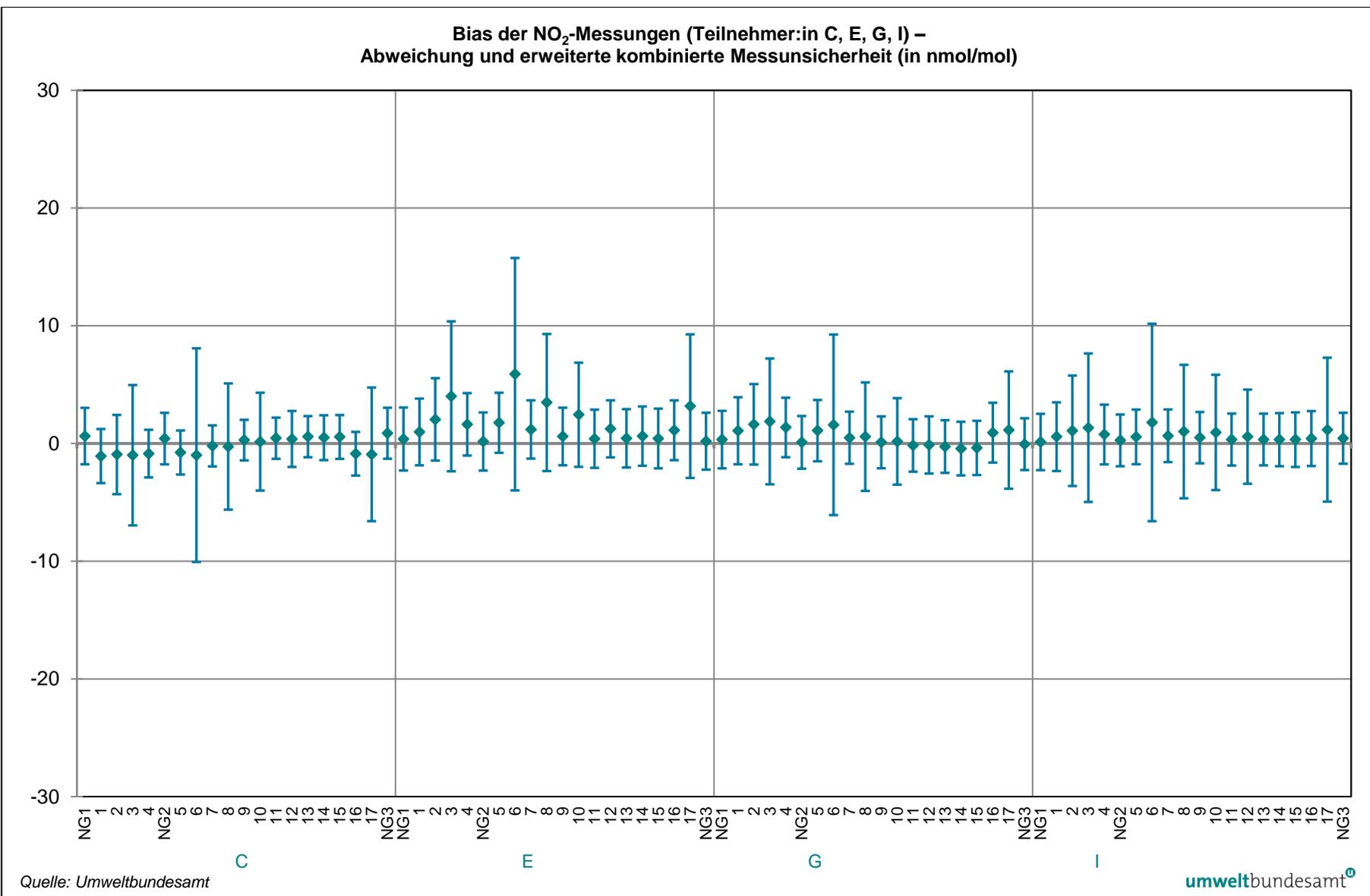


Abbildung 33: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in C, E, G, I) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

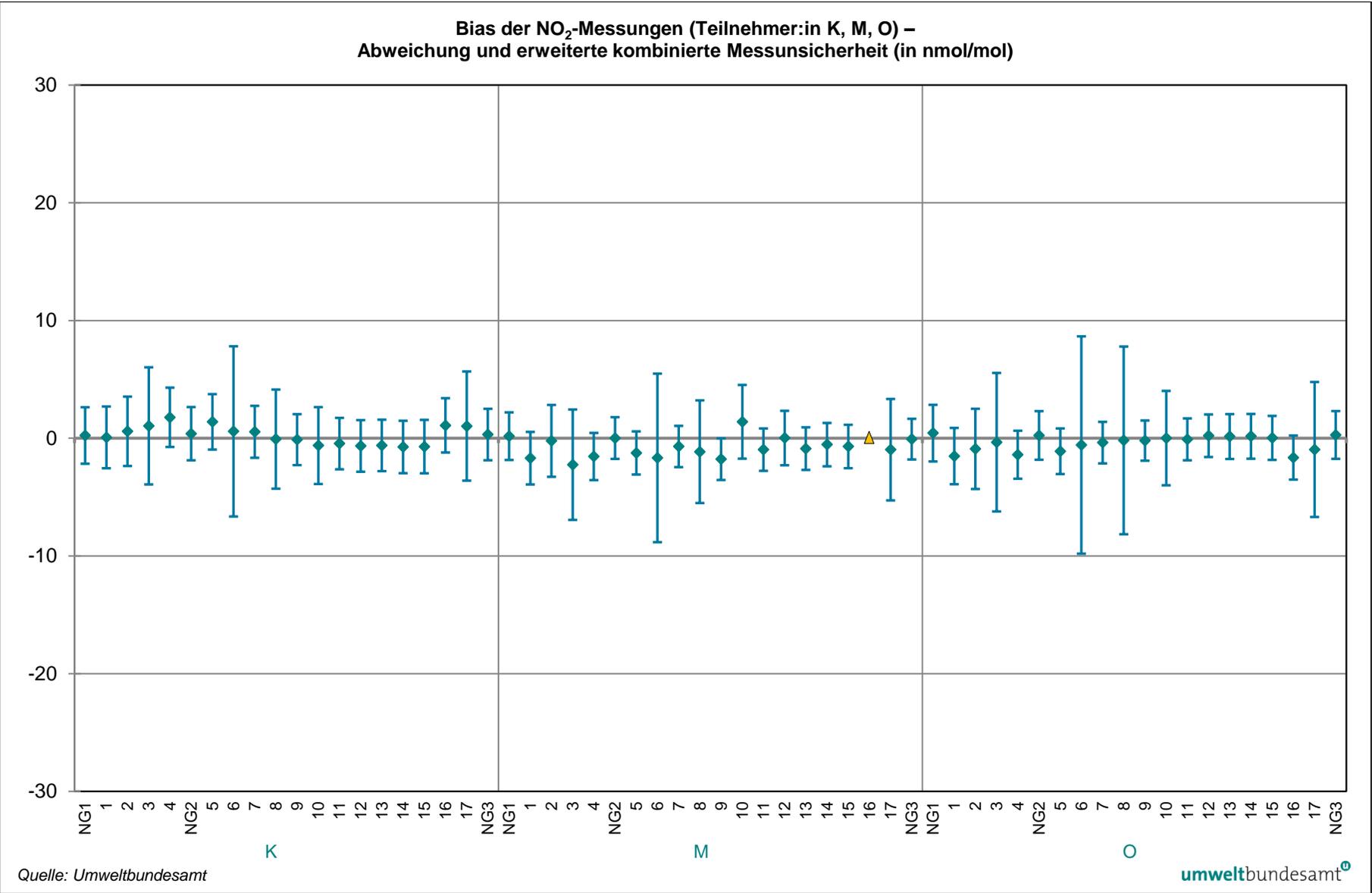


Abbildung 34: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in K, M, O) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

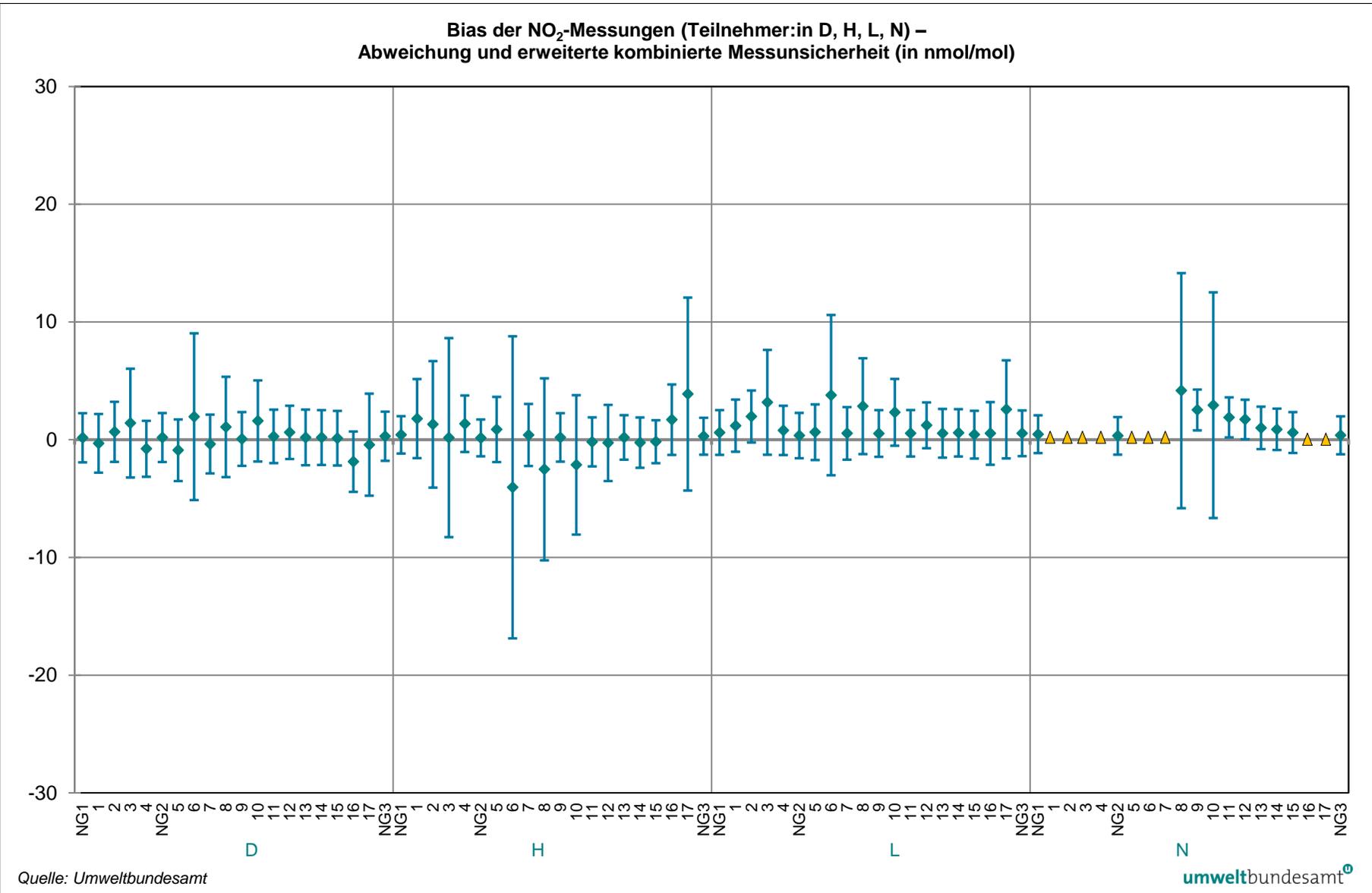


Abbildung 35: Bias der NO₂-Messungen (Teilnehmer:in D, H, L, N) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

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.

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

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

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

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

ANHÄNGE

ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	45
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	48
ANHANG C: BERICHTETE WERTE	52
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	101
ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS- ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE.....	140

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.

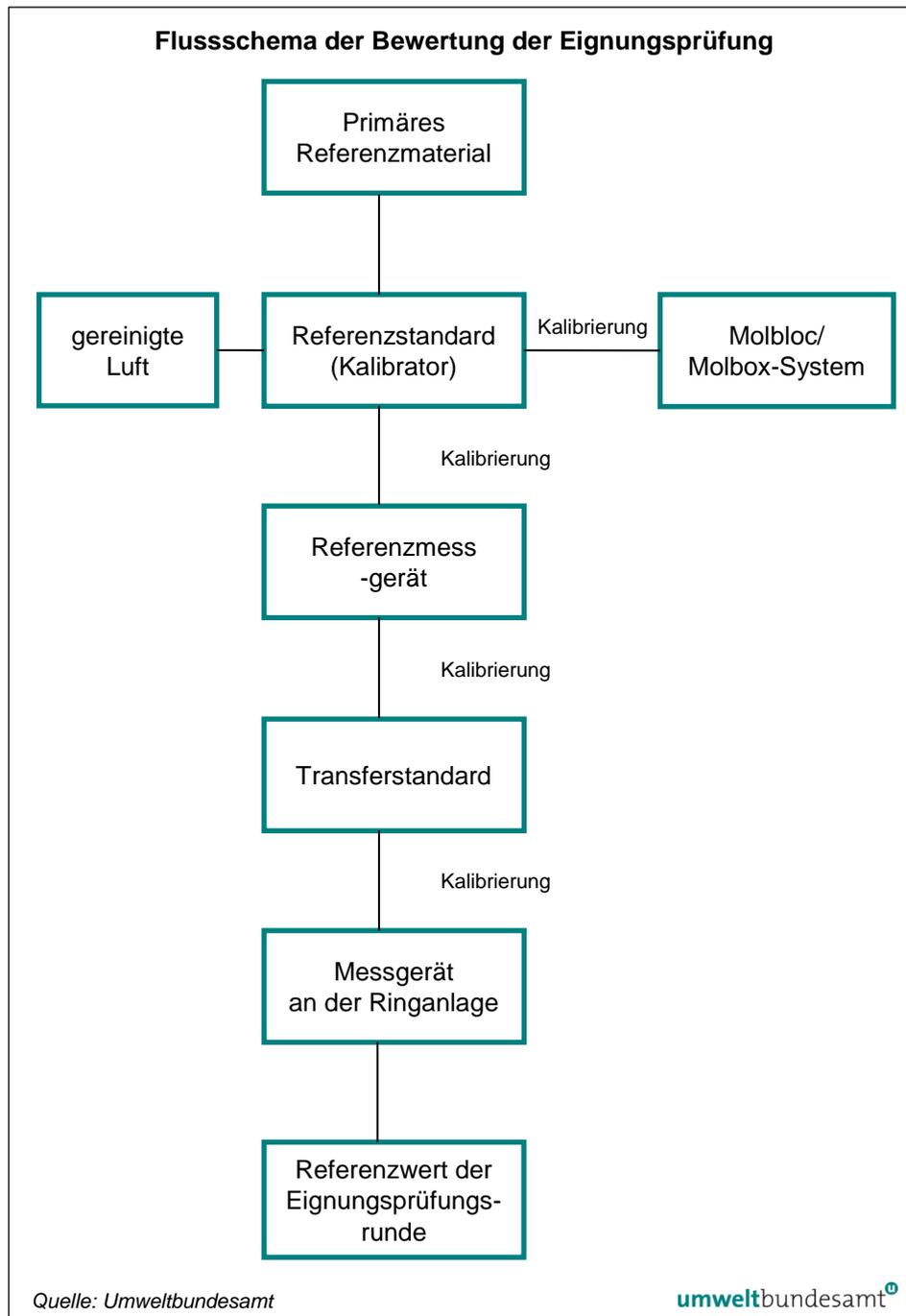


Abbildung 36:
Rückführung bis zu
den Messgeräten
an der Anlage.

A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit

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

Tabelle 13:
Messgeräte zur
Ermittlung der
Referenzwerte.

Platz 1			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO	HORIBA	APNA-370	TLK 34DAG
O ₃	TEI	49C	64071-341

Platz 14			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO	HORIBA	APNA-370	300DPVAE
O ₃	TEI	49i	1317957903

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

Tabelle 14: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2022

Komponente	Hersteller/ Flaschennummer	Matrix	Wert	erweiterte Messunsicherheit	Kalibrierschein- nummer
NO	Messer Schweiz/74343	NO in N ₂	677,9 nmol/mol	10,17 nmol/mol	115/2022

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 2022 eingehalten.

ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

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

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 15 bis Tabelle 20).

Tabelle 15:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
(10.-13.10.2022).

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0.2	0.58	0.5	0.43	ok
NO 1	nmol/mol	473.6	6.01	477.6	4.47	ok
NO 2	nmol/mol	422.5	5.36	425.0	3.24	ok
NO 3	nmol/mol	364.6	4.57	367.7	3.87	ok
NO 4	nmol/mol	475.3	6.00	478.9	4.57	ok
NG2	nmol/mol	0.0	0.47	0.7	0.43	ok
NO 5	nmol/mol	445.6	5.67	448.7	4.19	ok
NO 6	nmol/mol	255.8	3.30	257.3	2.69	ok
NO 7	nmol/mol	242.5	3.17	244.2	2.25	ok
NO 8	nmol/mol	131.9	1.72	132.9	1.44	ok
NO 9	nmol/mol	115.4	1.49	116.8	1.23	ok
NO 10	nmol/mol	34.4	0.46	35.2	0.62	ok
NO 11	nmol/mol	69.8	0.98	70.9	0.88	ok
NO 12	nmol/mol	33.6	0.45	34.4	0.58	ok
NO 13	nmol/mol	29.5	0.45	30.4	0.49	ok
NO 14	nmol/mol	19.0	0.46	19.7	0.43	ok
NO 15	nmol/mol	9.5	0.47	10.3	0.30	ok
NO 16	nmol/mol	475.6	5.98	478.6	4.59	ok
NO 17	nmol/mol	365.2	4.58	367.7	3.96	ok
NG3	nmol/mol	-0.5	0.45	0.3	0.22	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0.2	0.93	0.1	0.17	ok
NO2 1	nmol/mol	11.7	1.04	11.5	1.35	ok
NO2 2	nmol/mol	63.1	1.21	63.6	1.36	ok
NO2 3	nmol/mol	121.6	2.06	122.2	2.34	ok
NO2 4	nmol/mol	11.9	0.92	12.2	1.67	ok
NG2	nmol/mol	-0.2	0.79	0.1	0.25	ok
NO2 5	nmol/mol	11.7	0.83	11.9	1.43	ok
NO2 6	nmol/mol	201.7	2.83	202.4	2.22	ok
NO2 7	nmol/mol	10.8	0.77	11.0	0.76	ok
NO2 8	nmol/mol	121.6	1.60	121.9	1.17	ok
NO2 9	nmol/mol	10.4	0.76	10.4	0.51	ok
NO2 10	nmol/mol	91.5	1.26	92.1	1.12	ok
NO2 11	nmol/mol	10.2	0.78	10.2	0.58	ok
NO2 12	nmol/mol	46.6	0.78	46.8	0.68	ok
NO2 13	nmol/mol	10.1	0.79	10.0	0.64	ok
NO2 14	nmol/mol	20.8	0.81	20.8	0.62	ok
NO2 15	nmol/mol	10.0	0.83	9.9	0.61	ok
NO2 16	nmol/mol	11.7	0.82	11.9	1.32	ok
NO2 17	nmol/mol	122.0	1.84	122.5	1.77	ok
NG3	nmol/mol	-0.1	0.76	0.1	0.25	ok

Tabelle 16:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂
(10.-13.10.2022).

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.4	0.80	0.3	0.35	ok
O3 1	nmol/mol	196.3	2.55	196.9	1.56	ok
O3 2	nmol/mol	118.3	1.68	119.0	0.99	ok
O3 3	nmol/mol	89.6	1.44	90.0	0.63	ok
O3 4	nmol/mol	45.9	1.05	46.0	0.33	ok
O3 5	nmol/mol	20.7	0.93	20.8	0.42	ok
O3 6	nmol/mol	10.2	0.87	10.5	0.44	ok
NG2	nmol/mol	0.5	0.85	0.5	0.40	ok

Tabelle 17:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für O₃
(10.-13.10.2022).

Tabelle 18:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für O₃
(17.-20.10.2022).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0.5	0.86	0.1	0.18	ok
O3 1	nmol/mol	197.8	2.59	195.5	5.46	ok
O3 2	nmol/mol	119.3	1.71	118.2	3.09	ok
O3 3	nmol/mol	90.5	1.45	89.5	2.39	ok
O3 4	nmol/mol	46.3	1.03	45.8	1.22	ok
O3 5	nmol/mol	21.0	0.88	21.3	1.06	ok
O3 6	nmol/mol	10.3	0.85	9.6	1.55	ok
NG2	nmol/mol	0.4	0.84	0.1	0.14	ok

Tabelle 19:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO
(17.-20.10.2022).

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0.4	0.45	0.1	0.10	ok
NO 1	nmol/mol	472.0	6.36	474.6	6.76	ok
NO 2	nmol/mol	419.4	5.68	417.4	10.44	ok
NO 3	nmol/mol	361.0	4.75	360.7	11.36	ok
NO 4	nmol/mol	471.4	5.98	470.5	15.70	ok
NG2	nmol/mol	-0.4	0.45	0.2	0.13	ok
NO 5	nmol/mol	441.4	5.53	438.9	16.35	ok
NO 6	nmol/mol	251.8	3.16	249.6	10.84	ok
NO 7	nmol/mol	240.0	3.01	238.5	9.09	ok
NO 8	nmol/mol	129.8	1.65	128.8	4.28	ok
NO 9	nmol/mol	114.1	1.56	114.2	3.24	ok
NO 10	nmol/mol	33.1	0.47	33.4	1.01	ok
NO 11	nmol/mol	69.0	1.04	69.6	1.36	ok
NO 12	nmol/mol	32.8	0.46	33.2	0.72	ok
NO 13	nmol/mol	29.2	0.46	29.6	0.64	ok
NO 14	nmol/mol	18.5	0.45	18.9	0.39	ok
NO 15	nmol/mol	9.3	0.47	9.8	0.24	ok
NO 16	nmol/mol	474.1	6.56	477.7	5.54	ok
NO 17	nmol/mol	363.5	4.60	366.1	3.29	ok
NG3	nmol/mol	-0.6	0.45	0.1	0.26	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0.2	0.77	0.3	0.21	ok
NO2 1	nmol/mol	12.3	0.96	13.2	1.23	ok
NO2 2	nmol/mol	64.2	0.96	65.5	0.74	ok
NO2 3	nmol/mol	122.7	1.80	124.2	1.71	ok
NO2 4	nmol/mol	12.7	0.88	13.1	1.25	ok
NG2	nmol/mol	-0.1	0.77	0.3	0.17	ok
NO2 5	nmol/mol	12.5	1.04	12.7	1.09	ok
NO2 6	nmol/mol	202.3	2.67	202.8	4.65	ok
NO2 7	nmol/mol	11.5	0.96	11.7	0.55	ok
NO2 8	nmol/mol	121.9	1.57	123.2	3.29	ok
NO2 9	nmol/mol	10.7	0.82	11.5	1.30	ok
NO2 10	nmol/mol	91.6	1.30	92.8	2.58	ok
NO2 11	nmol/mol	10.4	0.81	11.1	1.01	ok
NO2 12	nmol/mol	46.9	0.80	47.9	0.69	ok
NO2 13	nmol/mol	10.3	0.87	10.8	0.44	ok
NO2 14	nmol/mol	21.1	0.84	21.5	0.56	ok
NO2 15	nmol/mol	10.1	0.84	10.5	0.29	ok
NO2 16	nmol/mol	12.9	1.21	13.0	2.06	ok
NO2 17	nmol/mol	123.6	1.62	125.6	2.50	ok
NG3	nmol/mol	-0.1	0.78	0.3	0.13	ok

Tabelle 20:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂
(17.-20.10.2022).

ANHANG C: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung für O₃ und NO/NO₂ werden in der Einheit nmol/mol angegeben. Für alle Durchgänge werden die Messwerte, der Mittelwert (X_i) der Messwerte, die kombinierte (u_i) und erweiterte Messunsicherheit (U_i) sowie die Standardabweichung (S_i) der Messungen der untersuchten Komponenten der jeweiligen Teilnehmer:innen angegeben. x^* ist der aus der robusten Statistik erhaltene Mittelwert, seine Standardabweichung wird als s^* angegeben.

Der Referenzwert bei O₃ und NO/NO₂ ist sowohl für die erste (10.-13.10.2022), als auch für die zweite Eignungsprüfungsrunde (17.-20.2022) der Mittelwert der Messungen des Umweltbundesamtes am Platz 1 der Ringversuchsanlage. Ozonmessgeräte werden nicht vor Ort kalibriert, sondern nach der Kalibrierung im Referenzlabor knapp vor der anstehenden Eignungsprüfungsrunde mit der dabei ermittelten Kalibrierfunktion verwendet. Eine weitere Kalibrierung vor Ort, sofern keine Probleme am Gerät auftauchen, ist nicht notwendig

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 10.–13.10.2022

Ergebnisse für O₃

Tabelle 21: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 0 $x^* = 0,3$ $s^* = 0,35$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	G	I	K	M	O		
$x_{i,1}$	0.4	0.5	0.0	0.4	-0.2	0.7	-0.5	0.5		
$x_{i,2}$	0.4	0.3	-0.1	0.4	-0.2	0.7	1.2	0.4		
X_i	0.4	0.4	-0.1	0.4	-0.2	0.7	0.3	0.5		
S_i	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	1.2	0.1		
$u(x_i)$	0.80	0.56	0.81	0.78	0.77	0.82	0.55	0.57		
$U(x_i)$	1.60	1.12	1.62	1.57	1.54	1.63	1.10	1.14		

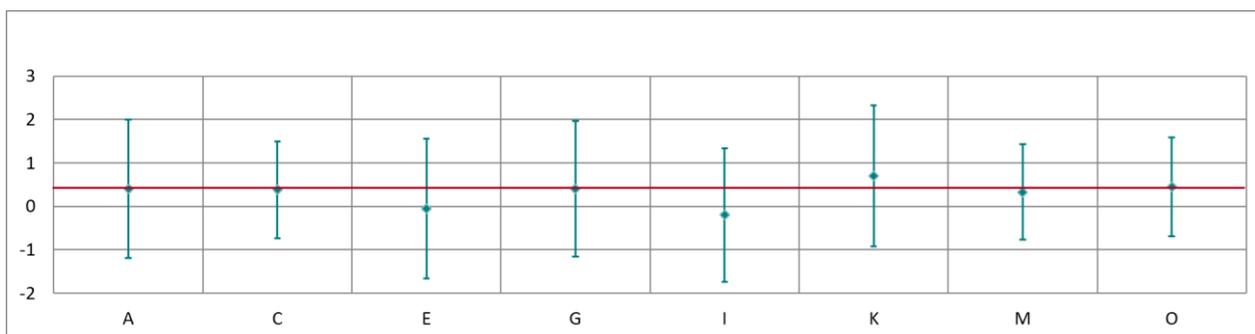
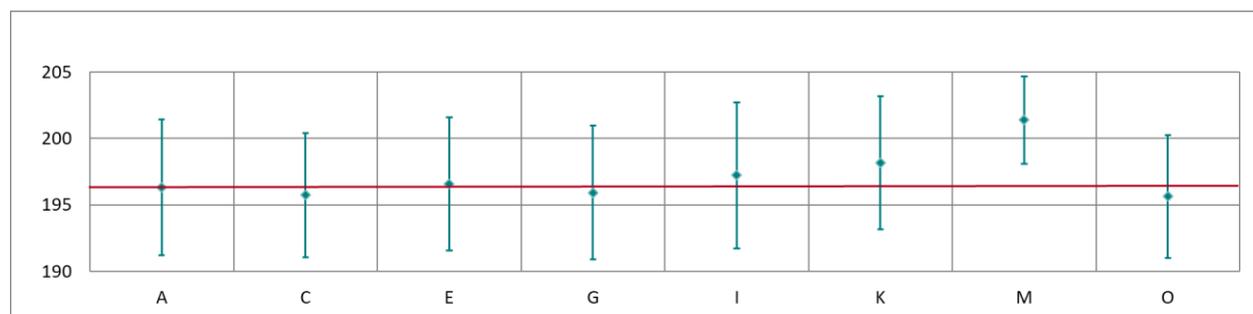


Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 22: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 1 $x^* = 196,9$ $s^* = 1,56$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	196.0	195.3	195.9	195.4	196.2	197.5	200.4	195.1
$x_{i,2}$	196.3	195.8	196.6	196.0	197.4	198.2	201.5	195.6
$x_{i,3}$	196.7	196.1	197.2	196.4	198.1	198.8	202.3	196.2
X_i	196.3	195.8	196.6	195.9	197.2	198.2	201.4	195.6
S_i	0.4	0.4	0.7	0.5	1.0	0.6	0.9	0.6
$u(x_i)$	2.55	2.34	2.51	2.51	2.75	2.50	1.64	2.31
$U(x_i)$	5.11	4.67	5.02	5.02	5.50	4.99	3.28	4.64

Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 1 (in nmol/mol).Tabelle 23: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 2 $x^* = 119,0$ $s^* = 0,99$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	118.1	118.0	118.5	118.2	119.0	119.3	122.0	118.1
$x_{i,2}$	118.3	118.3	118.6	118.5	119.6	119.7	122.4	118.2
$x_{i,3}$	118.5	118.5	118.8	118.6	120.1	119.8	122.5	118.4
X_i	118.3	118.3	118.6	118.4	119.6	119.6	122.3	118.2
S_i	0.2	0.3	0.2	0.2	0.6	0.3	0.3	0.1
$u(x_i)$	1.68	1.72	1.62	1.62	1.57	1.62	1.23	1.73
$U(x_i)$	3.37	3.44	3.23	3.25	3.14	3.24	2.46	3.46

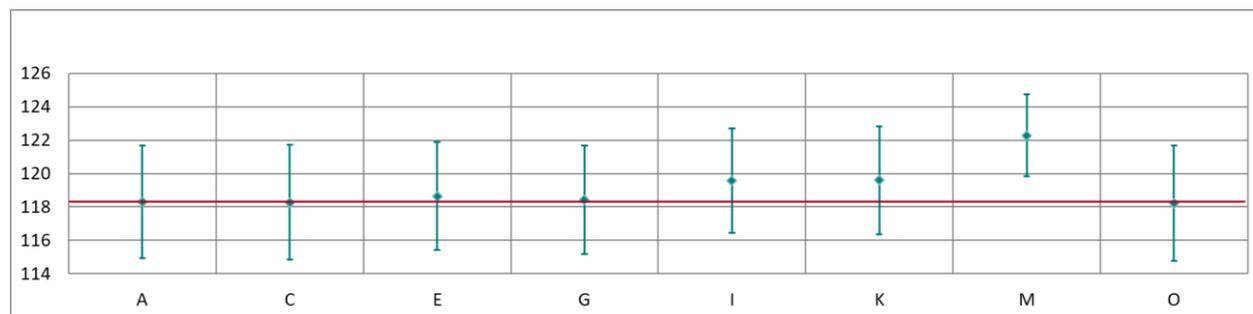
Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 24: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 3 $x^* = 90,0$ $s^* = 0,63$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	89.6	89.3	89.5	89.6	90.3	90.3	92.8	89.6
$x_{i,2}$	89.7	89.4	89.8	89.7	90.3	90.4	93.0	89.7
$x_{i,3}$	89.5	89.3	89.7	89.7	90.2	90.4	93.0	89.6
\bar{X}_i	89.6	89.3	89.5	89.6	90.3	90.3	92.8	89.6
S_i	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.44	1.53	1.31	1.33	1.44	1.33	1.05	1.53
$U(x_i)$	2.89	3.06	2.62	2.66	2.88	2.66	2.10	3.06

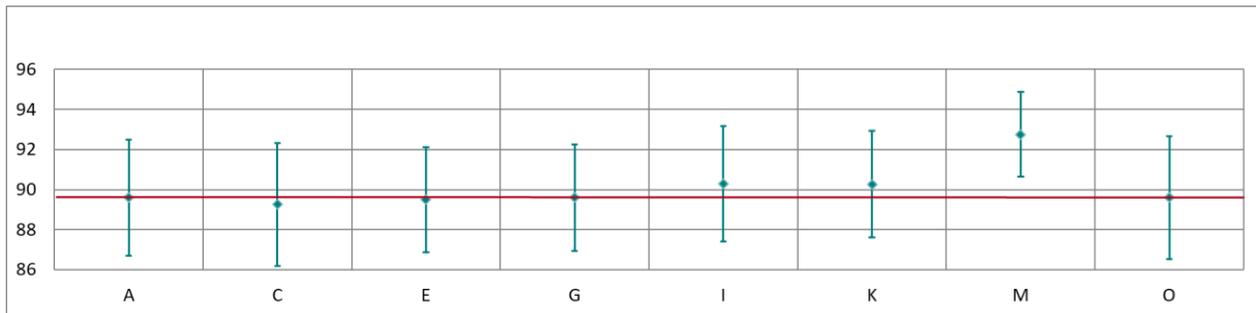


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 25: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 4 $x^* = 46,0$ $s^* = 0,33$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	45.9	45.6	45.5	45.9	46.1	46.1	47.8	46.0
$x_{i,2}$	45.9	45.8	45.7	46.0	46.1	46.2	48.0	46.0
$x_{i,3}$	45.9	46.0	45.7	46.1	46.2	46.2	48.1	46.1
\bar{X}_i	45.9	45.8	45.6	46.0	46.1	46.2	48.0	46.0
S_i	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
$u(x_i)$	1.05	1.32	0.93	0.95	1.00	0.97	0.70	1.30
$U(x_i)$	2.10	2.65	1.86	1.90	2.00	1.94	1.40	2.60

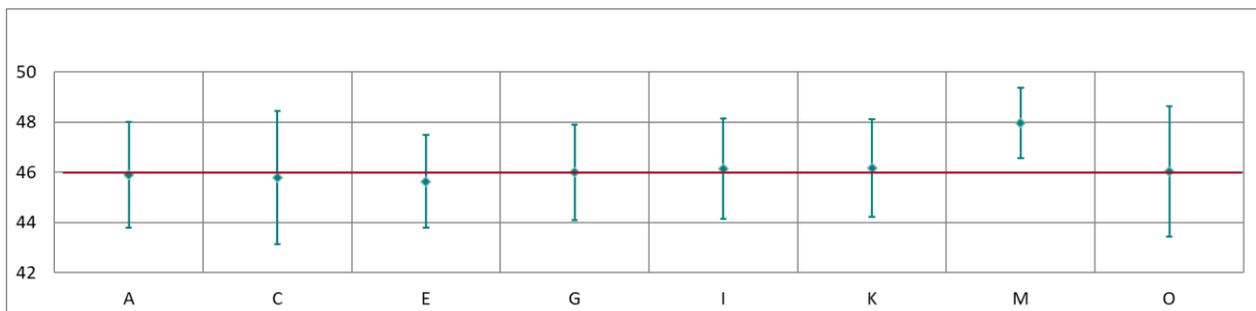
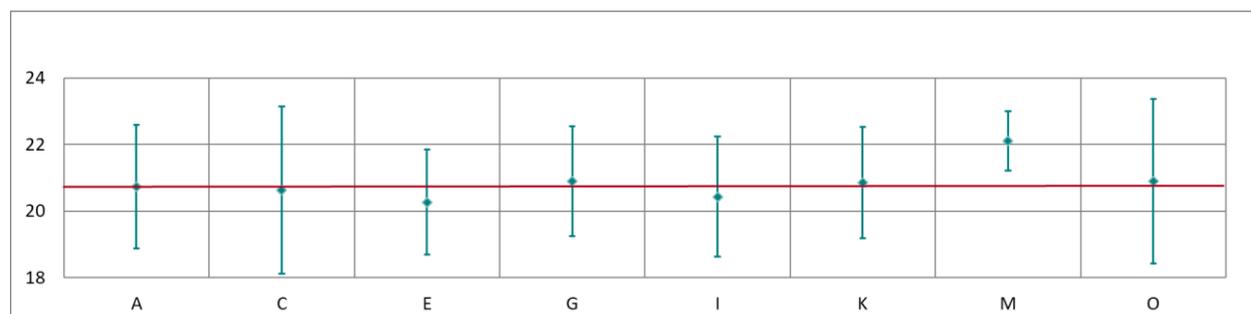


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 26: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 5 $x^* = 20,8$ $s^* = 0,42$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	G	I	K	M	O		
$x_{i,1}$	20.7	20.4	20.3	20.9	20.2	20.8	22.1	20.9		
$x_{i,2}$	20.8	20.7	20.2	20.9	20.4	20.9	22.1	20.9		
$x_{i,3}$	20.7	20.7	20.3	20.9	20.7	20.9	22.2	20.9		
X_i	20.7	20.6	20.3	20.9	20.4	20.9	22.1	20.9		
S_i	0.1	0.2	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0		
$u(x_i)$	0.93	1.25	0.79	0.82	0.90	0.84	0.45	1.24		
$U(x_i)$	1.85	2.51	1.58	1.64	1.80	1.67	0.90	2.48		

Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 5 (in nmol/mol).Tabelle 27: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 6 $x^* = 10,5$ $s^* = 0,44$

	Teilnehmer:innen									
	A	C	E	G	I	K	M	O		
$x_{i,1}$	10.2	10.2	9.8	10.4	10.3	10.5	11.3	10.5		
$x_{i,2}$	10.2	10.3	9.8	10.5	10.5	10.5	11.4	10.5		
$x_{i,3}$	10.3	10.3	9.8	10.5	10.6	10.5	11.4	10.6		
X_i	10.2	10.3	9.8	10.5	10.5	10.5	11.4	10.5		
S_i	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1		
$u(x_i)$	0.87	1.23	0.76	0.79	0.78	0.82	0.31	1.23		
$U(x_i)$	1.74	2.46	1.52	1.59	1.56	1.63	0.62	2.46		

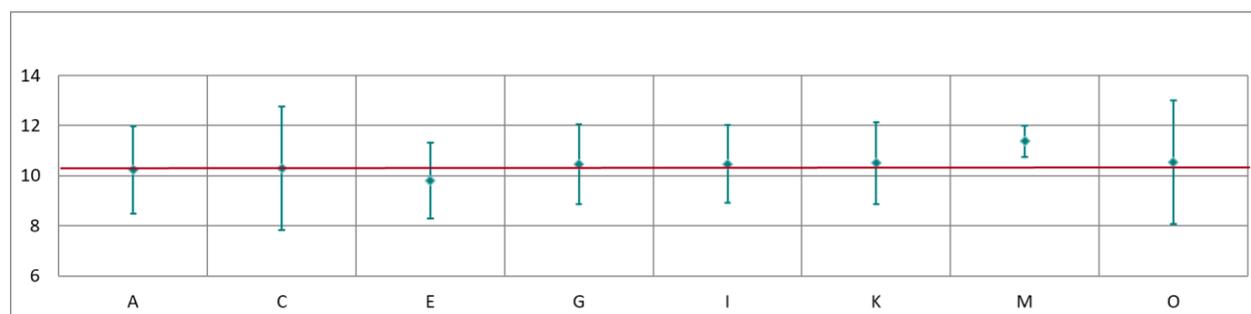
Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 28: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 0 (Nullgas 2)

$x^* = 0,5$

$s^* = 0,40$

	Teilnehmer:innen								
	A	C	E	G	I	K	M	O	
$x_{i,1}$	0.5	0.3	-0.2	0.7	0.8	0.9	-0.5	0.4	
$x_{i,2}$	0.5	0.3	-0.2	0.7	0.9	0.9	1.3	0.4	
$x_{i,3}$									
X_i	0.5	0.3	-0.2	0.7	0.9	0.9	0.4	0.4	
S_i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.3	0.0	
$u(x_i)$	0.85	0.54	0.79	0.77	0.77	0.81	0.55	0.55	
$U(x_i)$	1.69	1.08	1.58	1.55	1.54	1.61	1.10	1.10	

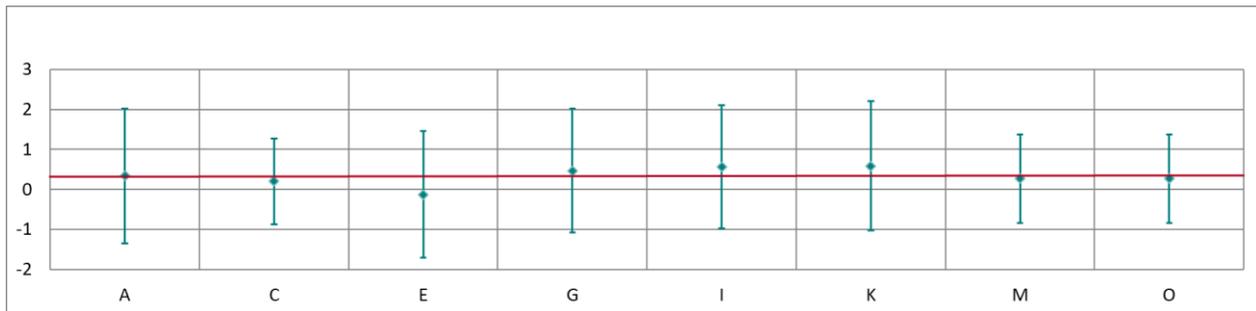


Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 29: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0

$x^* = 0,5$

$s^* = 0,43$

	Teilnehmer:innen								
	A	C	E	G	I	K	M	O	
$x_{i,1}$	-0.2	0.8	0.3	1.1	0.2	0.0	0.6	0.5	
$x_{i,2}$	-0.2	0.9	0.3	1.0	0.0	0.0	0.5	0.6	
X_i	-0.2	0.8	0.3	1.1	0.1	0.0	0.6	0.6	
S_i	0.06	0.06	0.00	0.07	0.14	0.01	0.02	0.07	
$u(x_i)$	0.58	0.46	0.72	0.47	0.45	0.44	0.41	0.47	
$U(x_i)$	1.17	0.92	1.43	0.94	0.90	0.88	0.82	0.94	

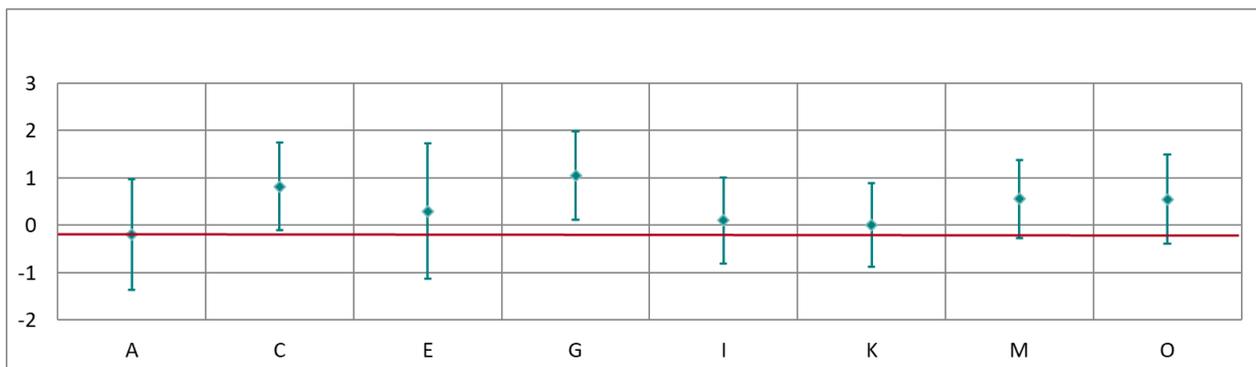


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 30: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 477,6$ $s^* = 4,47$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$								
$x_{i,2}$								
$x_{i,3}$	473.6	475.2	485.7	476.4	479.3	471.8	479.4	477.0
X_i	473.6	475.2	485.7	476.4	479.3	471.8	479.4	477.0
S_i								
$u(x_i)$	6.01	8.32	9.41	5.81	6.22	5.19	5.28	8.19
$U(x_i)$	12.03	16.65	18.83	11.62	12.44	10.38	10.56	16.38

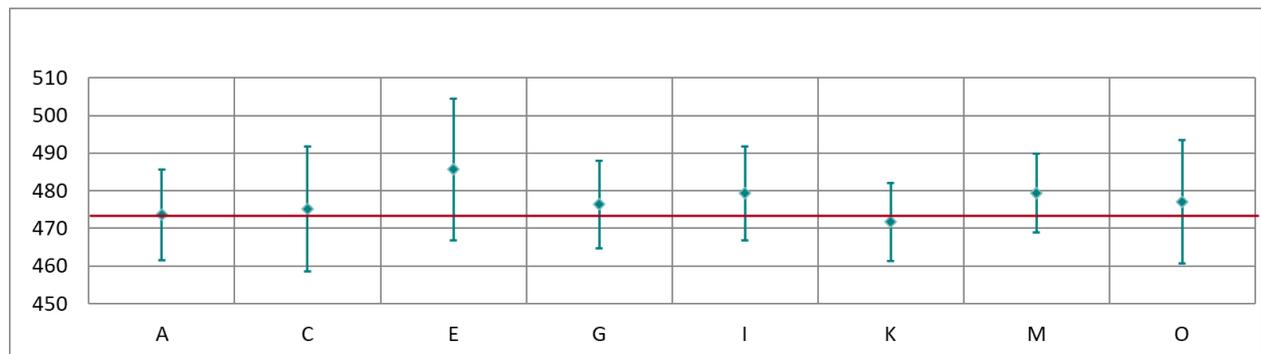


Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 31: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 425$ $s^* = 3,24$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	422.2	424.0	433.1	424.6	427.4	420.1	428.0	425.1
$x_{i,2}$	422.5	424.2	433.1	424.9	427.4	420.1	428.3	425.2
$x_{i,3}$	422.9	424.1	433.1	424.6	427.8	420.2	428.0	425.1
X_i	422.5	424.1	433.1	424.7	427.5	420.1	428.1	425.1
S_i	0.34	0.11	0.00	0.17	0.23	0.06	0.19	0.06
$u(x_i)$	5.36	7.43	8.37	5.18	5.60	4.62	4.95	7.50
$U(x_i)$	10.71	14.86	16.75	10.37	11.20	9.23	9.90	15.00

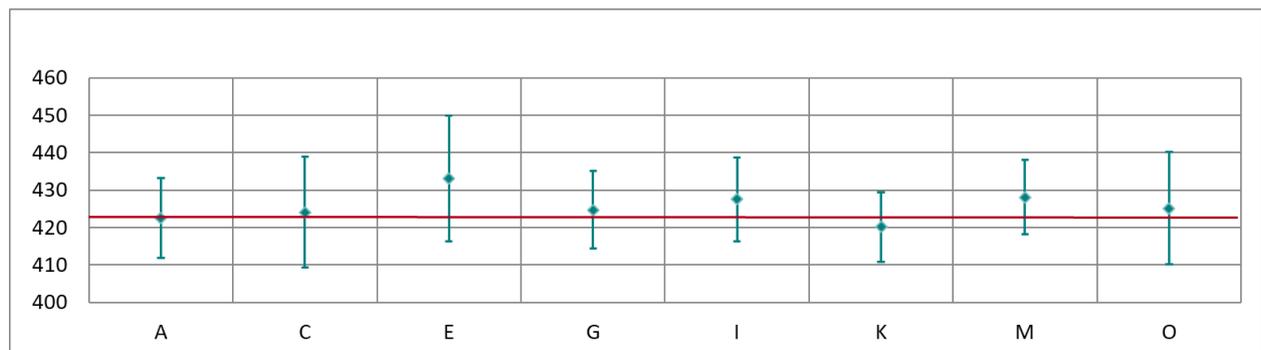


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 32: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 367,7$ $s^* = 3,87$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	364.5	366.0	373.6	366.1	369.1	362.8	369.6	366.7
$x_{i,2}$	364.5	366.1	373.5	366.2	368.9	362.5	369.4	366.6
$x_{i,3}$	364.7	366.4	373.7	366.3	369.1	362.8	370.0	367.0
X_i	364.6	366.1	373.6	366.2	369.0	362.7	369.6	366.8
S_i	0.10	0.19	0.10	0.10	0.12	0.16	0.29	0.21
$u(x_i)$	4.57	6.42	7.24	4.46	4.90	3.99	3.91	6.34
$U(x_i)$	9.14	12.83	14.48	8.92	9.80	7.97	7.82	12.68

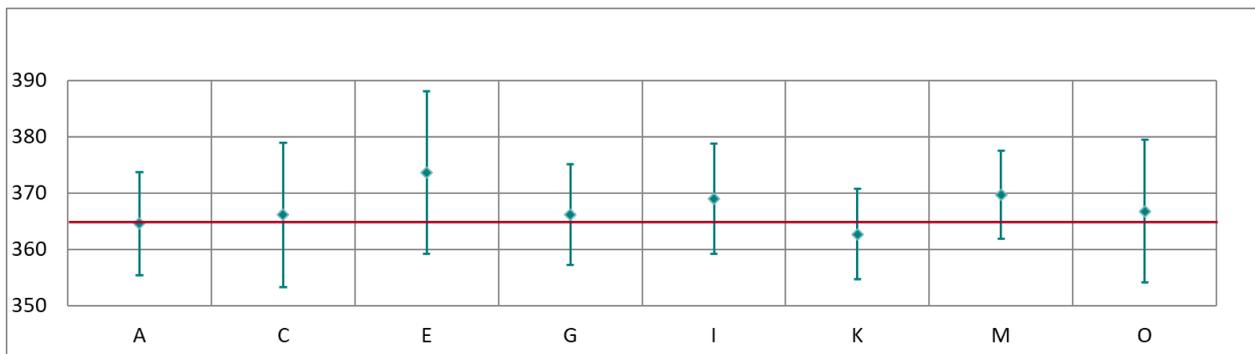


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 478,9$ $s^* = 4,57$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	475.4	476.8	486.2	477.2	480.7	472.6	480.7	478.1
$x_{i,2}$	475.3	476.9	486.3	477.5	480.8	472.8	480.9	478.2
$x_{i,3}$	475.3	477.0	486.3	477.4	480.5	473.1	480.7	478.1
X_i	475.3	476.9	486.3	477.4	480.7	472.8	480.7	478.1
S_i	0.07	0.08	0.06	0.15	0.15	0.26	0.12	0.06
$u(x_i)$	6.00	8.35	9.42	5.81	6.23	5.19	5.23	8.20
$U(x_i)$	12.00	16.70	18.85	11.62	12.46	10.38	10.46	16.40

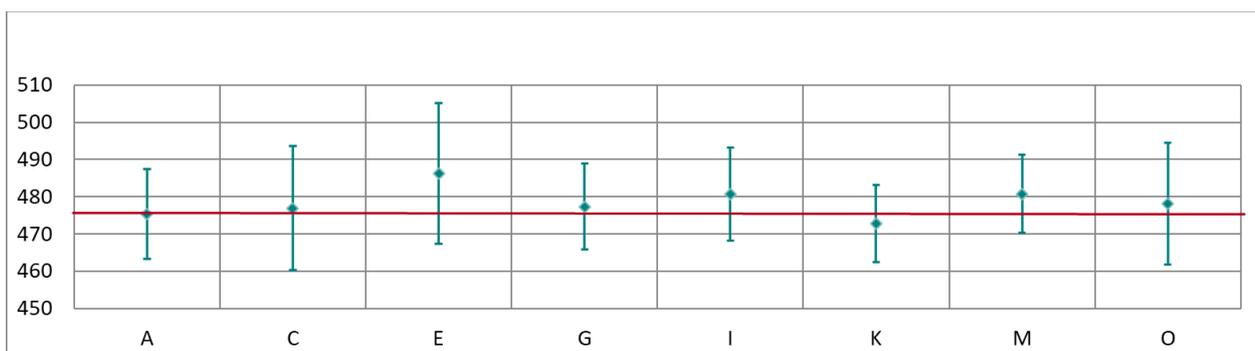


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 34: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,25$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	-0.1	1.4	0.6	0.9	0.4	0.3	1.0	0.8
$x_{i,2}$	0.0	1.3	0.4	0.7	0.3	0.3	0.9	0.9
$x_{i,3}$								
X_i	0.0	1.4	0.5	0.8	0.4	0.3	0.9	0.9
S_i	0.07	0.06	0.14	0.14	0.07	0.01	0.06	0.07
$u(x_i)$	0.47	0.46	0.72	0.47	0.45	0.46	0.41	0.50
$U(x_i)$	0.93	0.91	1.43	0.94	0.90	0.92	0.82	1.00

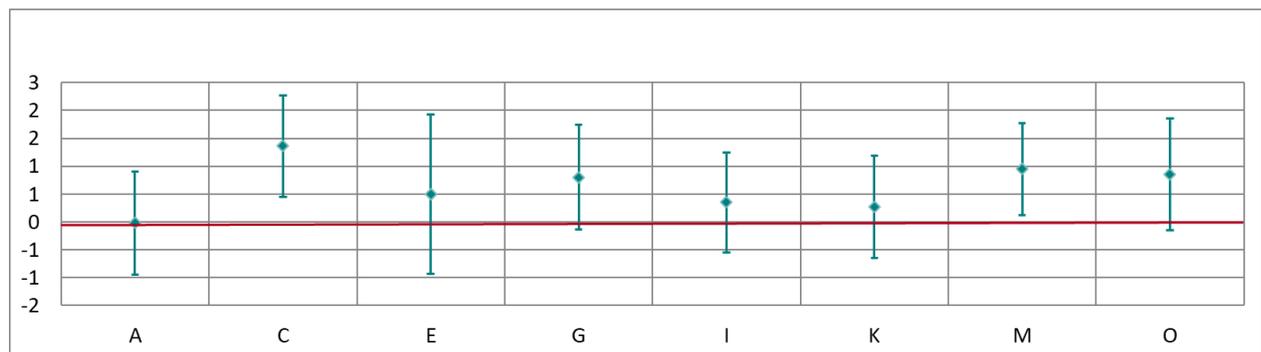


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 35: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 448,7$ $s^* = 4,19$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	445.6	446.8	455.3	446.8	450.2	442.8	450.1	448.5
$x_{i,2}$	445.5	447.0	455.5	447.0	450.2	443.3	450.3	448.5
$x_{i,3}$	445.6	447.0	455.8	447.0	450.3	443.1	450.1	448.5
X_i	445.6	446.9	455.5	446.9	450.2	443.1	450.2	448.5
S_i	0.05	0.08	0.25	0.12	0.06	0.22	0.12	0.00
$u(x_i)$	5.67	7.83	8.83	5.46	5.86	4.87	5.15	7.70
$U(x_i)$	11.34	15.65	17.66	10.92	11.72	9.73	10.30	15.40

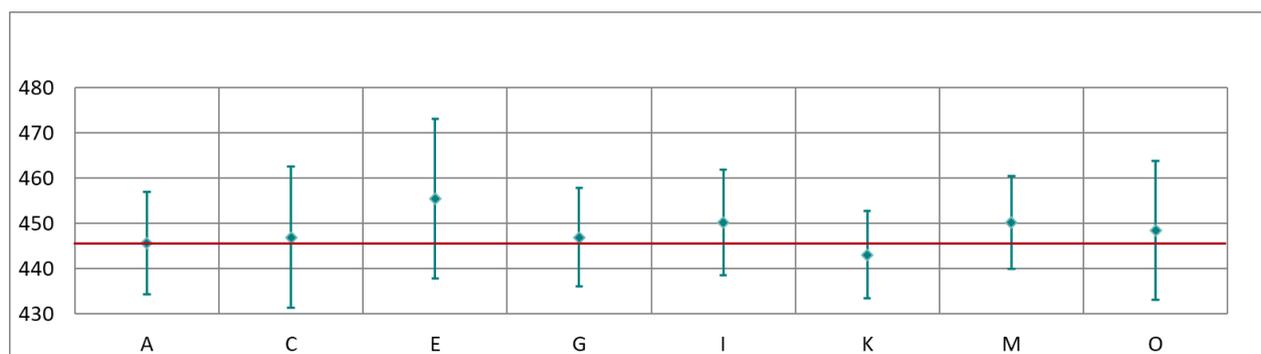


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 36: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 257,3$ $s^* = 2,69$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	256.0	256.9	261.1	256.1	258.6	253.9	259.6	256.8
$x_{i,2}$	255.9	256.5	260.8	255.9	258.3	253.6	259.2	256.4
$x_{i,3}$	255.5	256.5	260.7	255.7	258.1	253.5	258.9	256.3
$X_{i,}$	255.8	256.6	260.9	255.9	258.3	253.7	259.2	256.5
$S_{i,}$	0.24	0.25	0.21	0.20	0.25	0.23	0.38	0.26
$u(x_i)$	3.30	4.51	5.06	3.15	3.62	2.80	2.52	4.60
$U(x_i)$	6.60	9.02	10.11	6.30	7.24	5.60	5.04	9.20

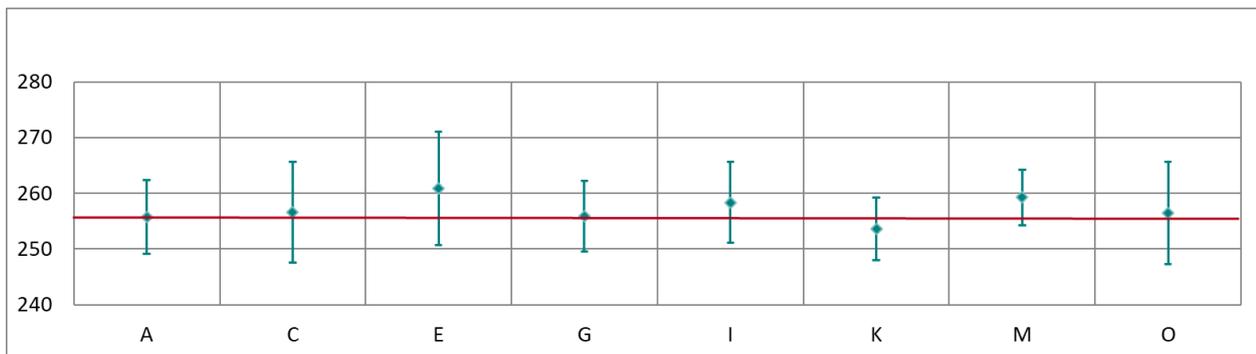


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 37: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 244,2$ $s^* = 2,25$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	242.6	243.5	247.8	243.2	245.0	240.9	245.0	243.6
$x_{i,2}$	242.5	243.7	247.8	243.2	245.1	241.2	244.9	243.8
$x_{i,3}$	242.5	243.6	247.9	243.3	244.9	241.2	245.0	243.8
$X_{i,}$	242.5	243.6	247.8	243.2	245.0	241.1	245.0	243.7
$S_{i,}$	0.04	0.09	0.06	0.06	0.10	0.16	0.05	0.12
$u(x_i)$	3.17	4.27	4.79	2.98	3.46	2.65	2.50	4.22
$U(x_i)$	6.33	8.55	9.58	5.96	6.92	5.30	5.00	8.44

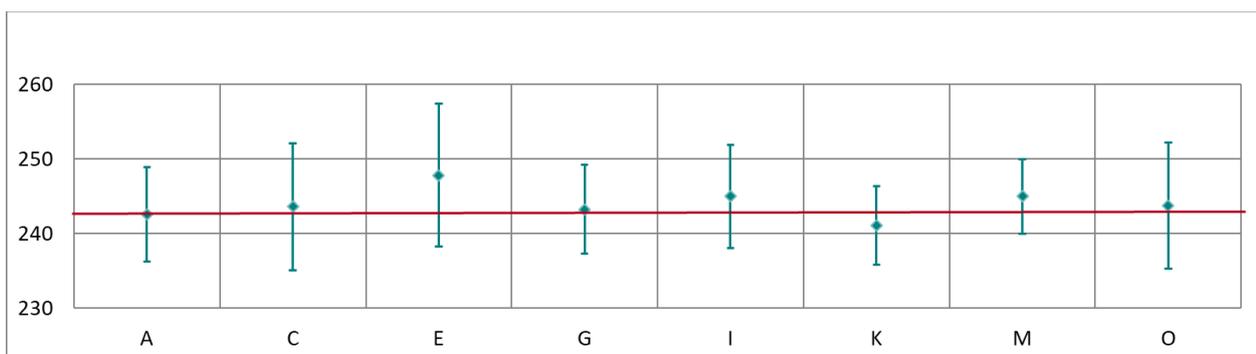


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8

 $x^* = 132,9$ $s^* = 1,44$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	132.0	132.8	134.6	132.2	133.4	131.0	134.3	132.2
$x_{i,2}$	131.9	132.8	134.6	132.0	133.4	130.9	134.2	132.1
$x_{i,3}$	131.8	132.7	134.5	131.9	133.4	130.9	133.9	132.2
X_i	131.9	132.8	134.6	132.0	133.4	130.9	134.1	132.1
S_i	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.1
$u(x_i)$	1.72	2.34	2.61	1.67	2.33	1.46	1.40	2.30
$U(x_i)$	3.43	4.68	5.22	3.35	4.66	2.91	2.80	4.60

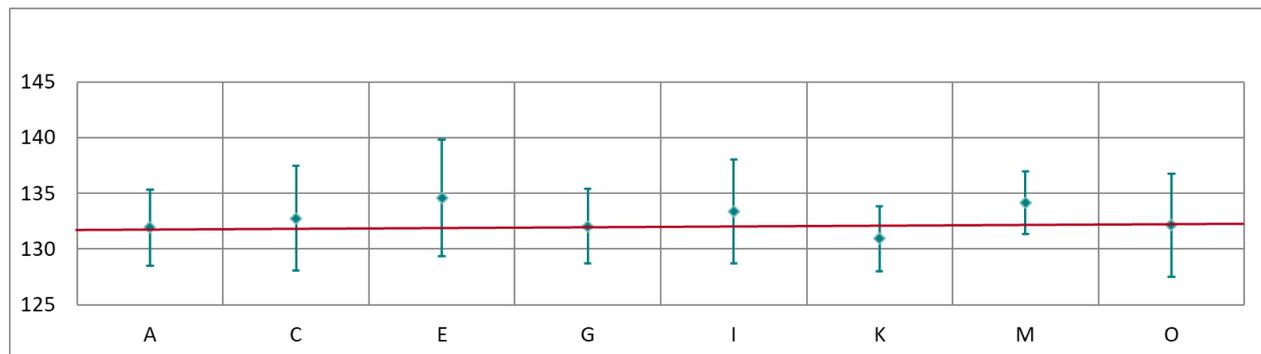


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9

 $x^* = 116,8$ $s^* = 1,23$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	115.4	116.7	118.6	116.1	117.2	115.2	117.4	116.1
$x_{i,2}$	115.4	116.5	118.5	116.3	117.2	115.3	117.4	116.1
$x_{i,3}$	115.4	116.7	118.7	116.3	117.3	115.3	117.5	116.1
X_i	115.4	116.7	118.6	116.2	117.2	115.2	117.4	116.1
S_i	0.02	0.09	0.10	0.12	0.06	0.02	0.04	0.03
$u(x_i)$	1.49	2.06	2.29	1.48	2.18	1.29	1.47	2.08
$U(x_i)$	2.97	4.12	4.58	2.97	4.36	2.57	2.94	4.16

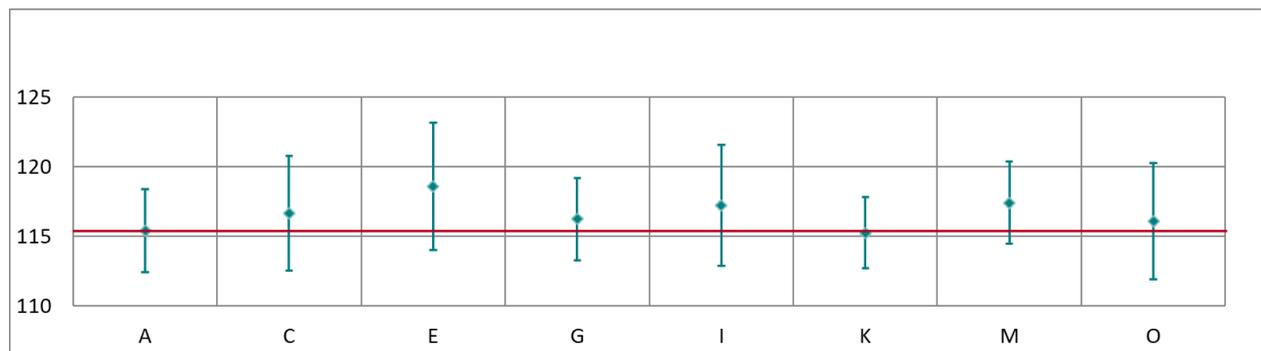


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10 $x^* = 35,2$ $s^* = 0,62$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	34.5	35.5	35.5	34.9	35.4	34.6	36.2	35.0
$x_{i,2}$	34.4	35.3	35.5	34.7	35.4	34.4	36.1	35.0
$x_{i,3}$	34.4	35.5	35.4	34.7	35.3	34.4	36.1	35.3
X_i	34.4	35.4	35.5	34.8	35.4	34.5	36.1	35.1
S_i	0.08	0.10	0.06	0.12	0.06	0.09	0.09	0.18
$u(x_i)$	0.46	0.69	0.69	0.63	1.68	0.43	0.61	0.70
$U(x_i)$	0.91	1.38	1.37	1.26	3.36	0.86	1.22	1.40

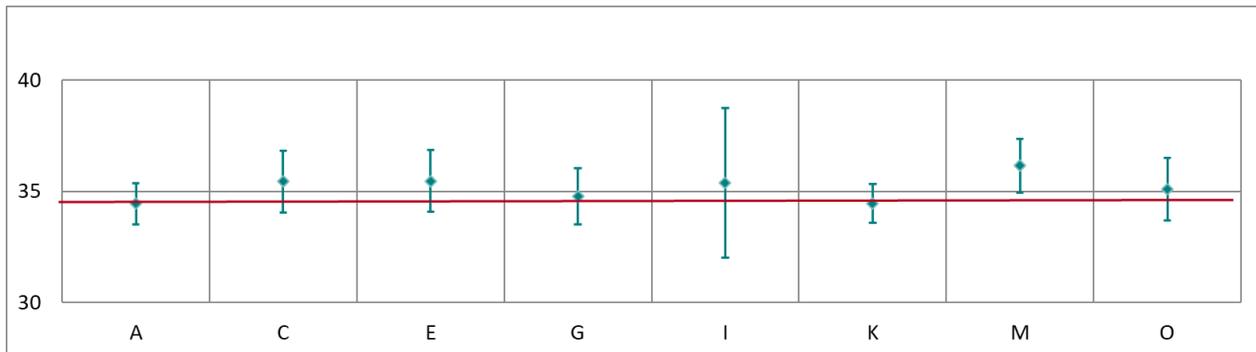


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11 $x^* = 70,9$ $s^* = 0,88$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	69.9	70.9	72.0	70.7	71.3	69.8	71.7	70.1
$x_{i,2}$	69.8	70.8	72.0	70.5	71.3	70.0	71.5	70.1
$x_{i,3}$	69.8	70.9	72.2	70.5	71.2	70.0	71.7	70.2
X_i	69.8	70.9	72.1	70.6	71.3	69.9	71.6	70.1
S_i	0.06	0.05	0.12	0.12	0.06	0.10	0.10	0.06
$u(x_i)$	0.98	1.27	1.39	0.96	1.85	0.79	0.87	0.66
$U(x_i)$	1.95	2.54	2.79	1.92	3.70	1.58	1.74	1.32

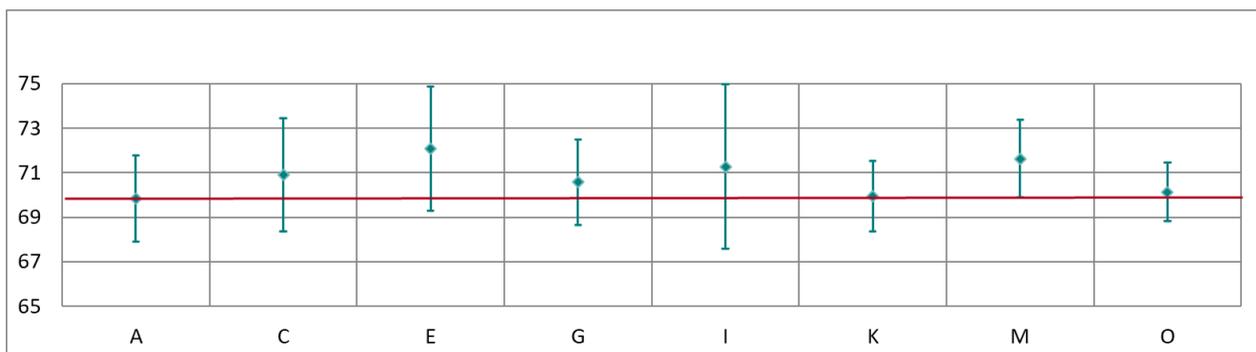


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 42: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12

 $x^* = 34,4$ $s^* = 0,58$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	33.6	34.5	34.8	34.0	34.5	33.8	35.1	33.9
$x_{i,2}$	33.7	34.6	34.9	34.1	34.6	33.9	35.3	34.0
$x_{i,3}$	33.6	34.5	34.8	34.0	34.5	33.8	35.3	34.1
X_i	33.6	34.6	34.8	34.0	34.5	33.8	35.2	34.0
S_i	0.00	0.92	1.20	0.40	0.90	0.19	1.61	0.37
$u(x_i)$	0.45	0.66	0.67	0.61	1.67	0.44	0.84	1.32
$U(x_i)$	0.91	1.33	1.34	1.21	3.34	0.87	1.68	2.64

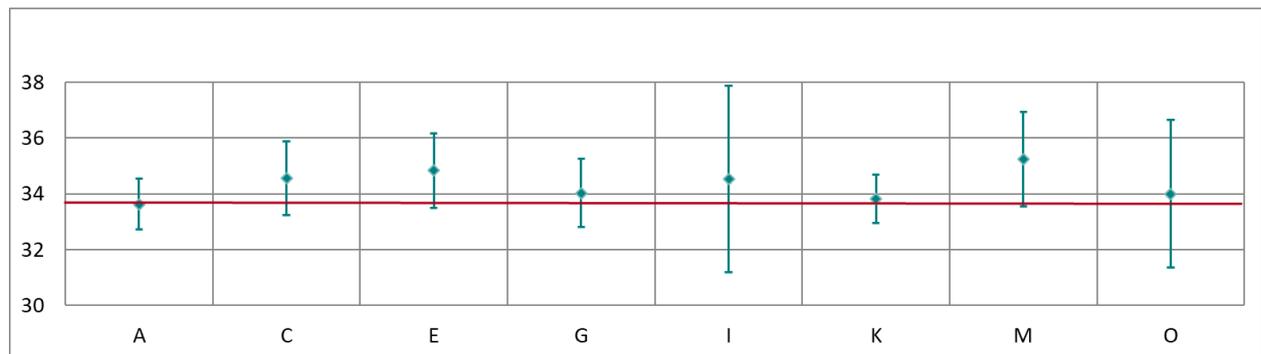


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13

 $x^* = 30,4$ $s^* = 0,49$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	29.5	30.6	30.8	30.2	30.5	29.8	30.8	29.9
$x_{i,2}$	29.5	30.7	30.8	30.1	30.5	29.9	31.0	30.0
$x_{i,3}$	29.5	30.6	30.8	30.1	30.6	30.0	31.0	29.9
X_i	29.5	30.6	30.8	30.1	30.5	29.9	31.0	29.9
S_i	0.05	0.08	0.00	0.06	0.06	0.07	0.10	0.04
$u(x_i)$	0.45	0.60	0.60	0.57	1.66	0.39	0.59	0.65
$U(x_i)$	0.90	1.20	1.19	1.14	3.32	0.78	1.18	1.30

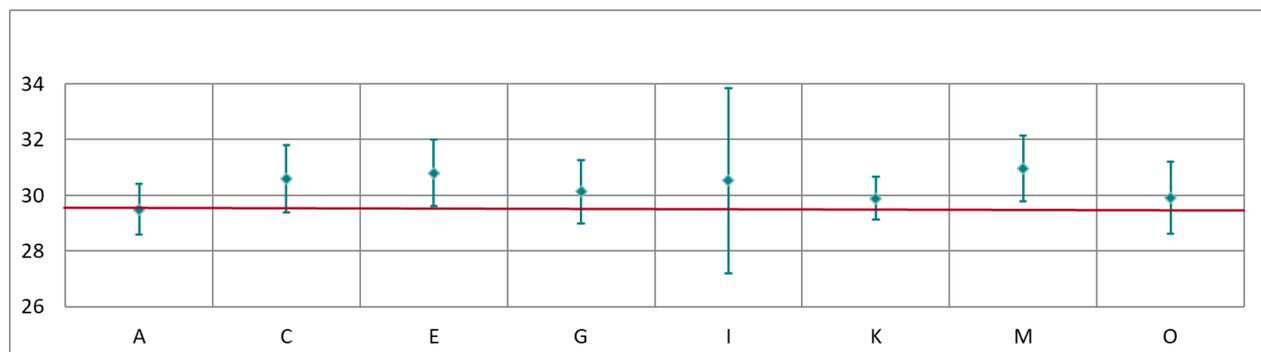


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 19,7$ $s^* = 0,43$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	18.9	19.8	19.9	19.5	19.7	19.3	20.3	19.3
$x_{i,2}$	19.0	19.9	19.9	19.5	19.8	19.2	20.3	19.2
$x_{i,3}$	19.0	20.0	19.9	19.5	19.8	19.3	20.3	19.2
X_i	19.0	19.9	19.9	19.5	19.8	19.3	20.3	19.2
S_i	0.08	0.08	0.00	0.02	0.06	0.07	0.04	0.06
$u(x_i)$	0.46	0.44	0.73	0.51	0.47	0.45	0.43	0.45
$U(x_i)$	0.91	0.87	1.47	1.02	0.94	0.89	0.86	0.90

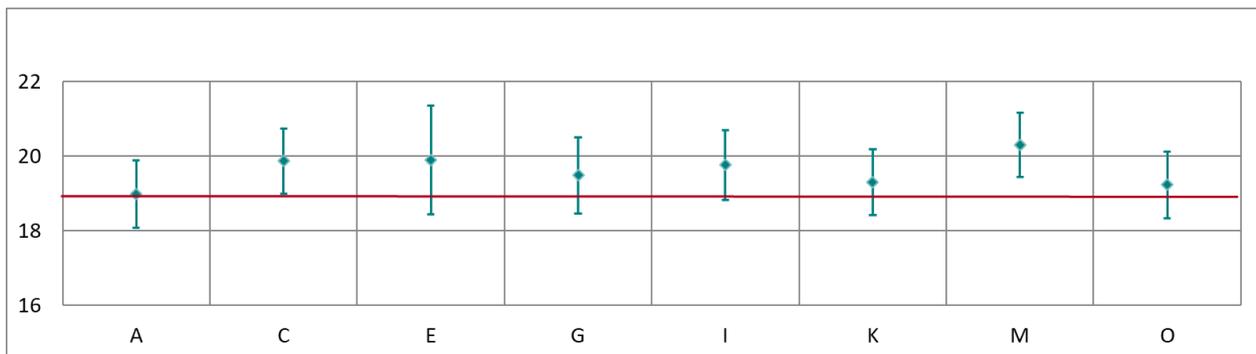


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO bei Durchgang 15 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 15 $x^* = 10,3$ $s^* = 0,30$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	9.5	10.5	10.2	10.0	10.3	9.9	10.7	10.0
$x_{i,2}$	9.6	10.5	10.3	10.1	10.3	10.1	10.7	10.1
$x_{i,3}$	9.5	10.5	10.3	10.2	10.1	9.9	10.7	10.0
X_i	9.5	10.5	10.3	10.1	10.2	10.0	10.7	10.0
S_i	0.03	0.04	0.06	0.10	0.12	0.10	0.02	0.06
$u(x_i)$	0.47	0.34	0.71	0.47	0.49	0.46	0.40	0.31
$U(x_i)$	0.94	0.68	1.42	0.94	0.98	0.91	0.80	0.62

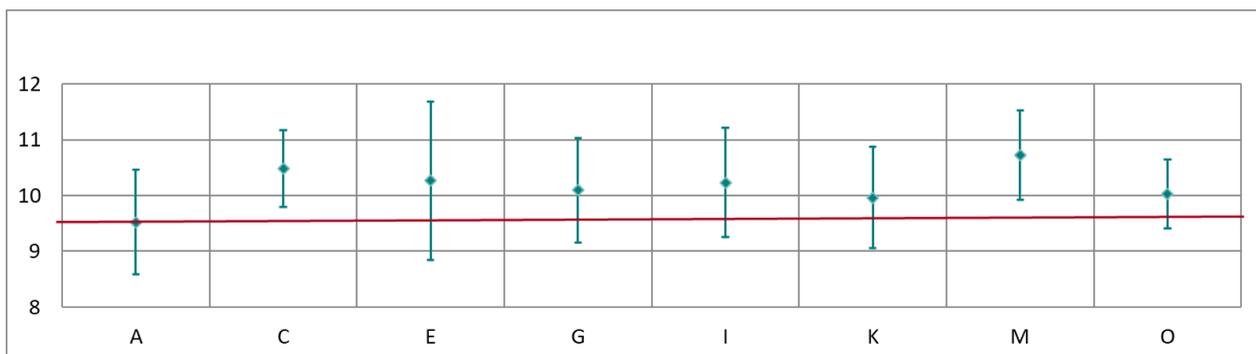


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 15 (in nmol/mol).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO bei Durchgang 16 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 16

 $x^* = 478,6$ $s^* = 4,59$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	475.6	476.7	486.9	476.5	480.9	473.0	480.3	477.9
$x_{i,2}$	475.5	476.7	486.6	476.6	480.8	472.5	480.4	478.0
$x_{i,3}$	475.6	476.8	486.4	476.5	480.8	472.5	479.6	477.9
X_i	475.6	476.7	486.6	476.5	480.8	472.7	480.1	477.9
S_i	0.06	0.07	0.25	0.06	0.06	0.27	0.44	0.06
$u(x_i)$	5.98	8.35	9.41	5.81	6.23	5.20	5.20	8.35
$U(x_i)$	11.96	16.70	18.82	11.61	12.46	10.39	10.40	0.62

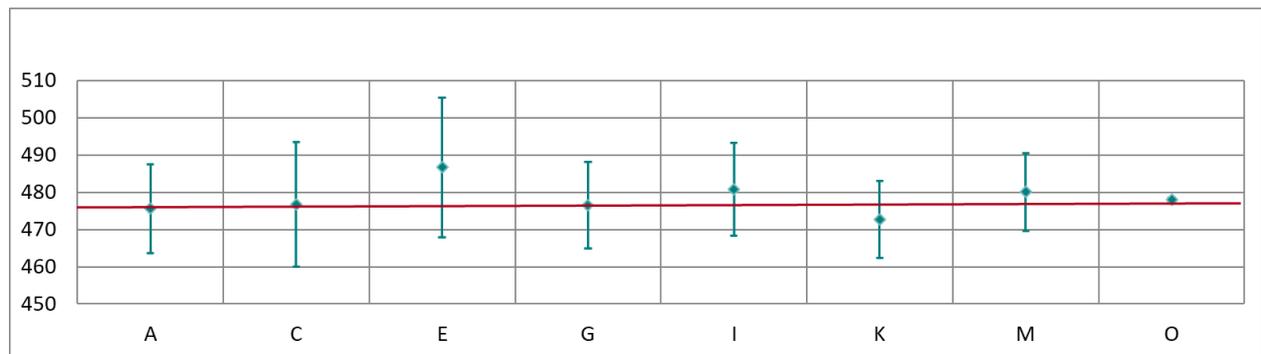


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 17

 $x^* = 367,7$ $s^* = 3,96$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	365.7	366.1	373.8	365.9	370.0	363.0	369.8	366.7
$x_{i,2}$	365.1	365.9	373.5	365.6	369.3	363.1	369.5	366.8
$x_{i,3}$	364.8	365.7	373.6	365.6	369.6	362.9	369.5	366.7
X_i	365.2	365.9	373.6	365.7	369.6	363.0	369.6	366.7
S_i	0.48	0.22	0.15	0.17	0.35	0.11	0.17	0.06
$u(x_i)$	4.58	6.41	7.22	4.46	4.93	3.99	3.91	6.42
$U(x_i)$	9.16	12.82	14.45	8.91	9.86	7.98	7.82	12.84

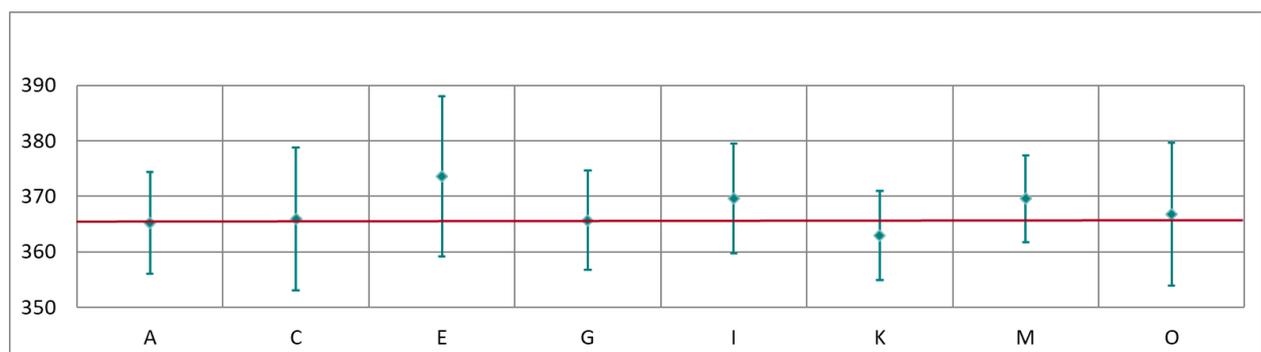


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 17 (in nmol/mol).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 3)

$x^* = 0,3$

$s^* = 0,22$

	Teilnehmer							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	-0.5	0.4	0.1	0.1	0.4	0.2	0.8	0.2
$x_{i,2}$	-0.5	0.4	0.0	0.1	0.2	0.1	0.6	0.3
$x_{i,3}$								
X_i	-0.5	0.4	0.1	0.1	0.3	0.2	0.7	0.3
S_i	0.02	0.02	0.07	0.00	0.14	0.06	0.13	0.07
$u(x_i)$	0.45	0.45	0.72	0.47	0.45	0.46	0.41	0.46
$U(x_i)$	0.90	0.90	1.43	0.94	0.90	0.91	0.82	0.92

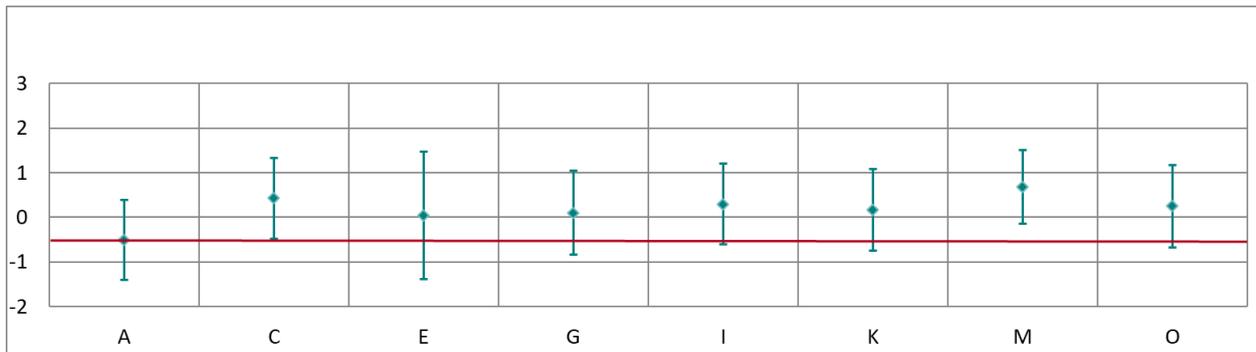
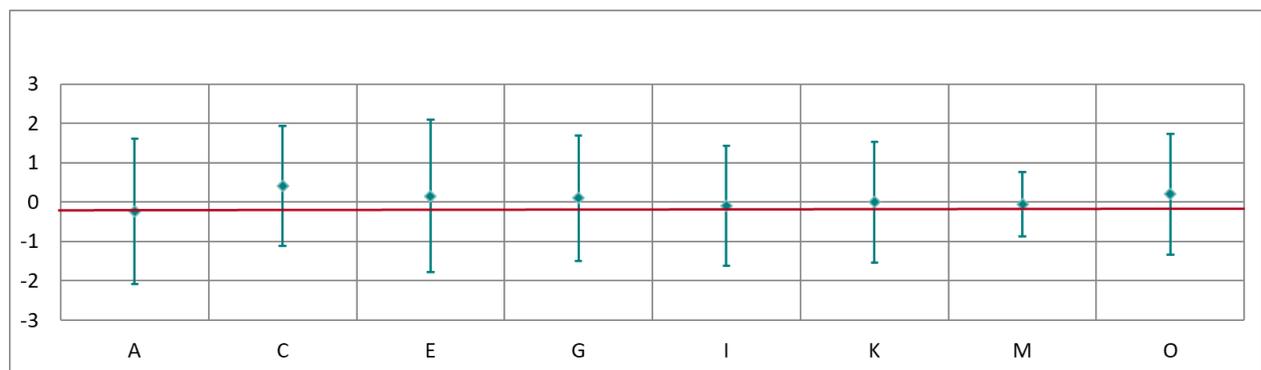


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂Tabelle 49: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	-0.2	0.4	0.2	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.2
$x_{i,2}$	-0.3	0.4	0.1	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.2
X_i	-0.2	0.4	0.2	0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.2
S_i	0.10	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
$u(x_i)$	0.93	0.76	0.97	0.80	0.76	0.77	0.41	0.77
$U(x_i)$	1.85	1.52	1.94	1.59	1.52	1.53	0.82	1.54

Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Tabelle 50: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 1 $x^* = 11,5$ $s^* = 1,35$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$								
$x_{i,2}$								
$x_{i,3}$	11.7	10.7	12.7	12.8	12.3	11.8	10.0	10.2
X_i	11.7	10.7	12.7	12.8	12.3	11.8	10.0	10.2
S_i								
$u(x_i)$	1.04	0.50	0.97	0.98	1.03	0.81	0.42	0.60
$U(x_i)$	2.07	1.00	1.94	1.96	2.06	1.61	0.84	1.20

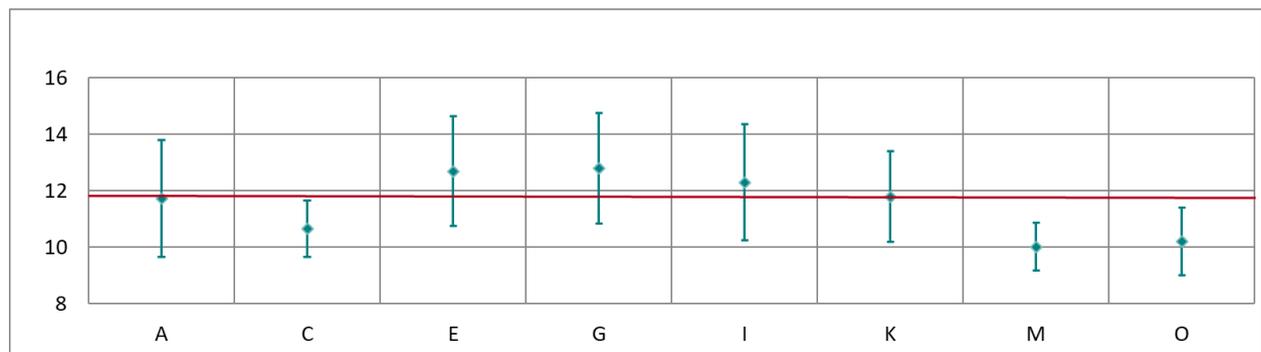
Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 63,6$ $s^* = 1,36$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	63.1	62.0	65.2	64.6	64.1	63.4	61.9	62.0
$x_{i,2}$	63.1	62.2	65.1	64.8	64.1	63.7	63.4	62.3
$x_{i,3}$	63.2	62.3	65.2	64.7	64.4	64.0	63.4	62.3
X_i	63.1	62.2	65.2	64.7	64.2	63.7	62.9	62.2
S_i	0.10	0.15	0.06	0.10	0.17	0.34	0.89	0.17
$u(x_i)$	1.21	1.17	1.26	1.21	2.01	0.84	0.93	1.20
$U(x_i)$	2.42	2.34	2.53	2.42	4.02	1.68	1.86	2.40

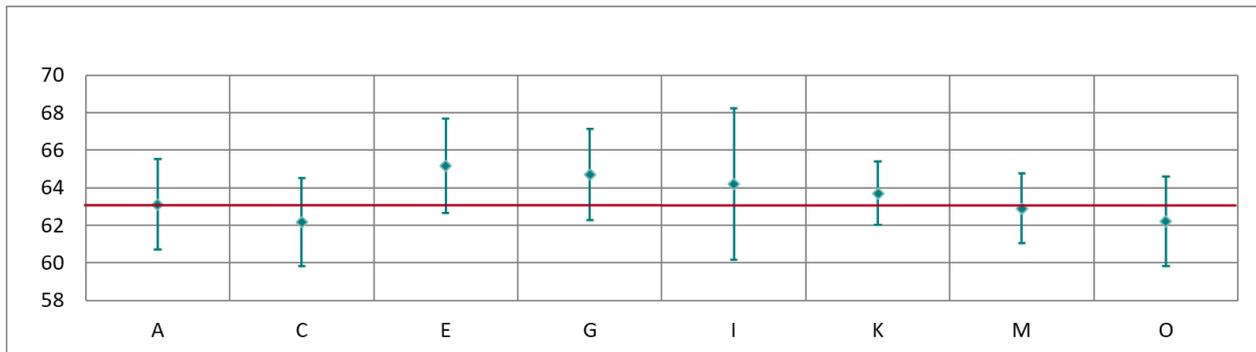


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 122,2$ $s^* = 2,34$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	121.4	120.4	125.2	123.2	122.7	122.4	119.5	121.0
$x_{i,2}$	121.6	120.6	125.7	123.5	122.9	122.7	119.5	121.3
$x_{i,3}$	121.7	120.7	125.8	123.6	123.1	122.7	118.9	121.3
X_i	121.6	120.6	125.6	123.4	122.9	122.6	119.3	121.2
S_i	0.14	0.15	0.32	0.21	0.20	0.20	0.31	0.21
$u(x_i)$	2.06	2.15	2.43	1.70	2.39	1.40	1.12	2.10
$U(x_i)$	4.12	4.31	4.86	3.40	4.78	2.79	2.24	4.20

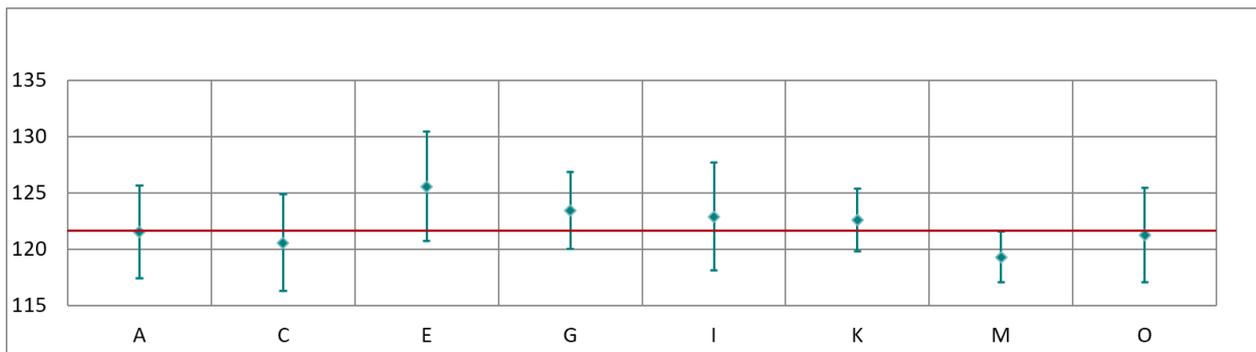


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 4 $x^* = 12,2$ $s^* = 1,67$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	11.9	11.1	13.5	13.3	12.8	13.6	10.6	10.5
$x_{i,2}$	11.9	11.1	13.6	13.3	12.6	13.7	10.3	10.5
$x_{i,3}$	12.0	11.1	13.6	13.3	12.7	13.8	10.3	10.6
X_i	11.9	11.1	13.6	13.3	12.7	13.7	10.4	10.5
S_i	0.01	0.00	0.06	0.00	0.10	0.13	0.21	0.06
$u(x_i)$	0.92	0.44	0.96	0.87	0.88	0.87	0.41	0.45
$U(x_i)$	1.83	0.87	1.92	1.75	1.76	1.73	0.82	0.90

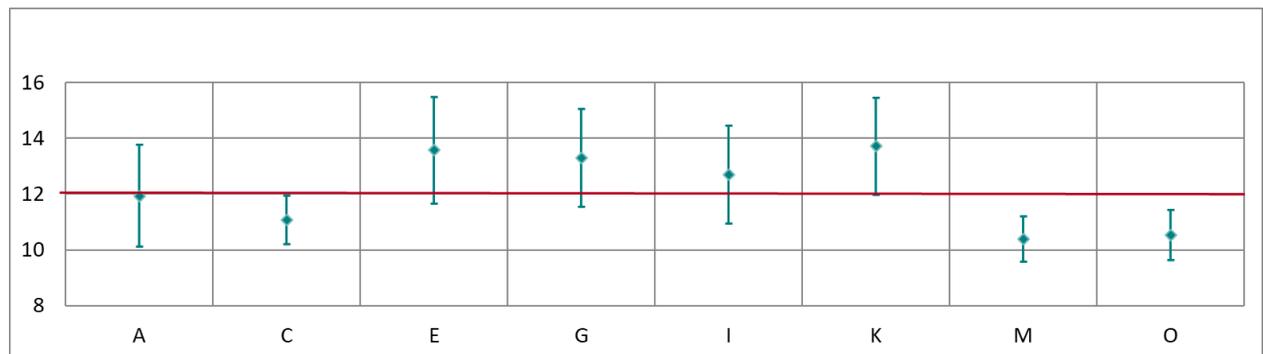


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	-0.1	0.4	0.1	0.0	0.3	0.6	0.0	0.1
$x_{i,2}$	-0.3	0.4	0.0	-0.1	0.1	0.2	-0.3	0.2
$x_{i,3}$								
X_i	-0.2	0.4	0.1	-0.1	0.2	0.4	-0.2	0.2
S_i	0.13	0.03	0.07	0.07	0.14	0.30	0.21	0.07
$u(x_i)$	0.79	0.76	0.95	0.80	0.77	0.82	0.41	0.67
$U(x_i)$	1.57	1.53	1.91	1.59	1.54	1.63	0.82	1.34

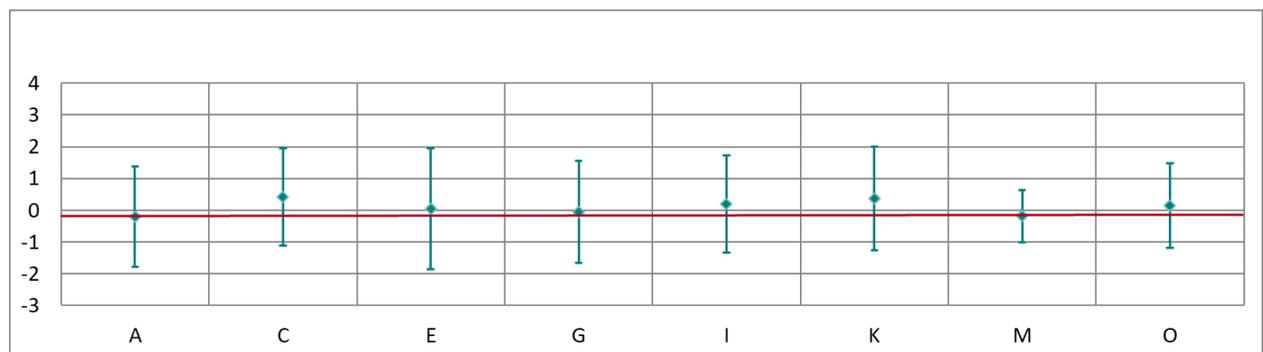


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 5 $x^* = 11,9$ $s^* = 1,43$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	11.7	11.0	13.4	12.8	12.1	12.8	10.2	10.5
$x_{i,2}$	11.7	10.8	13.4	12.8	12.3	13.0	10.3	10.6
$x_{i,3}$	11.6	11.0	13.5	12.7	12.3	13.3	10.7	10.6
X_i	11.7	10.9	13.4	12.8	12.2	13.1	10.4	10.6
S_i	0.05	0.08	0.06	0.06	0.12	0.24	0.28	0.06
$u(x_i)$	0.83	0.43	0.97	1.00	0.81	0.84	0.39	0.50
$U(x_i)$	1.66	0.87	1.94	2.01	1.62	1.67	0.78	1.00

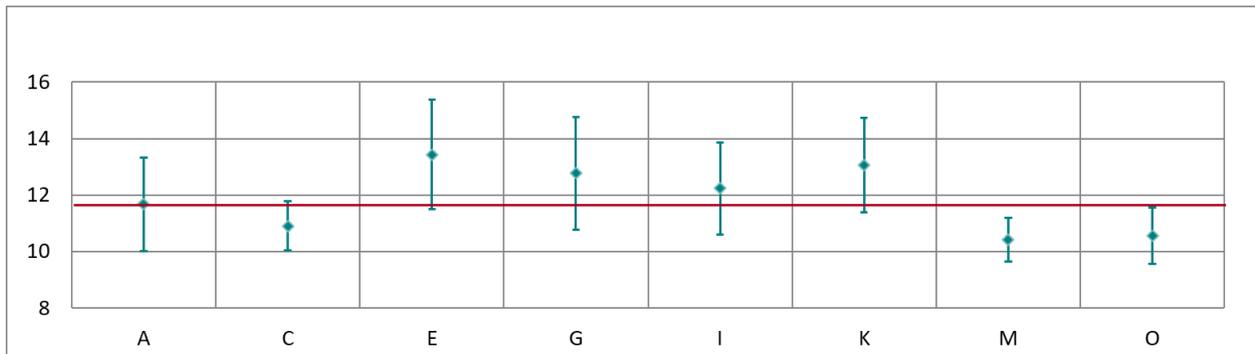


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 202,4$ $s^* = 2,22$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	201.5	200.6	207.3	203.2	203.2	201.9	199.8	201.1
$x_{i,2}$	201.7	200.7	207.7	203.3	203.6	202.3	199.9	201.2
$x_{i,3}$	202.0	201.0	207.9	203.5	203.8	202.7	200.5	201.2
X_i	201.7	200.8	207.6	203.3	203.5	202.3	200.1	201.2
S_i	0.27	0.18	0.31	0.15	0.31	0.39	0.36	0.06
$u(x_i)$	2.83	3.55	4.05	2.59	3.10	2.26	2.20	3.65
$U(x_i)$	5.65	7.10	8.10	5.19	6.20	4.51	4.40	7.30

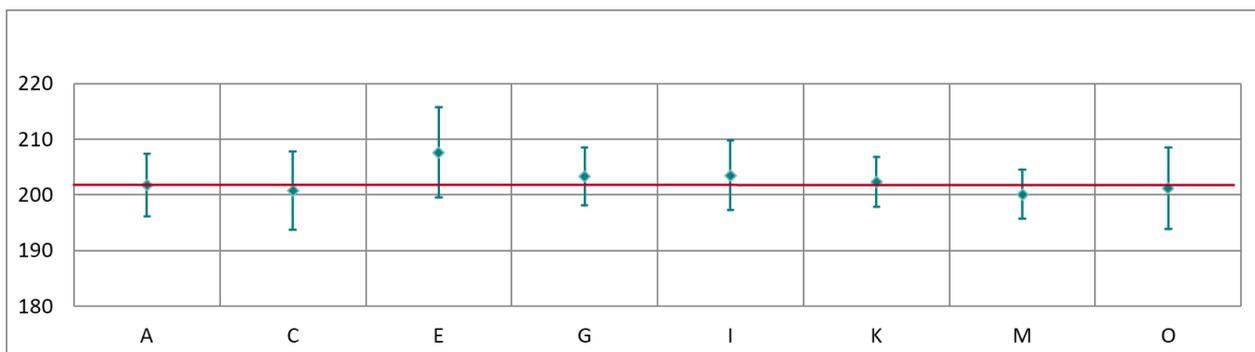


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 11,0$ $s^* = 0,76$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	10.8	10.6	11.9	11.3	11.4	11.3	10.1	10.4
$x_{i,2}$	10.8	10.6	12.0	11.3	11.4	11.4	10.1	10.5
$x_{i,3}$	10.8	10.6	12.1	11.3	11.6	11.4	10.2	10.4
X_i	10.8	10.6	12.0	11.3	11.5	11.4	10.1	10.4
S_i	0.01	0.02	0.10	0.00	0.12	0.08	0.05	0.06
$u(x_i)$	0.77	0.41	0.97	0.80	0.81	0.79	0.42	0.43
$U(x_i)$	1.54	0.82	1.94	1.59	1.62	1.58	0.84	0.86

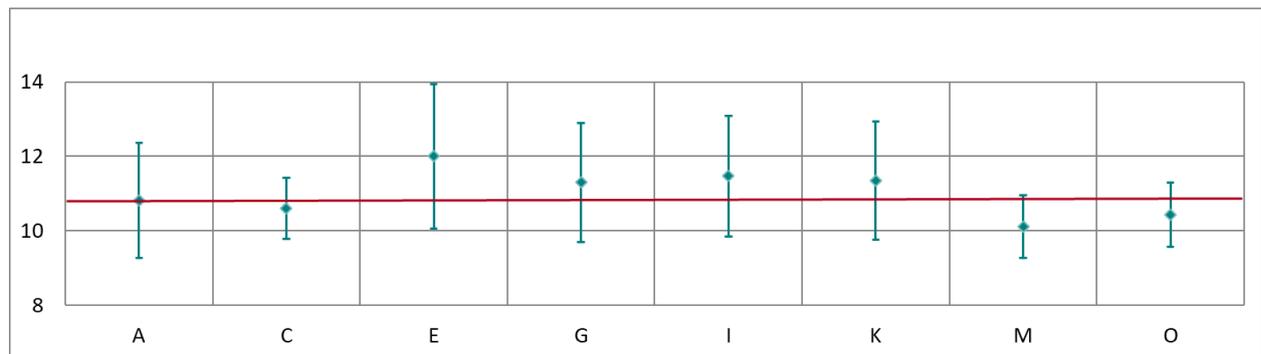


Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 121,9$ $s^* = 1,17$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	121.4	121.4	125.1	122.1	122.5	121.4	120.7	121.5
$x_{i,2}$	121.7	121.3	125.1	122.3	122.7	121.6	120.3	121.4
$x_{i,3}$	121.7	121.3	125.1	122.2	122.7	121.6	120.4	121.4
X_i	121.6	121.4	125.1	122.2	122.6	121.5	120.5	121.4
S_i	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
$u(x_i)$	1.60	2.15	2.43	1.66	2.34	1.37	1.48	3.65
$U(x_i)$	3.20	4.30	4.86	3.32	4.68	2.74	2.96	7.30

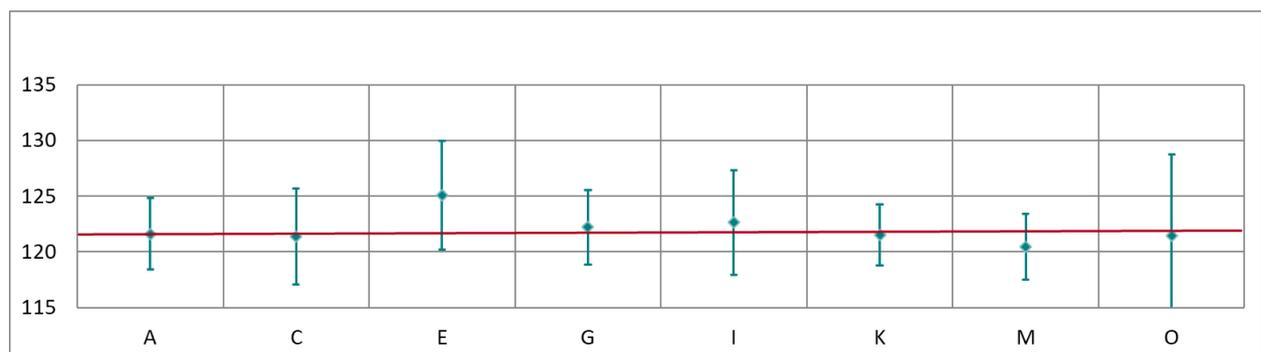


Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 10,4$ $s^* = 0,51$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	10.4	10.6	10.9	10.5	10.9	10.2	8.7	10.1
$x_{i,2}$	10.4	10.8	11.0	10.4	10.9	10.3	8.6	10.2
$x_{i,3}$	10.3	10.6	11.0	10.5	10.8	10.2	8.5	10.2
X_i	10.4	10.7	11.0	10.5	10.9	10.2	8.6	10.2
S_i	0.05	0.10	0.06	0.06	0.06	0.10	0.08	0.06
$u(x_i)$	0.76	0.41	0.96	0.80	0.78	0.77	0.45	0.39
$U(x_i)$	1.52	0.82	1.92	1.59	1.56	1.54	0.90	0.78

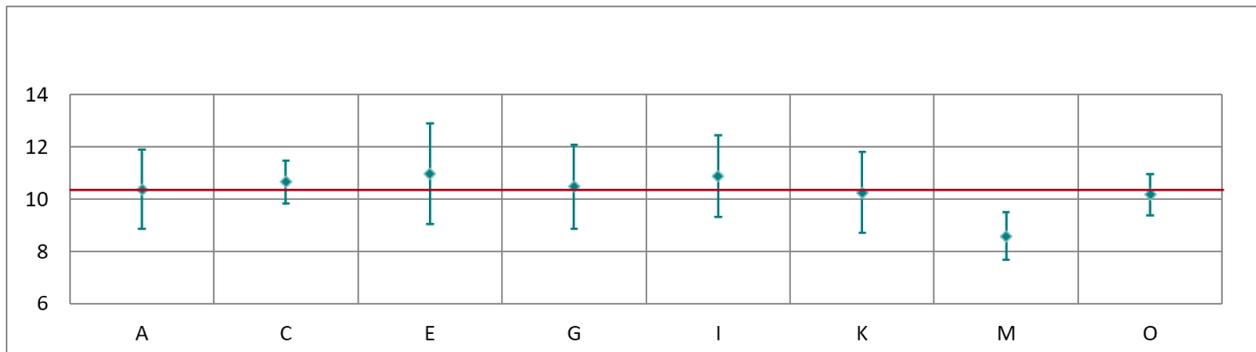


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 92,1$ $s^* = 1,12$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	91.3	91.5	93.8	91.5	92.3	90.7	92.6	91.4
$x_{i,2}$	91.6	91.7	93.8	91.7	92.3	90.9	92.7	91.5
$x_{i,3}$	91.5	91.6	94.1	91.7	92.6	90.9	93.2	91.5
X_i	91.5	91.6	93.9	91.6	92.4	90.8	92.9	91.5
S_i	0.13	0.07	0.17	0.12	0.17	0.08	0.33	0.06
$u(x_i)$	1.26	1.65	1.82	1.34	2.10	1.04	0.93	1.56
$U(x_i)$	2.52	3.31	3.64	2.67	4.20	2.08	1.86	3.12

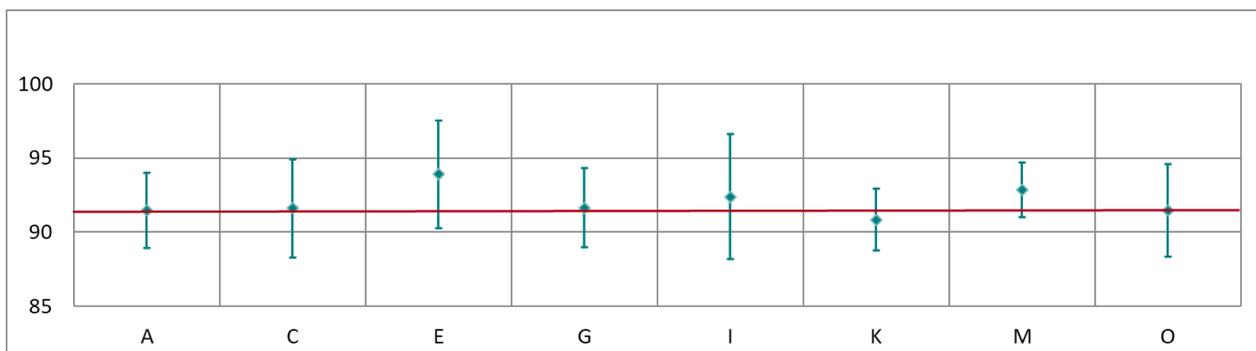
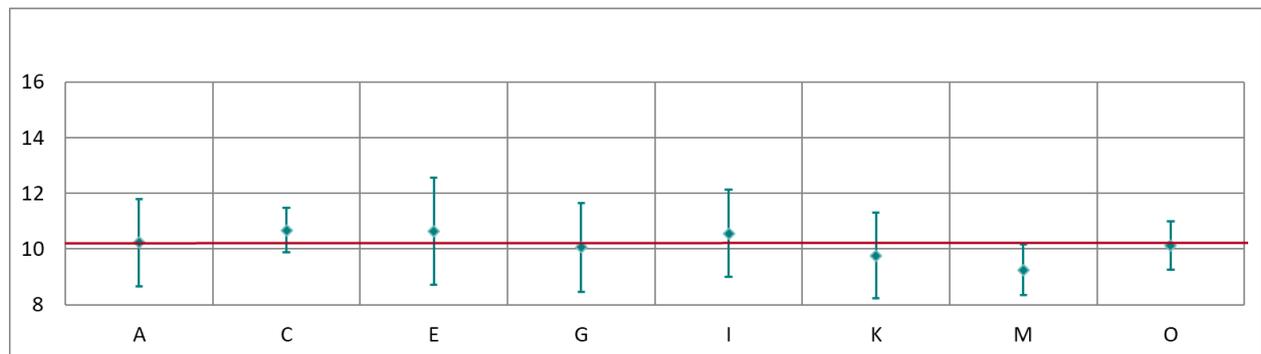


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 11 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 11 $x^* = 10,2$ $s^* = 0,58$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	10.2	10.7	10.6	10.0	10.5	9.7	9.1	10.2
$x_{i,2}$	10.3	10.7	10.7	10.1	10.6	9.8	9.5	10.1
$x_{i,3}$	10.2	10.7	10.6	10.1	10.6	9.7	9.1	10.1
X_i	10.2	10.7	10.6	10.1	10.6	9.8	9.3	10.1
S_i	0.04	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06	0.20	0.06
$u(x_i)$	0.78	0.40	0.96	0.80	0.78	0.77	0.45	0.43
$U(x_i)$	1.56	0.79	1.92	1.59	1.56	1.53	0.90	0.86

Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 11 (in nmol/mol).Tabelle 62: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 12 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 12 $x^* = 46,8$ $s^* = 0,68$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	46.5	47.0	47.8	46.4	47.1	45.9	46.8	46.7
$x_{i,2}$	46.6	46.9	47.8	46.4	47.2	45.9	46.5	46.8
$x_{i,3}$	46.6	47.0	47.8	46.5	47.1	45.9	46.4	46.8
X_i	46.6	46.9	47.8	46.4	47.1	45.9	46.6	46.8
S_i	0.00	0.39	1.24	-0.12	0.58	-0.66	0.02	0.21
$u(x_i)$	0.78	0.89	0.92	0.93	1.84	0.77	0.85	0.45
$U(x_i)$	1.57	1.79	1.84	1.85	3.68	1.53	1.70	0.90

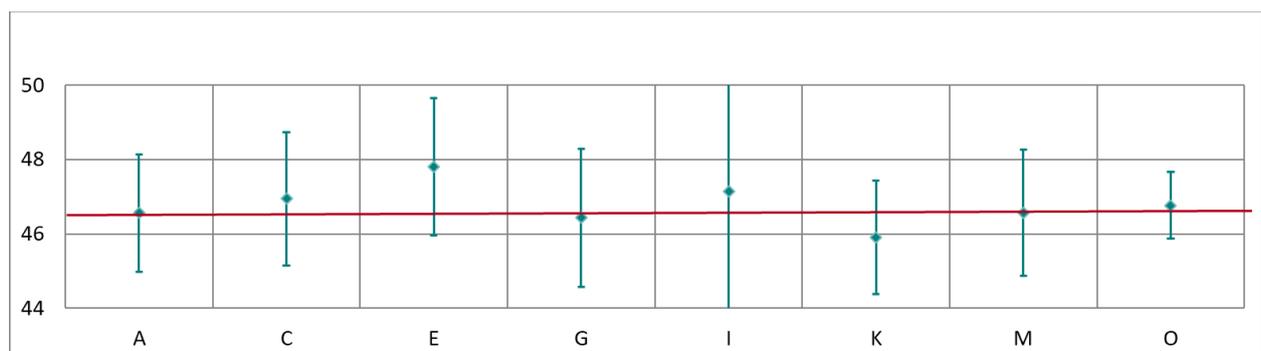
Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 63: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 13 $x^* = 10,0$ $s^* = 0,64$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	10.1	10.6	10.5	9.8	10.4	9.4	9.4	10.1
$x_{i,2}$	10.0	10.6	10.5	9.9	10.5	9.5	9.1	10.2
$x_{i,3}$	10.1	10.7	10.5	9.7	10.3	9.4	9.2	10.2
X_i	10.1	10.6	10.5	9.8	10.4	9.4	9.3	10.2
S_i	0.06	0.08	0.00	0.10	0.10	0.04	0.14	0.06
$u(x_i)$	0.79	0.39	0.96	0.80	0.77	0.76	0.45	0.54
$U(x_i)$	1.57	0.77	1.92	1.59	1.54	1.52	0.90	1.08

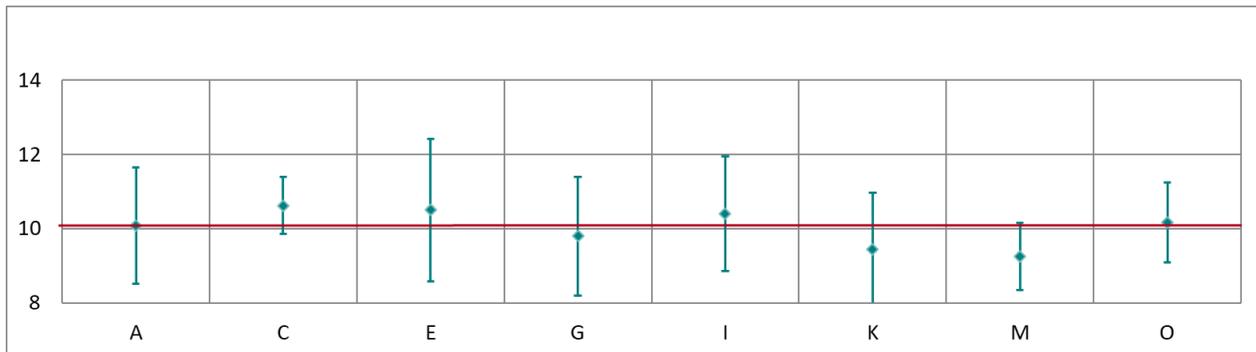


Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 64: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 20,8$ $s^* = 0,62$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	20.8	21.4	21.4	20.3	21.1	20.0	20.3	20.9
$x_{i,2}$	20.7	21.2	21.4	20.4	21.1	20.1	20.2	21.0
$x_{i,3}$	20.8	21.2	21.4	20.4	21.1	20.0	20.2	20.9
X_i	20.8	21.3	21.4	20.3	21.1	20.0	20.2	20.9
S_i	0.04	0.08	0.00	0.06	0.00	0.05	0.04	0.06
$u(x_i)$	0.81	0.49	0.96	0.80	0.78	0.76	0.43	0.49
$U(x_i)$	1.63	0.99	1.92	1.59	1.56	1.52	0.86	0.98

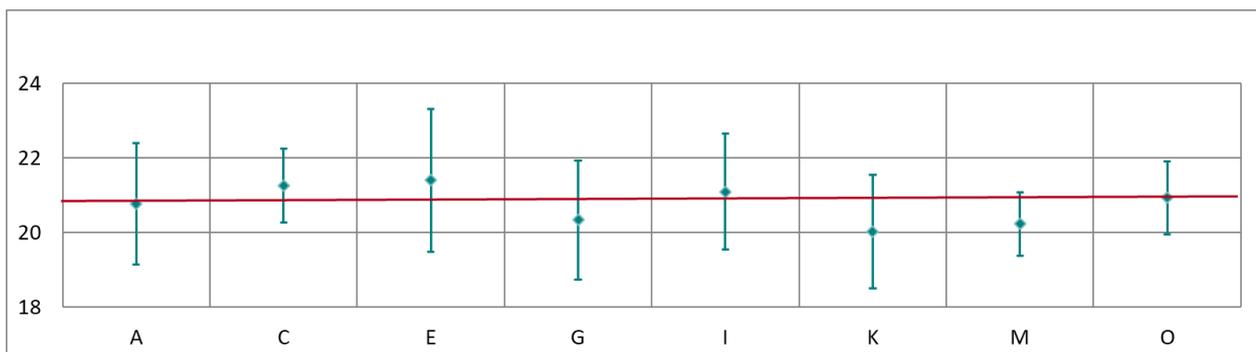
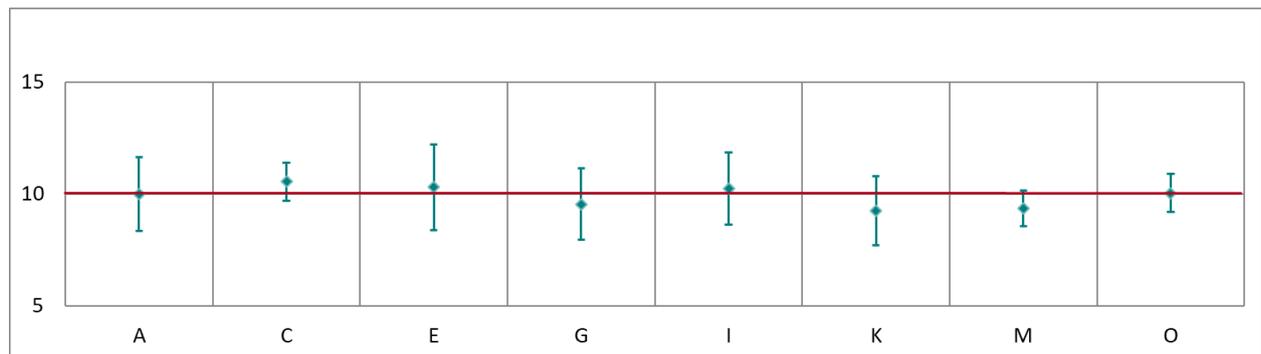


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 65: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 15 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 15 $x^* = 9,9$ $s^* = 0,61$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	10.0	10.5	10.4	9.6	10.3	9.3	9.3	10.0
$x_{i,2}$	10.0	10.5	10.2	9.5	10.1	9.2	9.4	10.0
$x_{i,3}$	10.0	10.6	10.3	9.5	10.3	9.2	9.4	10.1
X_i	10.0	10.5	10.3	9.5	10.2	9.2	9.3	10.0
S_i	0.03	0.08	0.10	0.06	0.12	0.03	0.07	0.06
$u(x_i)$	0.83	0.42	0.96	0.80	0.81	0.78	0.40	0.43
$U(x_i)$	1.66	0.84	1.92	1.59	1.62	1.55	0.80	0.86

Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 15 (in nmol/mol).Tabelle 66: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 16 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 16 $x^* = 11,9$ $s^* = 1,32$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	11.6	10.7	12.9	12.4	12.1	12.3		10.0
$x_{i,2}$	11.7	10.8	12.8	12.6	12.1	12.9		10.0
$x_{i,3}$	11.7	10.9	12.7	12.8	12.1	13.1		10.1
X_i	11.7	10.8	12.8	12.6	12.1	12.8		10.0
S_i	0.09	0.07	0.10	0.20	0.00	0.40		0.06
$u(x_i)$	0.82	0.43	0.97	0.97	0.83	0.81		0.45
$U(x_i)$	1.64	0.87	1.94	1.94	1.66	1.62		0.90

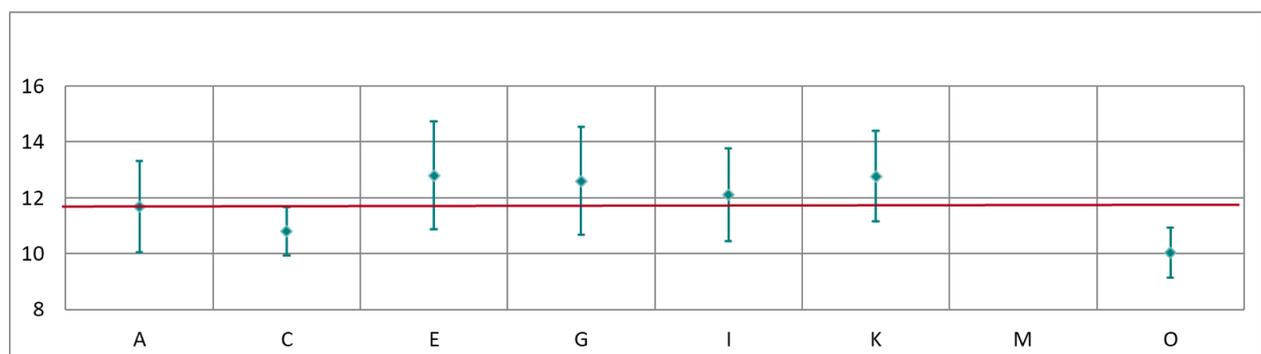
Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 67: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 17 $x^* = 122,5$ $s^* = 1,77$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	121.8	120.9	124.9	122.8	122.7	122.7	120.5	121.0
$x_{i,2}$	122.0	121.1	125.2	123.2	123.6	123.1	121.0	121.0
$x_{i,3}$	122.2	121.2	125.4	123.4	123.2	123.3	121.6	121.1
X_i	122.0	121.1	125.2	123.1	123.2	123.0	121.0	121.0
S_i	0.21	0.14	0.25	0.31	0.45	0.28	0.55	0.06
$u(x_i)$	1.84	2.16	2.43	1.68	2.44	1.41	1.12	2.20
$U(x_i)$	3.68	4.32	4.86	3.36	4.88	2.82	2.24	4.40

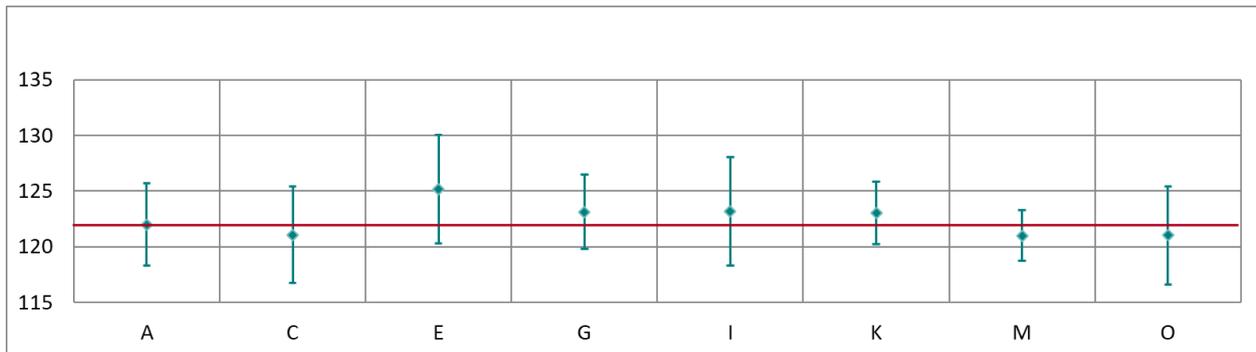


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 17 (in nmol/mol).

Tabelle 68: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,25$

	Teilnehmer:innen							
	A	C	E	G	I	K	M	O
$x_{i,1}$	-0.1	0.8	0.1	-0.1	0.3	0.3	-0.2	0.1
$x_{i,2}$	-0.2	0.7	0.0	-0.3	0.3	0.1	-0.2	0.1
$x_{i,3}$								
X_i	-0.1	0.7	0.1	-0.2	0.3	0.2	-0.2	0.1
S_i	0.06	0.07	0.07	0.14	0.00	0.15	0.03	0.00
$u(x_i)$	0.76	0.77	0.94	0.80	0.77	0.79	0.41	0.67
$U(x_i)$	1.52	1.54	1.88	1.59	1.54	1.57	0.82	1.34

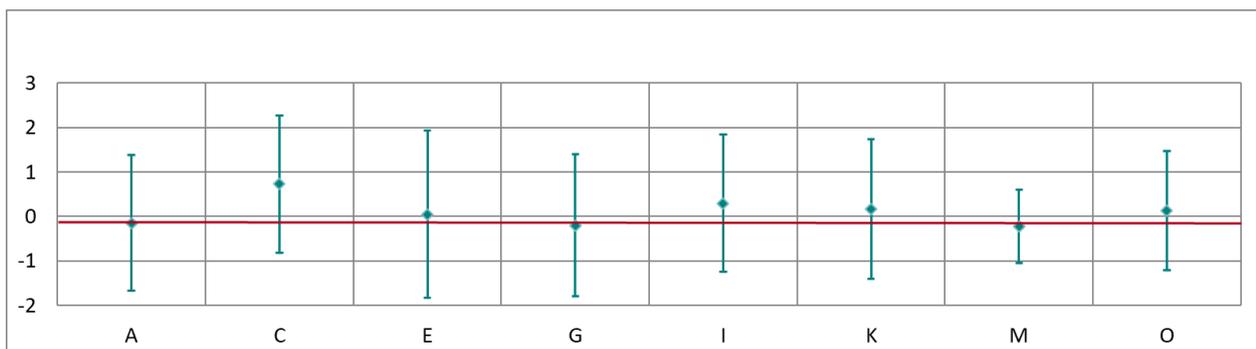
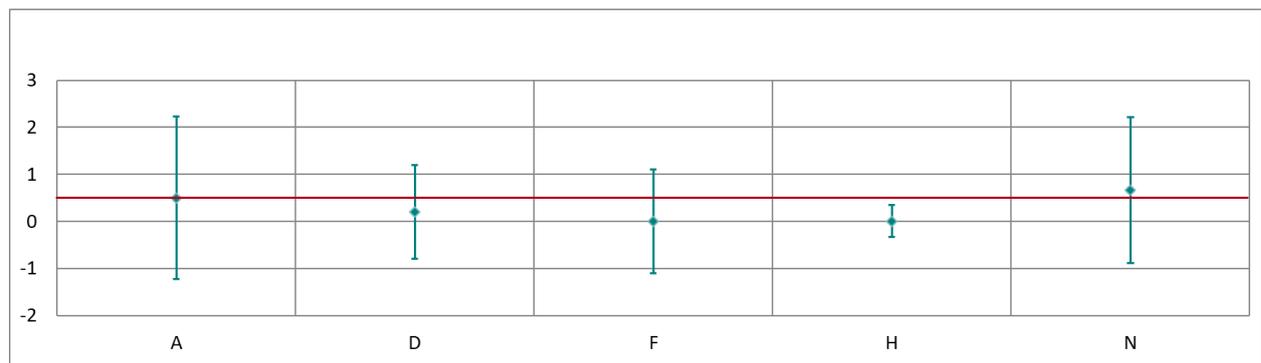


Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 17.–20.10.2022**Ergebnisse für O₃**Tabelle 69: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,18$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	0.5	0.2	0.0	0.0	0.6
$x_{i,2}$	0.5	0.2	0.0	0.0	0.7
X_i	0.5	0.2	0.0	0.0	0.7
S_i	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
$u(x_i)$	0.86	0.50	0.55	0.17	0.77
$U(x_i)$	1.73	1.00	1.11	0.34	1.55

Abbildung 85: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).Tabelle 70: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 1 $x^* = 195,5$ $s^* = 5,46$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	197.3	197.0	197.5	186.7	197.4
$x_{i,2}$	197.9	197.6	198.3	188.5	197.9
$x_{i,3}$	198.1	198.1	198.7	189.5	198.2
X_i	197.8	197.6	198.2	188.2	197.8
S_i	0.4	0.6	0.6	1.4	0.4
$u(x_i)$	2.59	2.40	2.30	3.34	2.41
$U(x_i)$	5.18	4.80	4.61	6.69	4.81

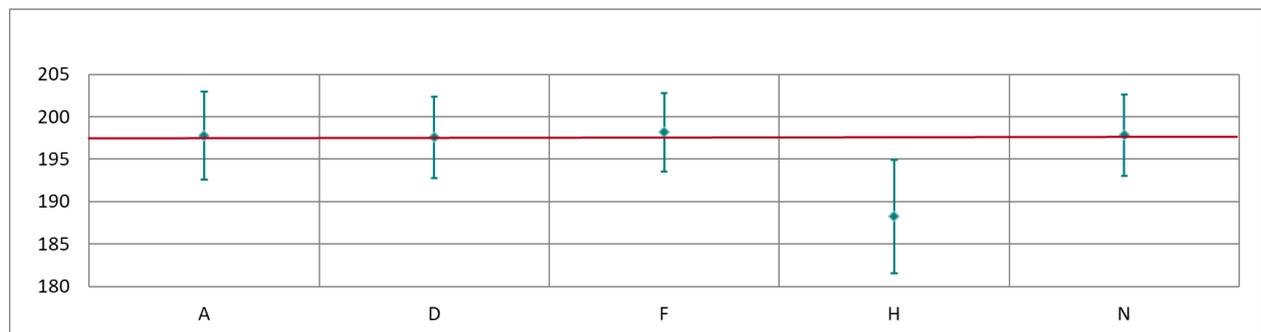
Abbildung 86: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 71: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 2 $x^* = 118,2$ $s^* = 3,09$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	119.0	119.1	119.4	113.3	119.3
$x_{i,2}$	119.4	119.4	119.6	114.3	119.6
$x_{i,3}$	119.5	119.5	119.9	114.6	119.9
X_i	119.3	119.3	119.6	114.1	119.6
S_i	0.3	0.2	0.3	0.7	0.3
$u(x_i)$	1.71	1.58	1.80	1.92	1.58
$U(x_i)$	3.42	3.16	3.61	3.84	3.16

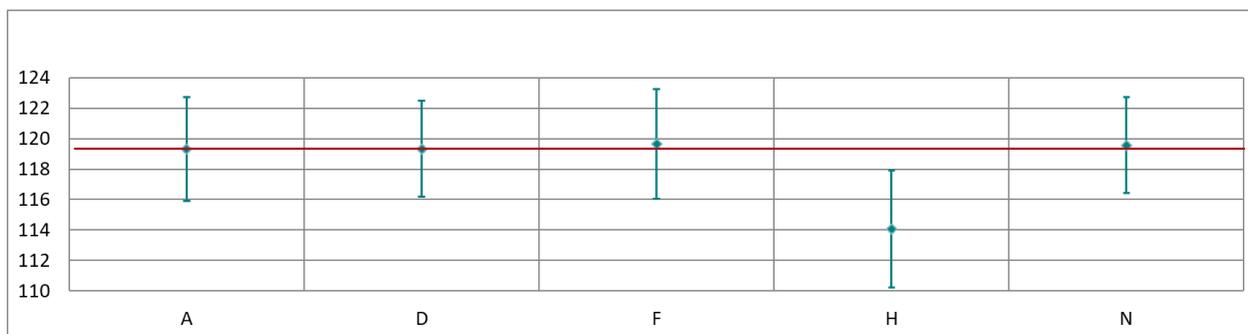


Abbildung 87: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 72: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 3 $x^* = 89,5$ $s^* = 2,39$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	90.3	90.3	90.5	86.0	90.5
$x_{i,2}$	90.5	90.5	90.9	86.5	90.7
$x_{i,3}$	90.6	90.4	90.9	86.7	90.7
X_i	90.5	90.4	90.8	86.4	90.6
S_i	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1
$u(x_i)$	1.45	1.30	1.25	1.38	1.30
$U(x_i)$	2.90	2.60	2.50	2.75	2.60

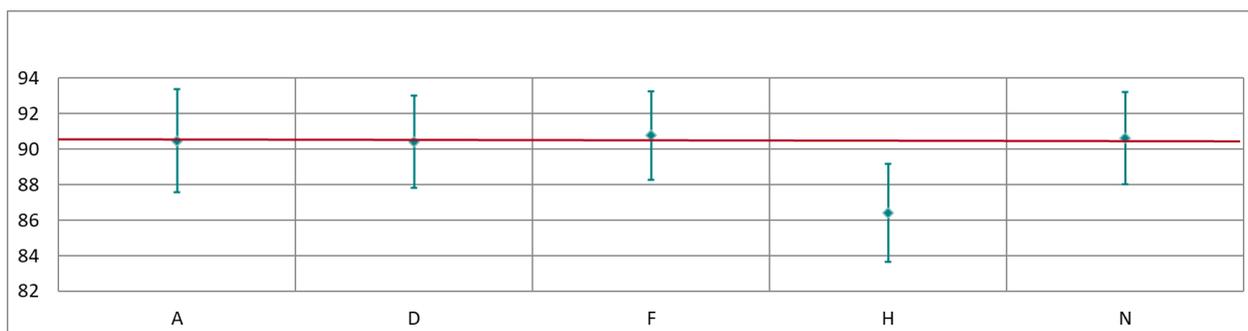


Abbildung 88: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 73: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 4 $x^* = 45,8$ $s^* = 1,22$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	F	H	N	
$x_{i,1}$	46.3	46.3	46.1	44.0	46.3	
$x_{i,2}$	46.3	46.2	46.3	44.2	46.6	
$x_{i,3}$	46.3	46.3	46.3	44.4	46.6	
X_i	46.3	46.3	46.2	44.2	46.5	
S_i	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	
$u(x_i)$	1.03	0.94	0.80	0.64	0.94	
$U(x_i)$	2.07	1.88	1.61	1.28	1.88	

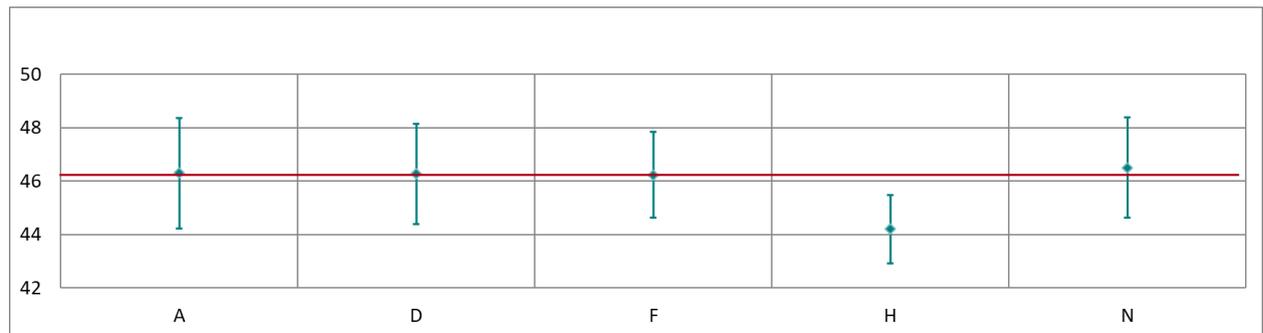


Abbildung 89: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 74: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 5 $x^* = 21,3$ $s^* = 1,06$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	F	H	N	
$x_{i,1}$	20.9	20.7	20.6	20.0	21.1	
$x_{i,2}$	21.0	20.8	20.6	23.8	21.1	
$x_{i,3}$	21.0	20.8	20.7	24.2	21.1	
X_i	21.0	20.8	20.6	22.7	21.1	
S_i	0.1	0.1	0.1	2.3	0.0	
$u(x_i)$	0.88	0.81	0.80	2.02	0.81	
$U(x_i)$	1.77	1.62	1.60	4.04	1.63	

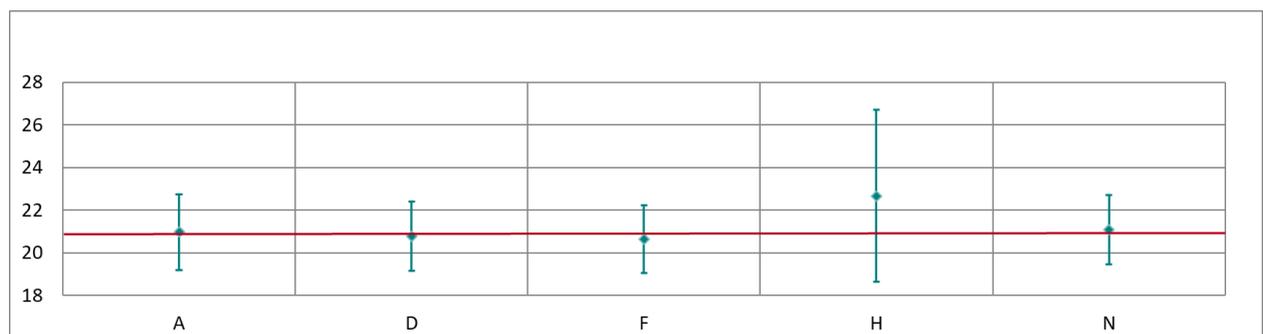


Abbildung 90: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 75: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 6 $x^* = 9,6$ $s^* = 1,55$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	10.2	10.2	9.9	7.2	10.5
$x_{i,2}$	10.4	10.3	10.0	6.9	10.7
$x_{i,3}$	10.4	10.2	10.0	8.7	10.7
X_i	10.3	10.2	10.0	7.6	10.6
S_i	0.1	0.1	0.1	1.0	0.1
$u(x_i)$	0.85	0.79	0.55	1.03	0.79
$U(x_i)$	1.69	1.58	1.11	2.07	1.57

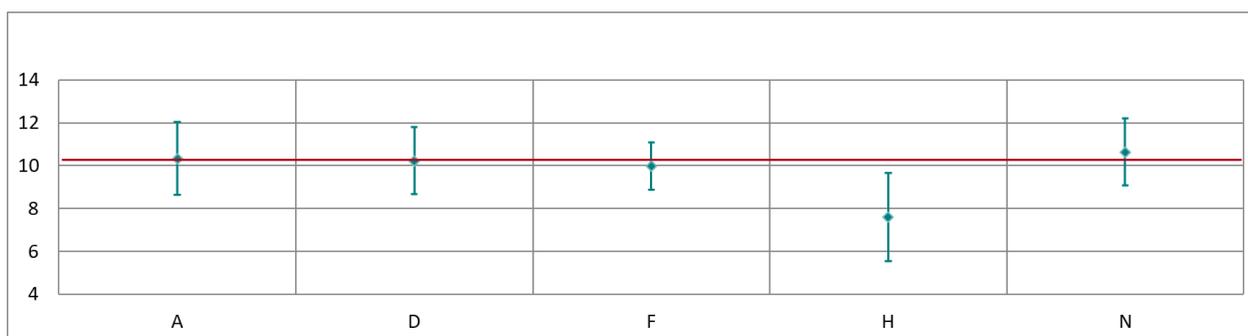


Abbildung 91: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 76: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,14$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	F	H	N
$x_{i,1}$	0.4	0.1	0.1	0.1	0.6
$x_{i,2}$	0.4	0.1	0.1	0.0	0.7
$x_{i,3}$					
X_i	0.4	0.1	0.1	0.1	0.7
S_i	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
$u(x_i)$	0.84	0.50	0.55	0.15	0.78
$U(x_i)$	1.67	1.00	1.11	0.31	1.56

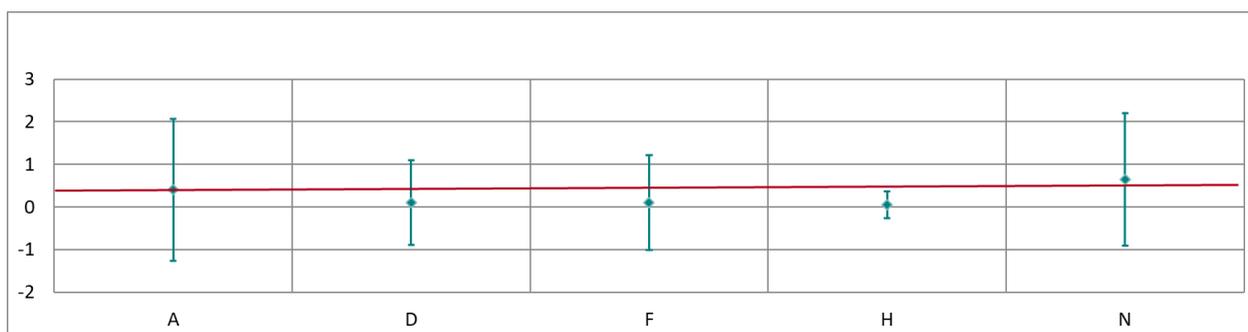


Abbildung 92: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 77: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

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

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	-0.4	0.0	0.2	-1.4	0.2
$x_{i,2}$	-0.5	0.0	0.0	-1.2	0.2
X_i	-0.4	0.0	0.1	-1.3	0.2
S_i	0.08	0.00	0.14	0.14	0.00
$u(x_i)$	0.45	0.40	0.08	0.57	0.16
$U(x_i)$	0.90	0.80	0.17	1.13	0.33



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

Tabelle 78: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 475,6$ $s^* = 6,76$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$					
$x_{i,2}$					
$x_{i,3}$	472.0	475.3	467.7	480.5	k.A.
X_i	472.0	475.3	467.7	480.5	k.A.
S_i					
$u(x_i)$	6.36	5.32	13.70	4.81	k.A.
$U(x_i)$	12.72	10.64	27.40	9.63	k.A.

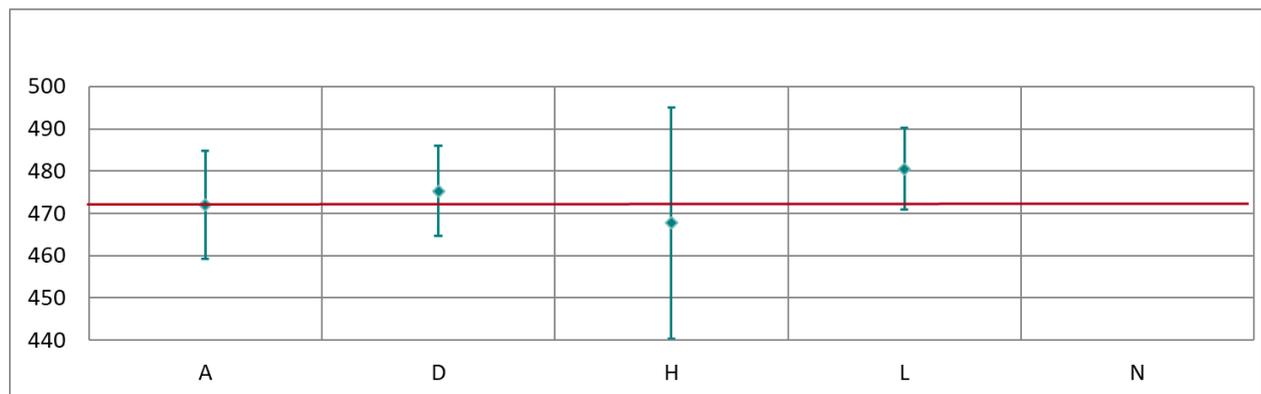


Abbildung 94: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 79: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 417,4$ $s^* = 10,44$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	419.7	424.0		428.0		k.A.
$x_{i,2}$	419.4	424.0	411.6	427.9		k.A.
$x_{i,3}$	419.1	423.6	410.1	427.6		k.A.
X_i	419.4	423.9	410.9	427.8		k.A.
S_i	0.28	0.23	1.06	0.21		k.A.
$u(x_i)$	5.68	4.75	12.07	4.30		k.A.
$U(x_i)$	11.36	9.50	24.15	8.59		k.A.

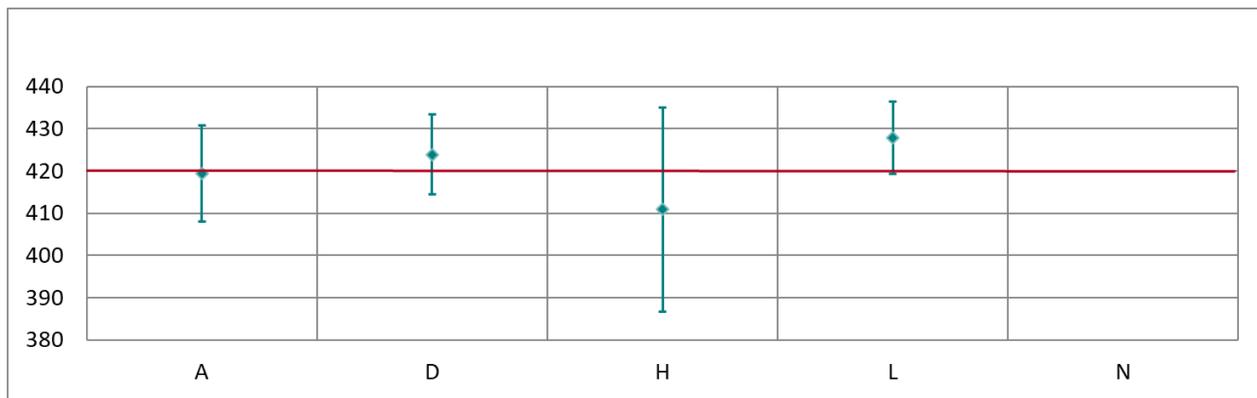


Abbildung 95: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 80: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 360,7$ $s^* = 11,36$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	361.0	364.6	350.3	368.1		k.A.
$x_{i,2}$	360.9	364.5	349.1	368.1		k.A.
$x_{i,3}$	361.2	364.8	348.7	368.5		k.A.
X_i	361.0	364.6	349.4	368.2		k.A.
S_i	0.12	0.15	0.83	0.23		k.A.
$u(x_i)$	4.75	4.09	10.24	3.70		k.A.
$U(x_i)$	9.51	8.18	20.49	7.40		k.A.

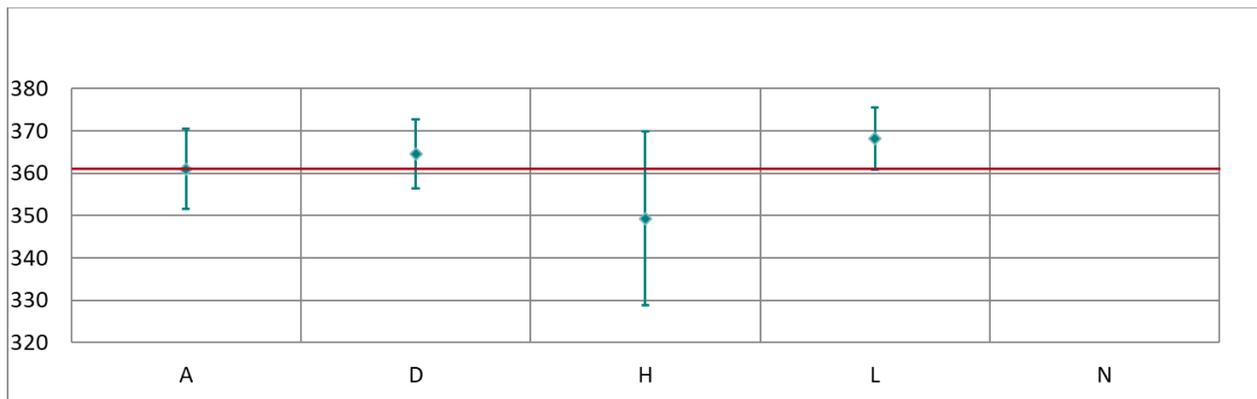


Abbildung 96: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 81: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4

 $x^* = 470,5$ $s^* = 15,70$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	471.2	475.4	455.4	481.5	k.A.	
$x_{i,2}$	471.4	475.4	454.8	481.3	k.A.	
$x_{i,3}$	471.6	475.1	454.4	481.0	k.A.	
X_i	471.4	475.3	454.9	481.3	k.A.	
S_i	0.19	0.17	0.50	0.25	k.A.	
$u(x_i)$	5.98	5.32	13.30	4.83	k.A.	
$U(x_i)$	11.97	10.64	26.60	9.65	k.A.	

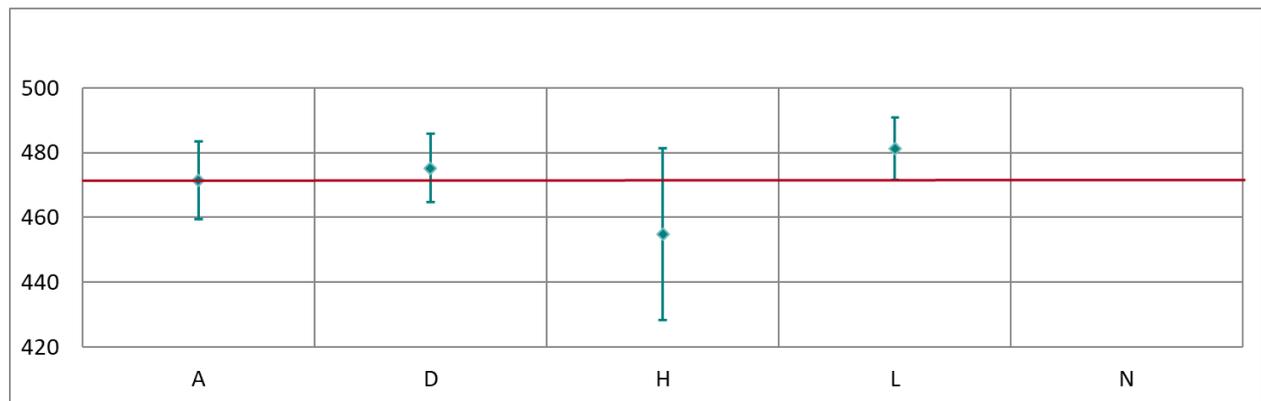


Abbildung 97: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 82: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 2)

 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,13$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	-0.3	0.4	0.2	-0.1	0.3	
$x_{i,2}$	-0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	
X_i	-0.4	0.3	0.2	0.1	0.3	
S_i	0.13	0.14	0.00	0.21	0.04	
$u(x_i)$	0.45	0.40	0.11	0.56	0.16	
$U(x_i)$	0.90	0.80	0.22	1.13	0.32	

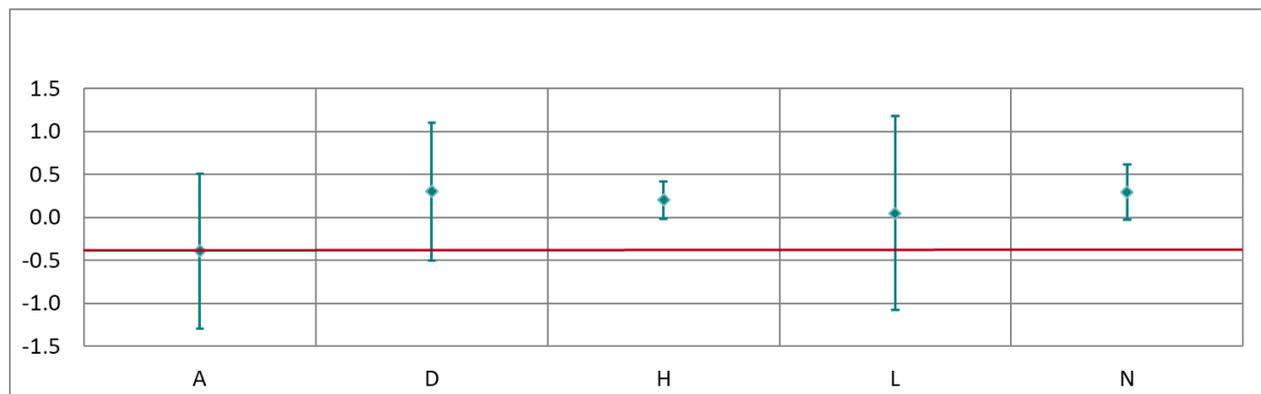


Abbildung 98: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 83: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 438,9$ $s^* = 16,35$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	441.0	443.9	421.9	450.1		k.A.
$x_{i,2}$	441.4	443.9	422.7	449.9		k.A.
$x_{i,3}$	441.7	444.0	423.2	450.2		k.A.
X_i	441.4	443.9	422.6	450.1		k.A.
S_i	0.34	0.06	0.66	0.15		k.A.
$u(x_i)$	5.53	4.97	12.36	4.52		k.A.
$U(x_i)$	11.07	9.94	24.73	9.03		k.A.

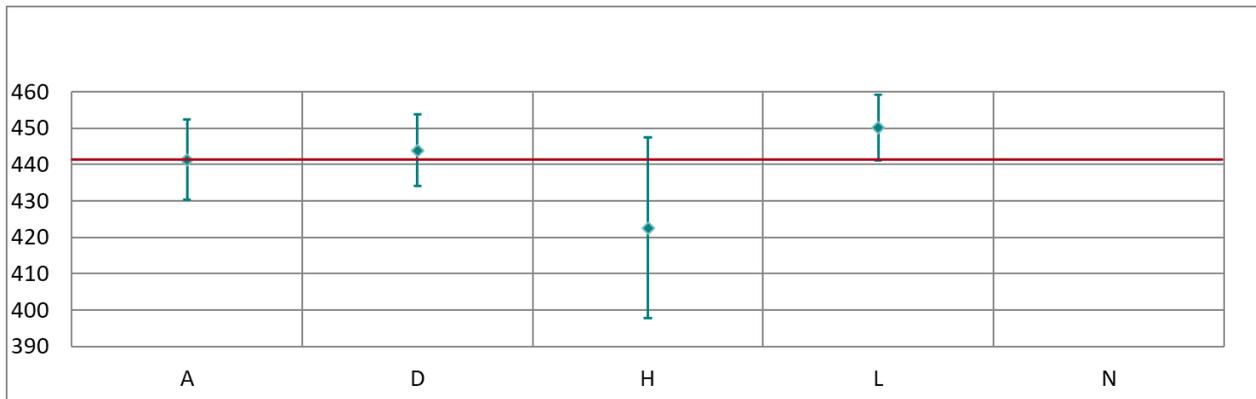


Abbildung 99: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 84: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 249,6$ $s^* = 10,84$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	251.9	253.7	238.5	256.8		k.A.
$x_{i,2}$	251.7	253.3	238.6	256.4		k.A.
$x_{i,3}$	251.8	253.6	238.9	256.3		k.A.
X_i	251.8	253.5	238.7	256.5		k.A.
S_i	0.10	0.21	0.21	0.26		k.A.
$u(x_i)$	3.16	2.85	7.00	2.59		k.A.
$U(x_i)$	6.31	5.70	13.99	5.18		k.A.

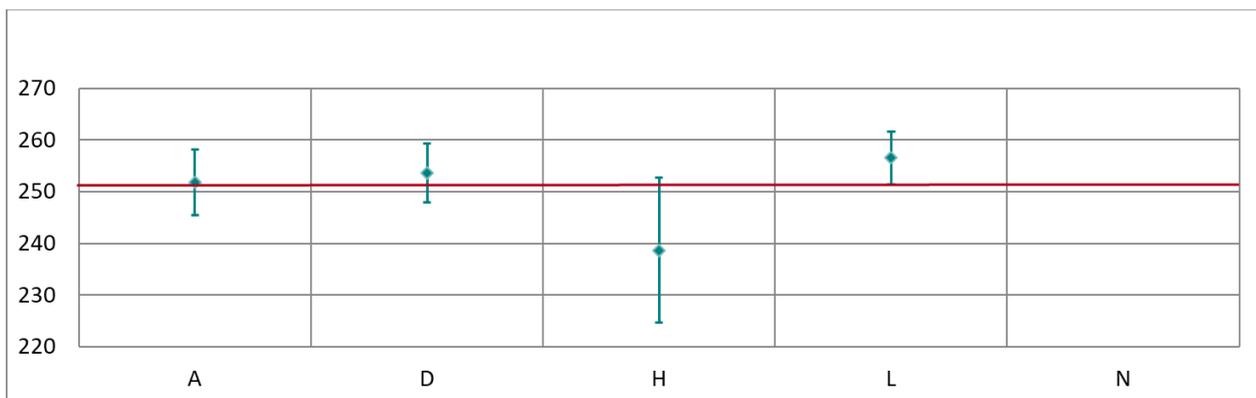


Abbildung 100: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 85: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 238,5$ $s^* = 9,09$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	239.9	241.5	228.8	244.6	k.A.	
$x_{i,2}$	240.1	241.5	229.6	244.6	k.A.	
$x_{i,3}$	240.1	241.5	230.0	244.8	k.A.	
X_i	240.0	241.5	229.5	244.7	k.A.	
S_i	0.13	0.00	0.61	0.12	k.A.	
$u(x_i)$	3.01	2.72	6.75	2.47	k.A.	
$U(x_i)$	6.02	5.44	13.50	4.94	k.A.	

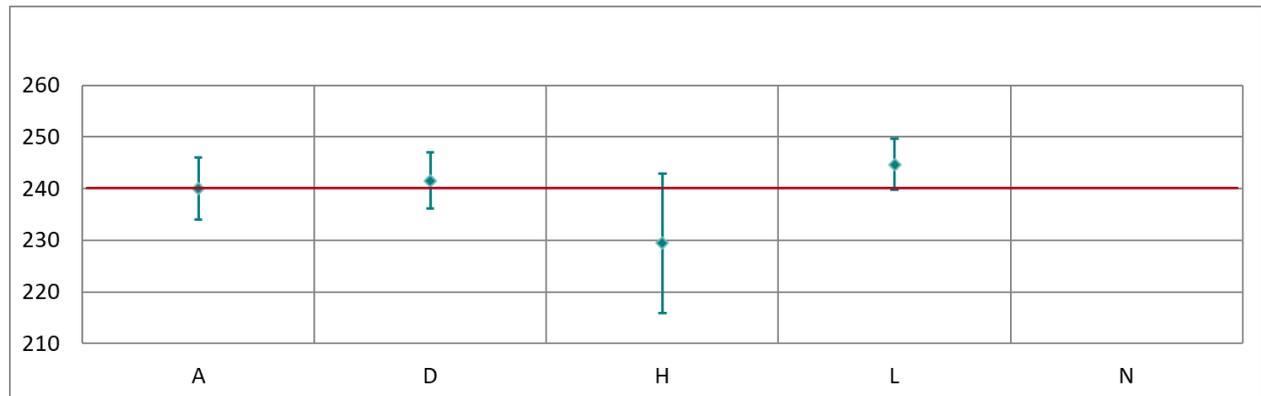


Abbildung 101: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 86: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 128,8$ $s^* = 4,28$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	129.9	130.8	123.5	132.4	128.8	
$x_{i,2}$	129.7	130.8	123.6	132.2	128.7	
$x_{i,3}$	129.7	130.8	123.7	132.1	128.7	
X_i	129.8	130.8	123.6	132.2	128.7	
S_i	0.1	0.0	0.1	0.2	0.0	
$u(x_i)$	1.65	1.49	3.64	1.37	4.74	
$U(x_i)$	3.30	2.98	7.29	2.75	9.48	

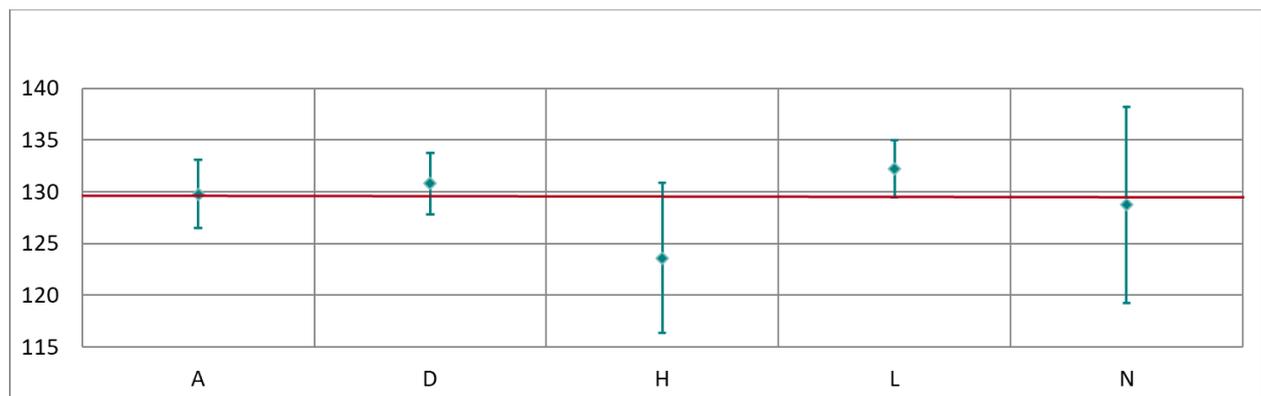


Abbildung 102: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 87: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9

$x^* = 114,2$

$s^* = 3,24$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	114.1	115.6	109.7	116.6	114.4
$x_{i,2}$	114.1	115.7	110.2	116.6	114.5
$x_{i,3}$	114.1	115.7	110.5	116.6	114.6
X_i	114.1	115.7	110.1	116.6	114.5
S_i	0.04	0.06	0.40	0.00	0.10
$u(x_i)$	1.56	1.33	3.27	1.23	4.68
$U(x_i)$	3.12	2.66	6.53	2.46	9.36

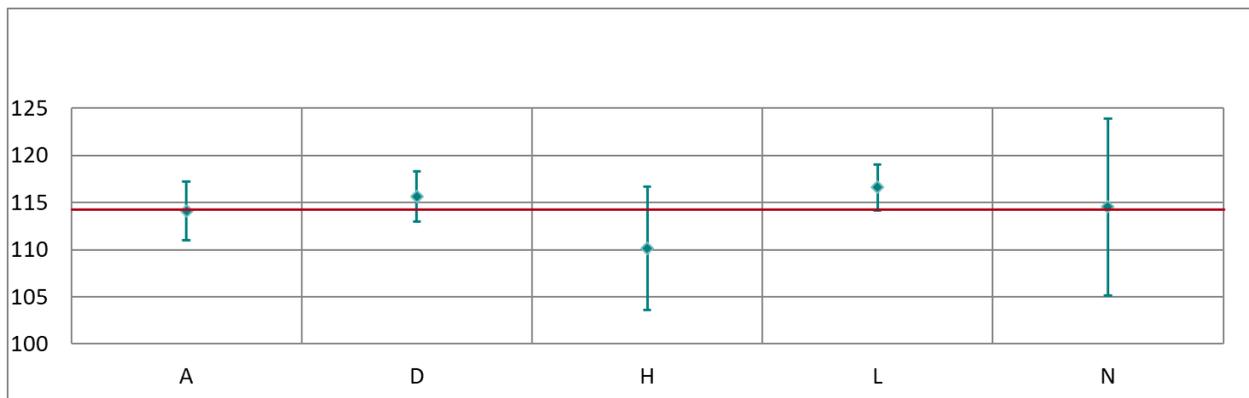


Abbildung 103: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 88: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10

$x^* = 33,4$

$s^* = 1,010$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	33.1	34.1	32.1	33.9	33.3
$x_{i,2}$	33.0	34.1	32.2	33.9	33.3
$x_{i,3}$	33.1	34.2	32.1	33.9	33.4
X_i	33.1	34.1	32.1	33.9	33.3
S_i	0.05	0.06	0.06	0.00	0.03
$u(x_i)$	0.47	0.49	0.98	0.54	0.18
$U(x_i)$	0.93	0.98	1.95	1.08	0.35

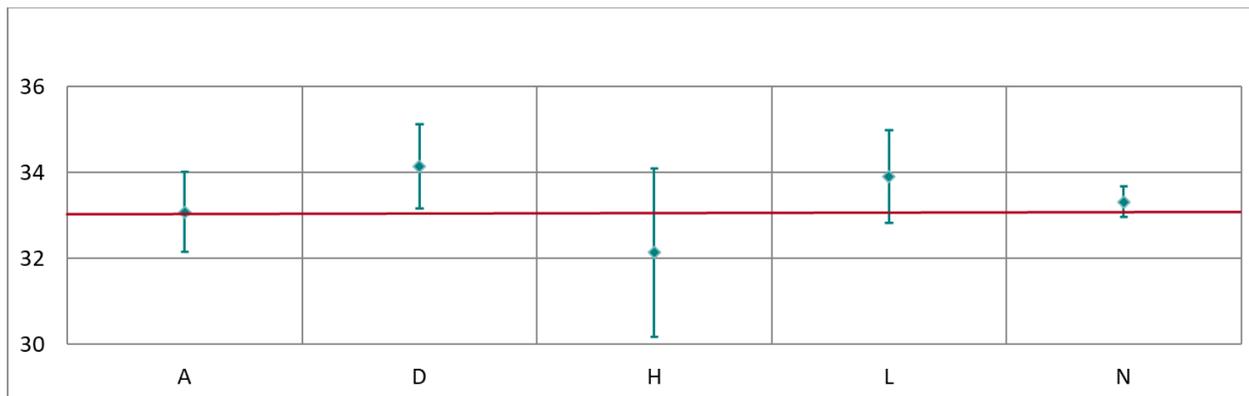


Abbildung 104: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 89: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11

 $x^* = 69,6$ $s^* = 1,36$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	68.9	70.3	67.6	70.5	69.5
$x_{i,2}$	69.0	70.3	68.0	70.5	69.6
$x_{i,3}$	69.1	70.3	68.0	70.5	69.5
X_i	69.0	70.3	67.9	70.5	69.6
S_i	0.09	0.00	0.23	0.00	0.03
$u(x_i)$	1.04	0.84	2.03	0.56	4.54
$U(x_i)$	2.08	1.68	4.06	1.12	9.08

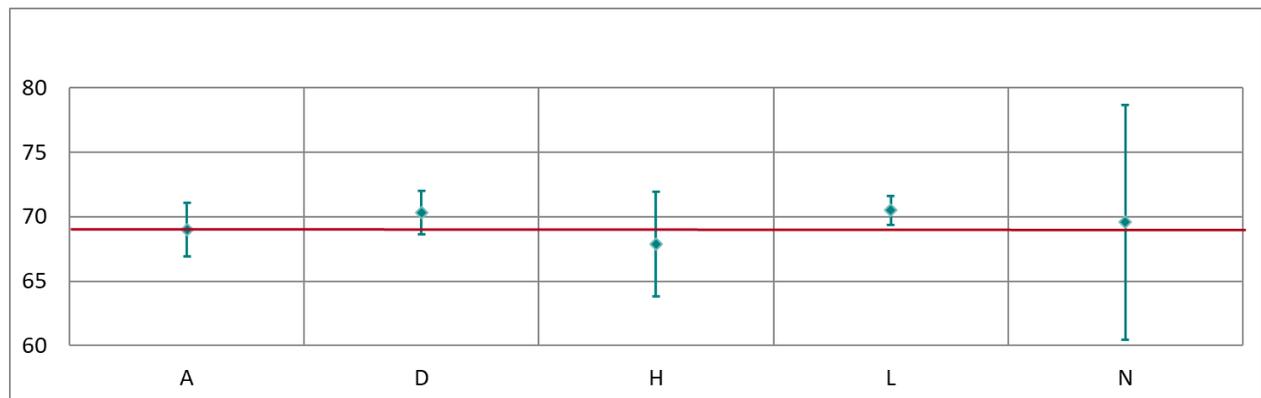


Abbildung 105: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 90: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12

 $x^* = 33,2$ $s^* = 0,72$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	32.7	33.6	32.2	33.5	33.1
$x_{i,2}$	32.8	33.7	32.3	33.6	33.1
$x_{i,3}$	32.8	33.7	32.3	33.6	33.1
X_i	32.8	33.7	32.3	33.6	33.1
S_i	0.00	0.91	-0.49	0.81	0.35
$u(x_i)$	0.46	0.50	0.98	0.56	0.18
$U(x_i)$	0.91	1.00	1.96	1.11	0.37

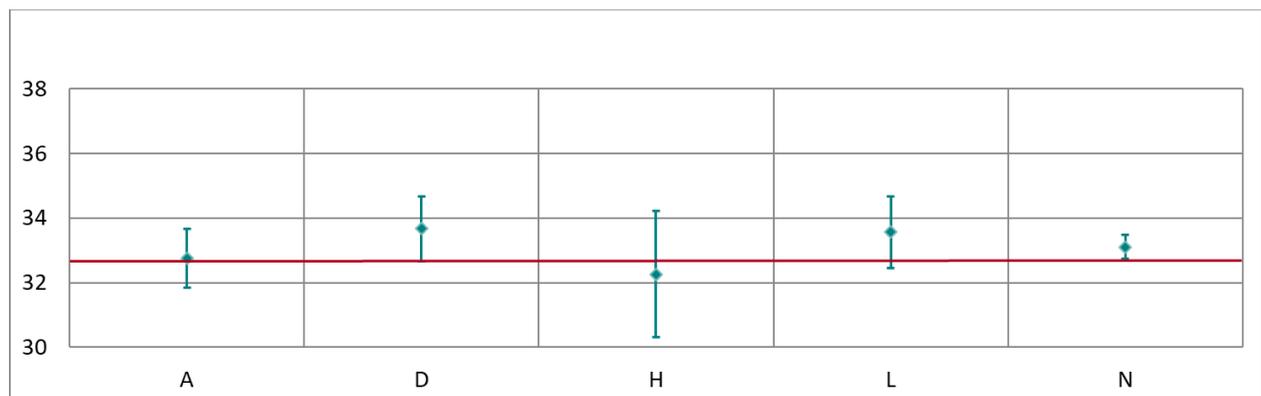


Abbildung 106: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 91: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13 $x^* = 29,6$ $s^* = 0,64$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	29.1	29.9	28.8	29.9	29.6
$x_{i,2}$	29.2	30.1	28.8	29.9	29.6
$x_{i,3}$	29.1	30.0	28.8	30.0	29.7
X_i	29.2	30.0	28.8	29.9	29.6
S_i	0.05	0.10	0.00	0.06	0.03
$u(x_i)$	0.46	0.50	0.88	0.56	0.18
$U(x_i)$	0.93	1.00	1.76	1.13	0.36

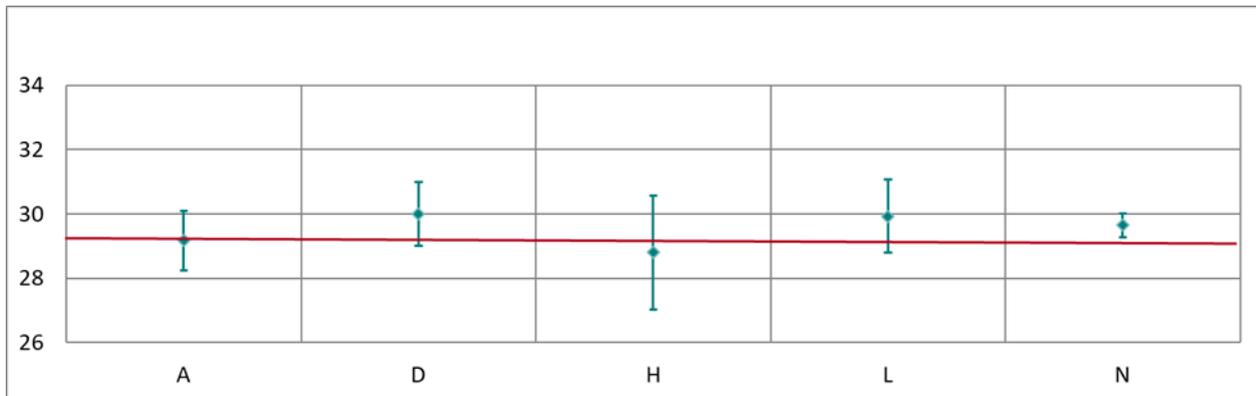


Abbildung 107: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 92: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 18,9$ $s^* = 0,39$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	18.5	19.3	18.5	18.9	19.0
$x_{i,2}$	18.5	19.3	18.5	19.0	19.0
$x_{i,3}$	18.5	19.3	18.4	19.1	19.0
X_i	18.5	19.3	18.5	19.0	19.0
S_i	0.03	0.00	0.06	0.10	0.03
$u(x_i)$	0.45	0.50	0.58	0.56	0.17
$U(x_i)$	0.90	1.00	1.16	1.12	0.35

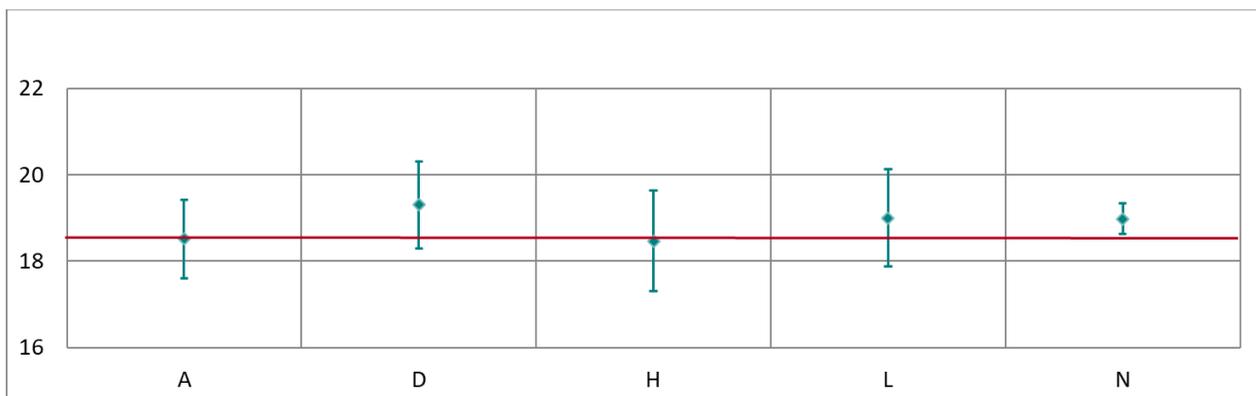


Abbildung 108: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 93: Ergebnisse für NO bei Durchgang 15 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 15 $x^* = 9,8$ $s^* = 0,24$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	9.1	10.0	9.5	9.7	9.8
$x_{i,2}$	9.3	10.0	9.6	9.8	9.9
$x_{i,3}$	9.4	10.1	9.5	9.7	9.9
X_i	9.3	10.0	9.5	9.7	9.9
S_i	0.13	0.06	0.06	0.06	0.04
$u(x_i)$	0.47	0.50	0.33	0.55	0.17
$U(x_i)$	0.95	1.00	0.65	1.10	0.33

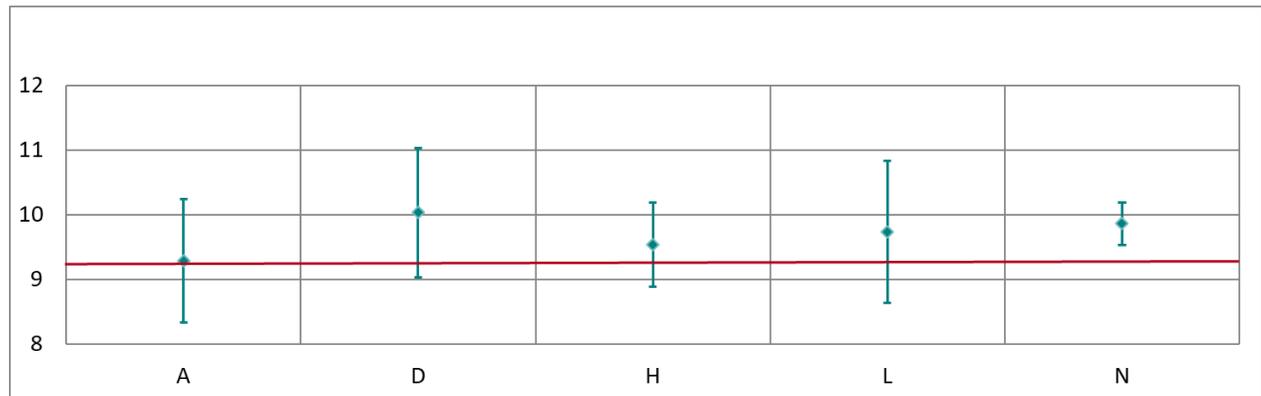


Abbildung 109: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 15 (in nmol/mol).

Tabelle 94: Ergebnisse für NO bei Durchgang 16 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 16 $x^* = 477,7$ $s^* = 5,54$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	474.3	472.8	476.9	482.8	k.A.
$x_{i,2}$	474.1	473.1	477.6	482.6	k.A.
$x_{i,3}$	473.8	472.9	477.9	482.7	k.A.
X_i	474.1	472.9	477.5	482.7	k.A.
S_i	0.29	0.15	0.51	0.10	k.A.
$u(x_i)$	6.56	5.30	13.96	4.84	k.A.
$U(x_i)$	13.12	10.60	27.92	9.69	k.A.

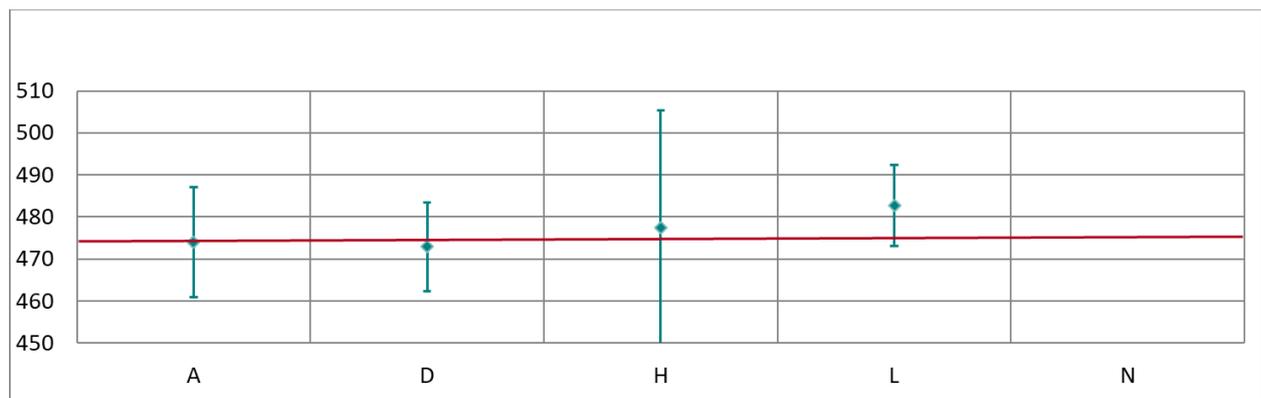


Abbildung 110: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 95: Ergebnisse für NO bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 17 $x^* = 366,1$ $s^* = 3,29$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	363.3	363.7	365.0	369.6	k.A.	
$x_{i,2}$	363.7	364.1	365.0	369.4	k.A.	
$x_{i,3}$	363.4	363.9	364.8	369.1	k.A.	
X_i	363.5	363.9	364.9	369.4	k.A.	
S_i	0.19	0.20	0.12	0.25	k.A.	
$u(x_i)$	4.60	4.08	10.67	3.71	k.A.	
$U(x_i)$	9.19	8.16	21.34	7.42	k.A.	

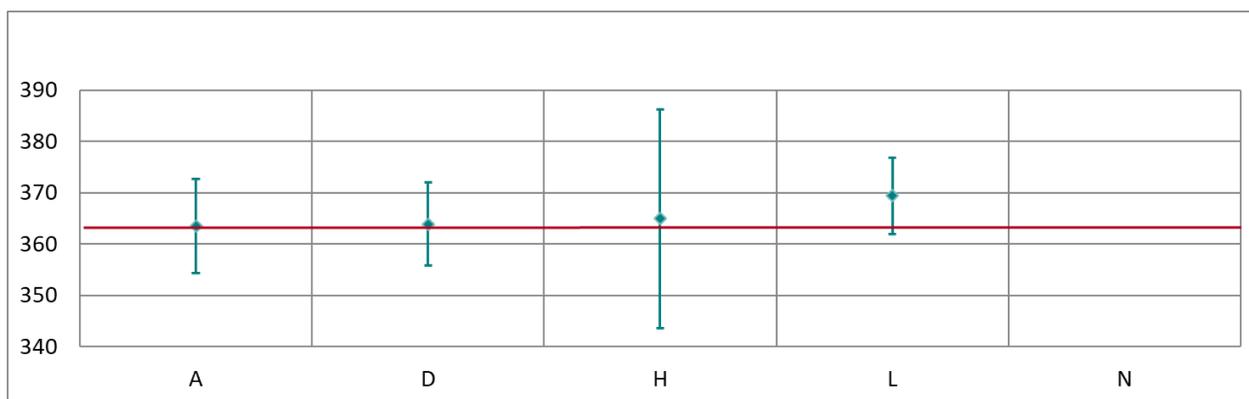


Abbildung 111: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 17 (in nmol/mol).

Tabelle 96: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,26$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	-0.6	0.3	0.2	-0.2	0.2	
$x_{i,2}$	-0.5	0.3	0.2	-0.2	0.2	
X_i	-0.6	0.3	0.2	-0.2	0.2	
S_i	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	
$u(x_i)$	0.45	0.40	0.09	0.54	0.16	
$U(x_i)$	0.90	0.80	0.17	1.08	0.32	

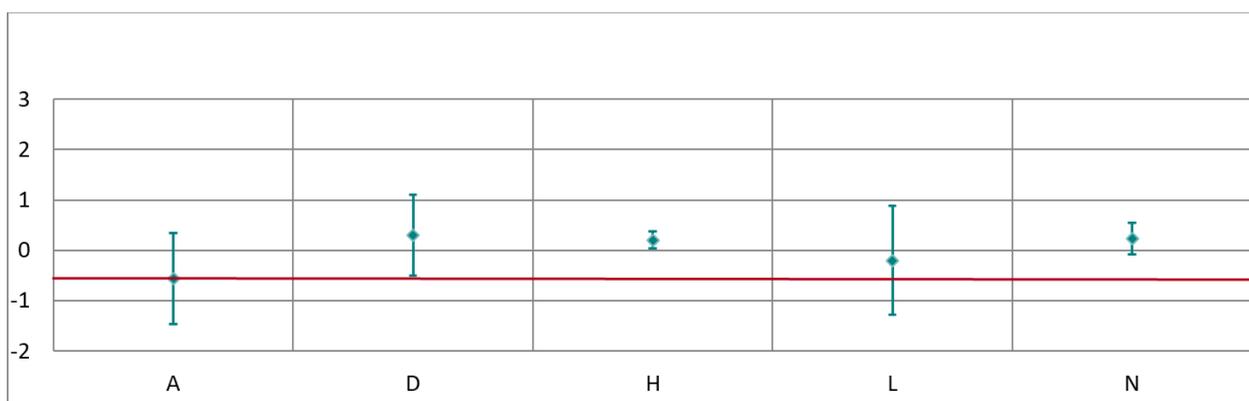


Abbildung 112: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 97: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,3$ $s^* = 0,21$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.3
$x_{i,2}$	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.3
X_i	-0.2	0.0	0.3	0.5	0.3
S_i	0.15	0.00	0.07	0.07	0.01
$u(x_i)$	0.77	0.70	0.17	0.55	0.21
$U(x_i)$	1.55	1.40	0.34	1.10	0.42

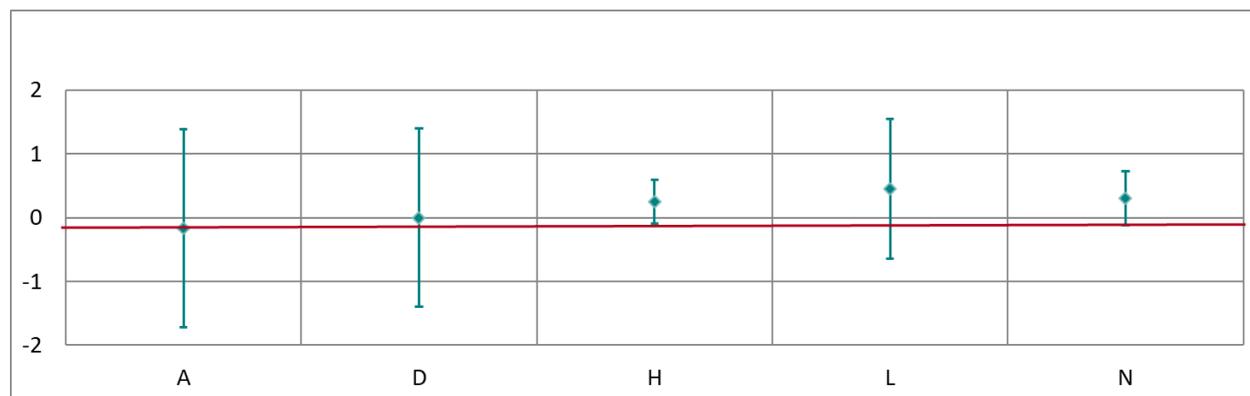


Abbildung 113: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 98: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 1 $x^* = 13,2$ $s^* = 1,23$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$					
$x_{i,2}$					
$x_{i,3}$	12.5	12.1	13.6	13.5	k.A.
X_i	12.5	12.1	13.6	13.5	k.A.
S_i					
$u(x_i)$	0.96	0.80	1.38	0.56	k.A.
$U(x_i)$	1.91	1.60	2.76	1.12	k.A.

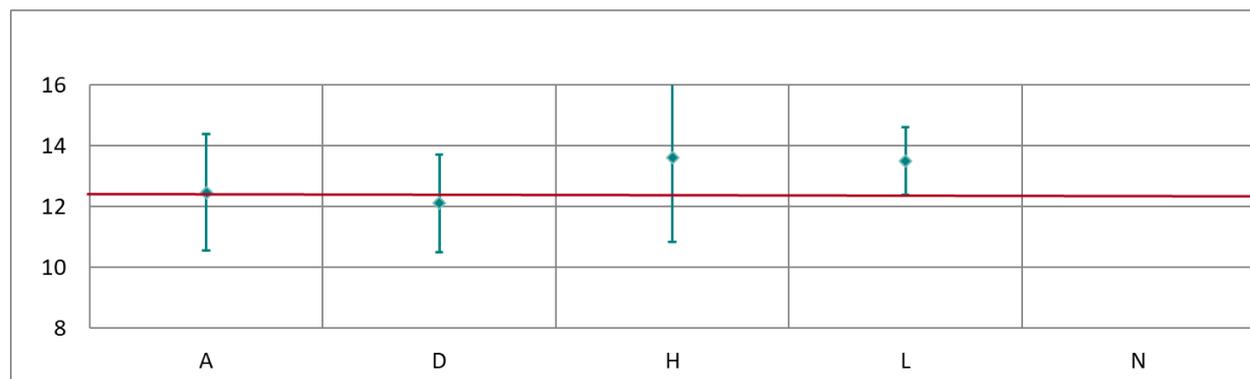


Abbildung 114: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 99: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 65,5$ $s^* = 0,74$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	64.2	64.9	64.9	66.1	k.A.	
$x_{i,2}$	64.1	64.9	65.4	66.2	k.A.	
$x_{i,3}$	64.2	64.8	65.6	66.2	k.A.	
X_i	64.2	64.9	65.3	66.2	k.A.	
S_i	0.07	0.06	0.36	0.06	k.A.	
$u(x_i)$	0.96	0.84	2.51	0.54	k.A.	
$U(x_i)$	1.92	1.68	5.02	1.09	k.A.	

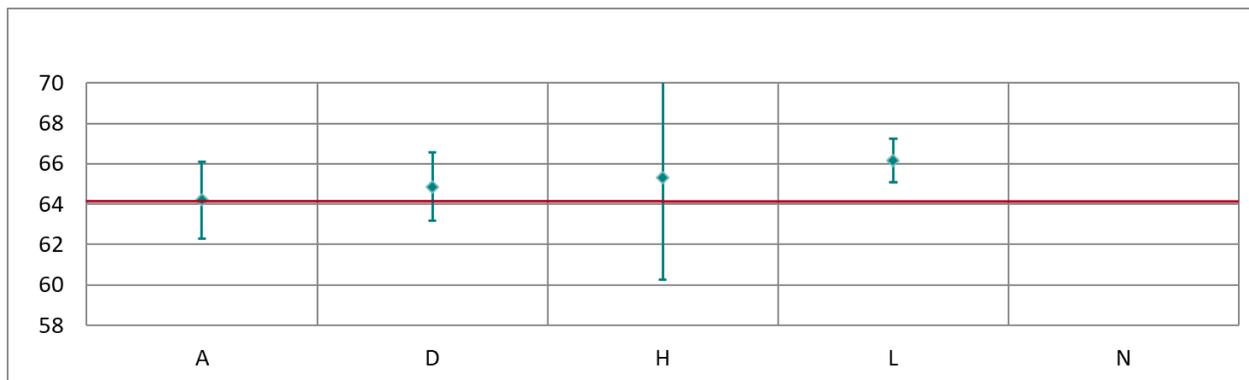


Abbildung 115: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 100: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 124,2$ $s^* = 1,71$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	122.6	124.2	123.0	125.8	k.A.	
$x_{i,2}$	122.7	124.0	123.1	125.8	k.A.	
$x_{i,3}$	122.7	124.0	122.4	125.9	k.A.	
X_i	122.7	124.1	122.8	125.8	k.A.	
S_i	0.06	0.12	0.38	0.06	k.A.	
$u(x_i)$	1.80	1.45	3.83	1.31	k.A.	
$U(x_i)$	3.60	2.90	7.65	2.62	k.A.	

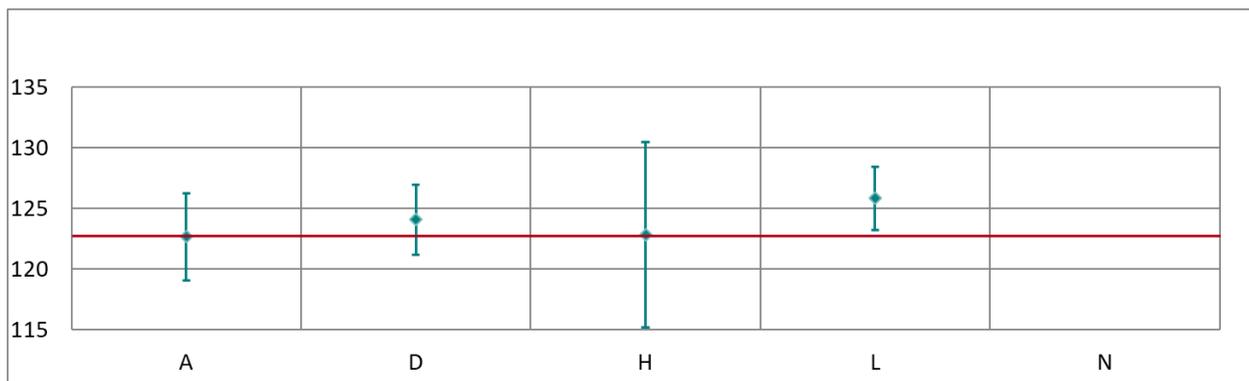
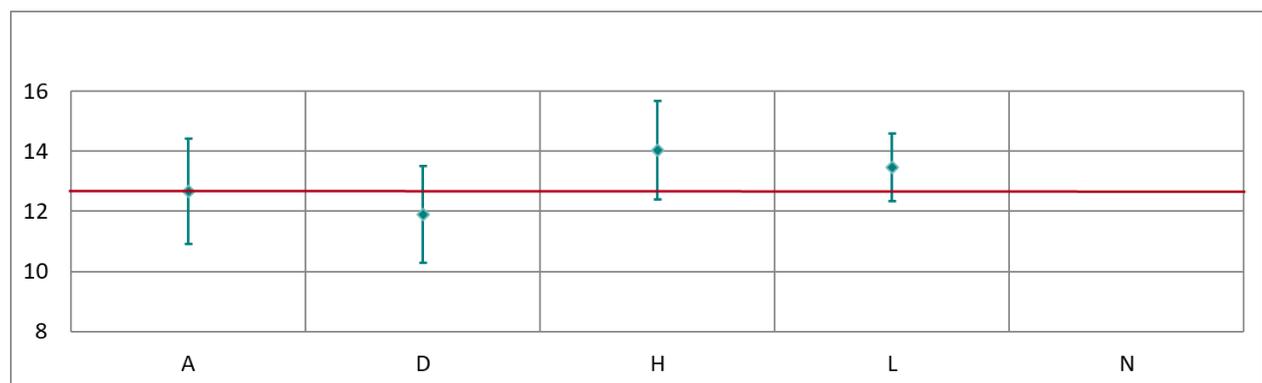


Abbildung 116: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 101: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 4 $x^* = 13,1$ $s^* = 1,25$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	12.7	12.0	14.0	13.5	k.A.	
$x_{i,2}$	12.7	11.8	14.1	13.4	k.A.	
$x_{i,3}$	12.6	11.9	14.0	13.5	k.A.	
X_i	12.7	11.9	14.0	13.5	k.A.	
S_i	0.06	0.10	0.06	0.06	k.A.	
$u(x_i)$	0.88	0.80	0.81	0.57	k.A.	
$U(x_i)$	1.76	1.60	1.63	1.13	k.A.	

Abbildung 117: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 4 (in nmol/mol).Tabelle 102: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,3$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	-0.1	0.2	0.1	0.4	0.4	
$x_{i,2}$	-0.2	0.1	0.1	0.4	0.4	
X_i	-0.1	0.2	0.1	0.4	0.4	
S_i	0.04	0.07	0.00	0.00	0.01	
$u(x_i)$	0.77	0.70	0.14	0.58	0.21	
$U(x_i)$	1.54	1.40	0.27	1.16	0.42	

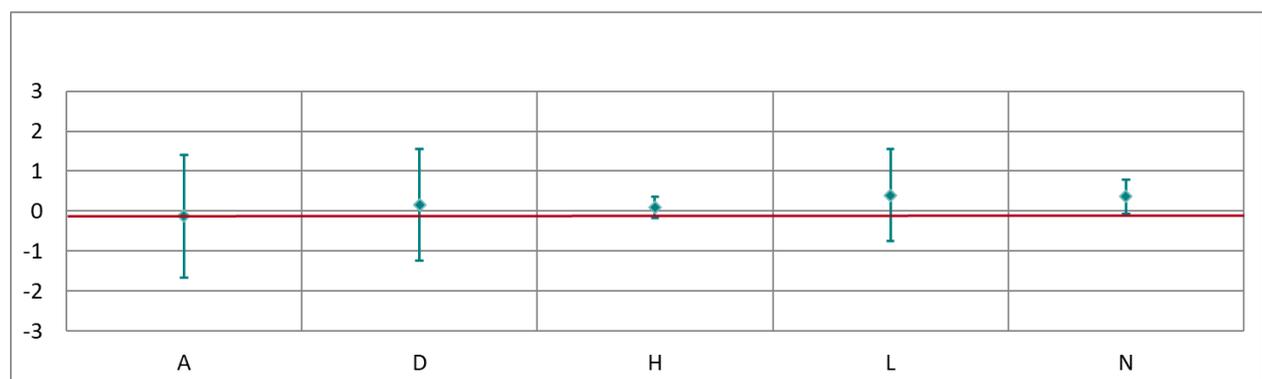


Abbildung 118: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 103: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 5 $x^* = 12,7$ $s^* = 1,09$

	Teilnehmer:innen					N	
	A	D	H	L			
$x_{i,1}$	12.5	11.6	13.5	13.1			k.A.
$x_{i,2}$	12.6	11.7	13.4	13.3			k.A.
$x_{i,3}$	12.5	11.6	13.3	13.1			k.A.
X_i	12.5	11.6	13.4	13.2			k.A.
S_i	0.06	0.06	0.10	0.12			k.A.
$u(x_i)$	1.04	0.80	0.92	0.57			k.A.
$U(x_i)$	2.07	1.60	1.84	1.14			k.A.

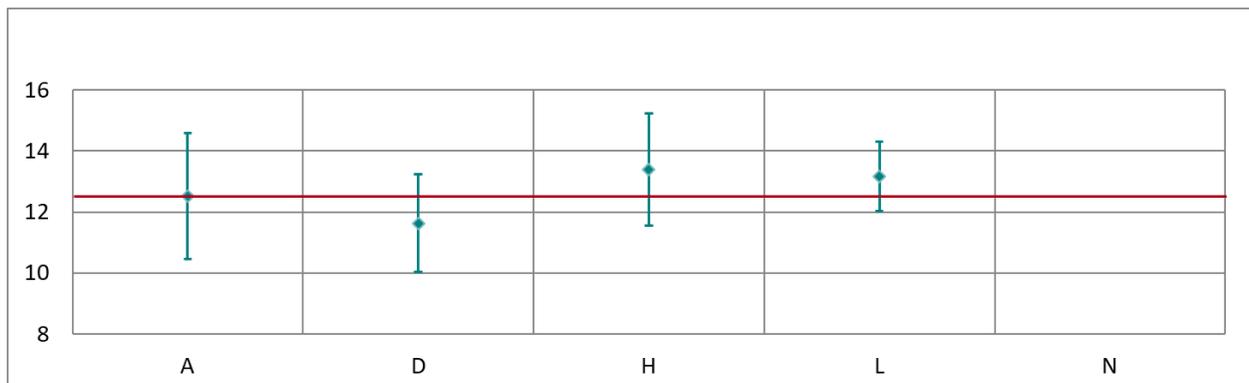


Abbildung 119: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 104: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 202,8$ $s^* = 4,65$

	Teilnehmer:innen					N	
	A	D	H	L			
$x_{i,1}$	202.1	204.0	198.3	206.9			k.A.
$x_{i,2}$	202.4	204.4	198.3	207.1			k.A.
$x_{i,3}$	202.4	204.3	198.1	204.2			k.A.
X_i	202.3	204.2	198.2	206.1			k.A.
S_i	0.16	0.21	0.12	1.62			k.A.
$u(x_i)$	2.67	2.32	5.83	2.10			k.A.
$U(x_i)$	5.35	4.64	11.66	4.21			k.A.

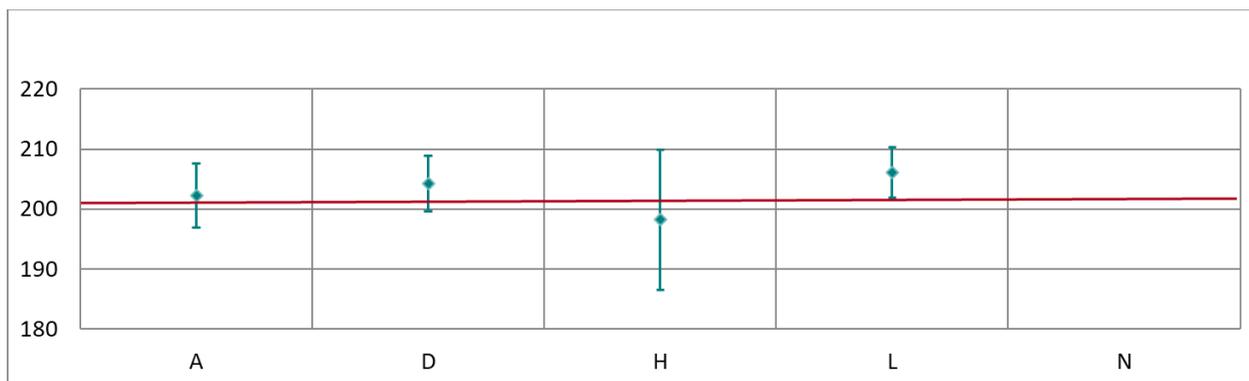


Abbildung 120: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 105: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 11,7$ $s^* = 0,55$

	Teilnehmer:innen					N
	A	D	H	L		
$x_{i,1}$	11.4	11.6	12.0	12.0		k.A.
$x_{i,2}$	11.5	11.0	11.7	12.1		k.A.
$x_{i,3}$	11.6	10.8	12.0	12.0		k.A.
X_i	11.5	11.1	11.9	12.0		k.A.
S_i	0.09	0.42	0.17	0.06		k.A.
$u(x_i)$	0.96	0.80	0.91	0.57		k.A.
$U(x_i)$	1.92	1.60	1.81	1.14		k.A.

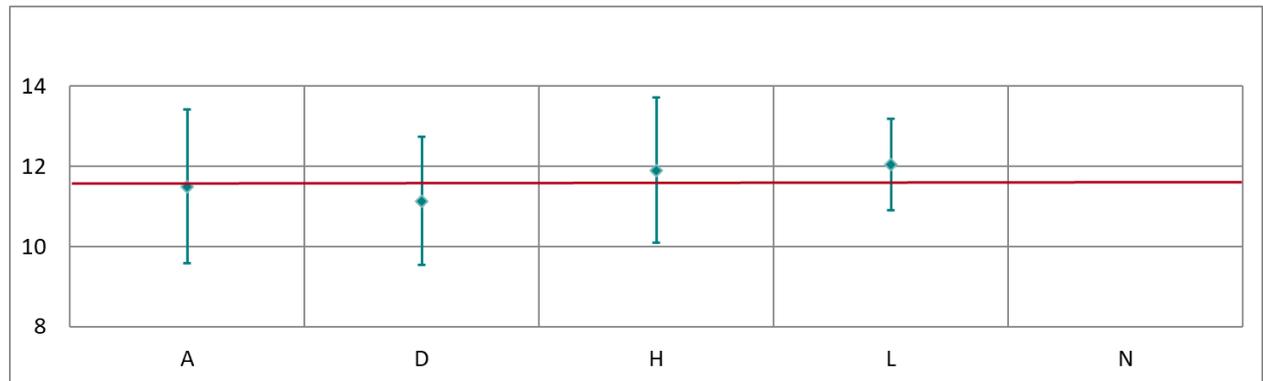


Abbildung 121: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 106: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 123,2$ $s^* = 3,29$

	Teilnehmer:innen					N
	A	D	H	L		
$x_{i,1}$	121.8	122.9	118.8	124.6	126.0	
$x_{i,2}$	121.8	122.9	119.3	124.8	126.1	
$x_{i,3}$	122.0	123.0	119.9	124.7	126.0	
X_i	121.9	122.9	119.3	124.7	126.0	
S_i	0.1	0.1	0.6	0.1	0.1	
$u(x_i)$	1.57	1.44	3.53	1.30	4.74	
$U(x_i)$	3.14	2.88	7.06	2.59	9.48	

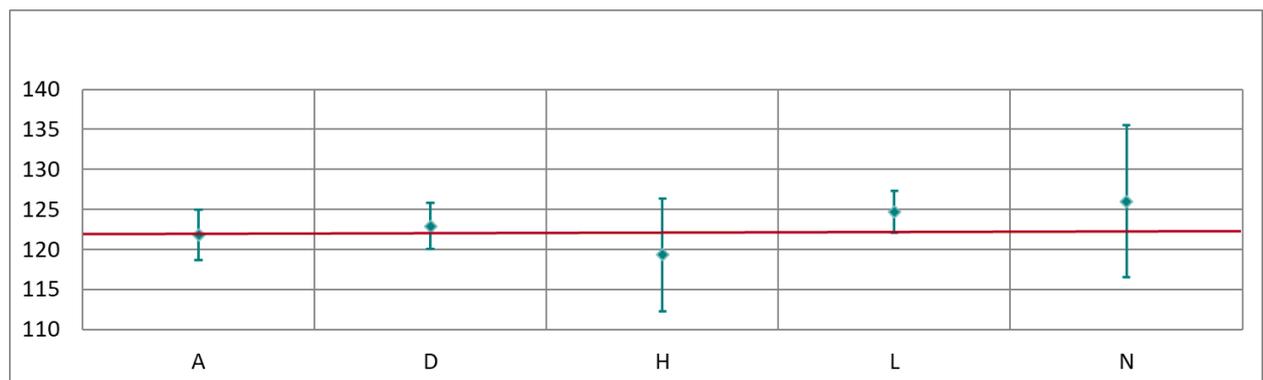


Abbildung 122: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 107: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 11,5$ $s^* = 1,30$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	10.7	10.7	10.9	11.3	13.3
$x_{i,2}$	10.7	10.8	10.9	11.2	13.2
$x_{i,3}$	10.7	10.8	10.9	11.2	13.2
X_i	10.7	10.8	10.9	11.2	13.2
S_i	0.03	0.06	0.00	0.06	0.04
$u(x_i)$	0.82	0.80	0.63	0.57	0.30
$U(x_i)$	1.63	1.60	1.26	1.13	0.59

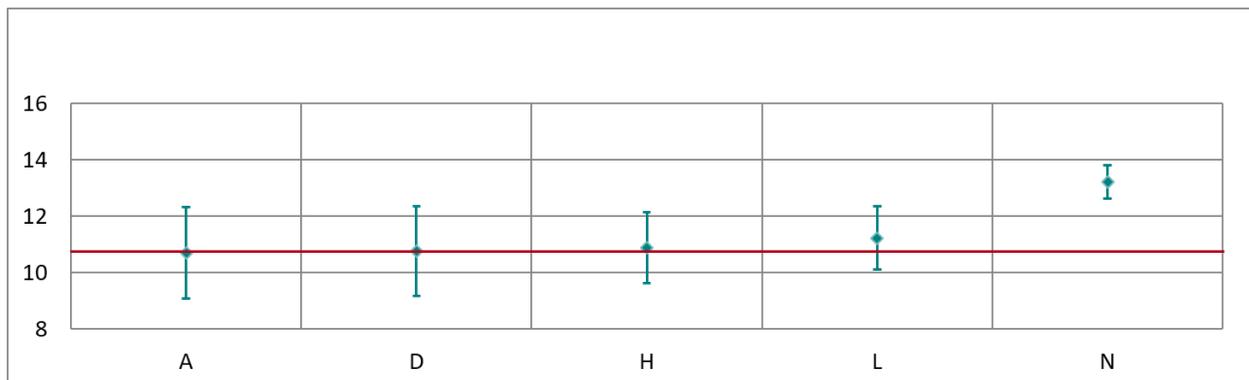


Abbildung 123: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 108: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 92,8$ $s^* = 2,58$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	91.6	93.2	89.7	94.0	94.5
$x_{i,2}$	91.6	93.2	89.5	93.9	94.6
$x_{i,3}$	91.5	93.1	89.1	93.8	94.5
X_i	91.6	93.2	89.4	93.9	94.5
S_i	0.05	0.06	0.31	0.10	0.05
$u(x_i)$	1.30	1.13	2.66	0.57	4.62
$U(x_i)$	2.60	2.26	5.32	1.13	9.23

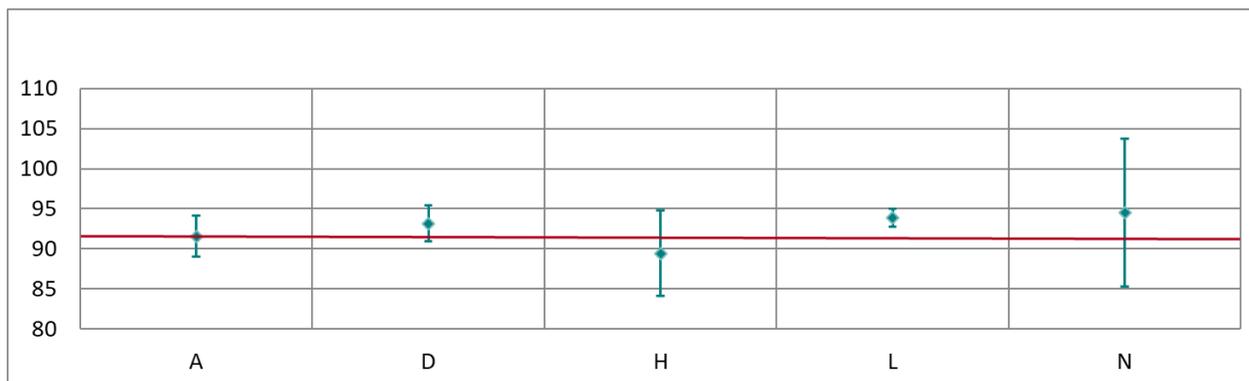
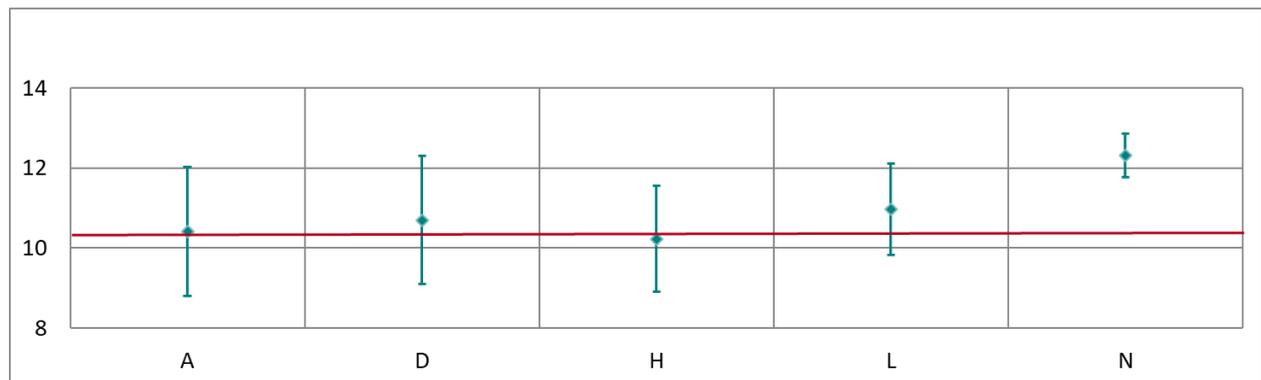


Abbildung 124: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 109: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 11 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 11 $x^* = 11,1$ $s^* = 1,01$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	10.4	10.7	9.9	10.9	12.3
$x_{i,2}$	10.4	10.7	10.1	11.0	12.4
$x_{i,3}$	10.4	10.7	10.7	11.0	12.3
X_i	10.4	10.7	10.2	11.0	12.3
S_i	0.03	0.00	0.42	0.06	0.05
$u(x_i)$	0.81	0.80	0.66	0.57	0.27
$U(x_i)$	1.61	1.60	1.32	1.14	0.54

Abbildung 125: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 11 (in nmol/mol).Tabelle 110: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 12 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 12 $x^* = 47,7$ $s^* = 0,69$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	47.0	47.5	46.7	48.1	48.6
$x_{i,2}$	46.9	47.5	46.6	48.2	48.7
$x_{i,3}$	46.9	47.6	46.6	48.1	48.6
X_i	46.9	47.5	46.6	48.1	48.6
S_i	0.00	0.62	-0.28	1.22	1.72
$u(x_i)$	0.80	0.80	1.40	0.55	0.25
$U(x_i)$	1.60	1.60	2.81	1.11	0.50

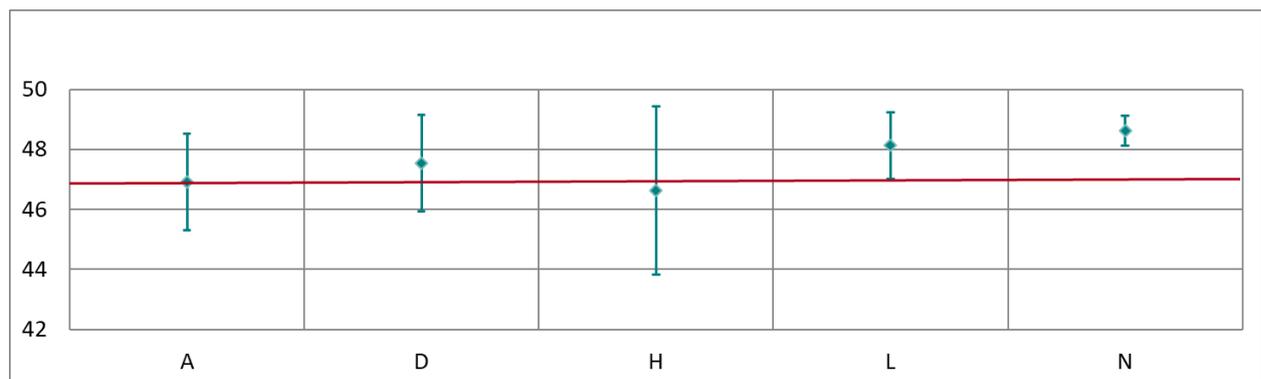
Abbildung 126: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 111: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 13 $x^* = 10,8$ $s^* = 0,44$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	10.3	10.5	10.3	10.7	11.4
$x_{i,2}$	10.3	10.5	10.5	10.9	11.3
$x_{i,3}$	10.3	10.5	10.5	10.8	11.3
X_i	10.3	10.5	10.4	10.8	11.3
S_i	0.03	0.00	0.12	0.10	0.03
$u(x_i)$	0.87	0.80	0.37	0.56	0.23
$U(x_i)$	1.74	1.60	0.74	1.12	0.47

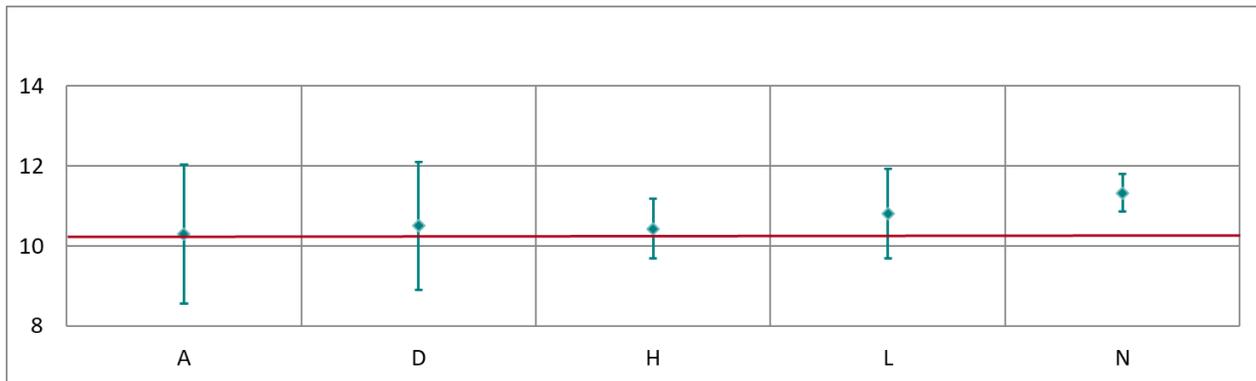


Abbildung 127: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 112: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 21,5$ $s^* = 0,56$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	21.1	21.3	20.8	21.8	22.0
$x_{i,2}$	21.1	21.3	20.9	21.7	22.0
$x_{i,3}$	21.2	21.3	20.9	21.6	22.0
X_i	21.1	21.3	20.9	21.7	22.0
S_i	0.06	0.00	0.06	0.10	0.02
$u(x_i)$	0.84	0.80	0.66	0.54	0.24
$U(x_i)$	1.69	1.60	1.31	1.09	0.48

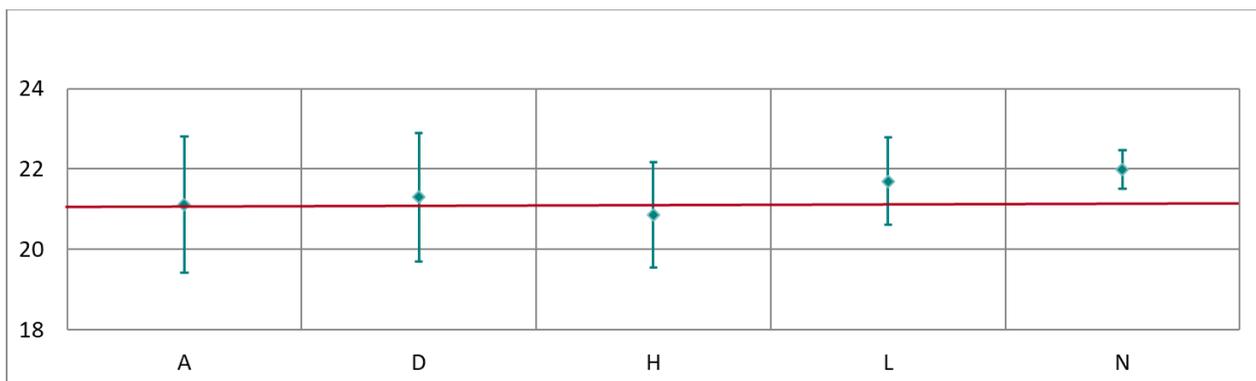
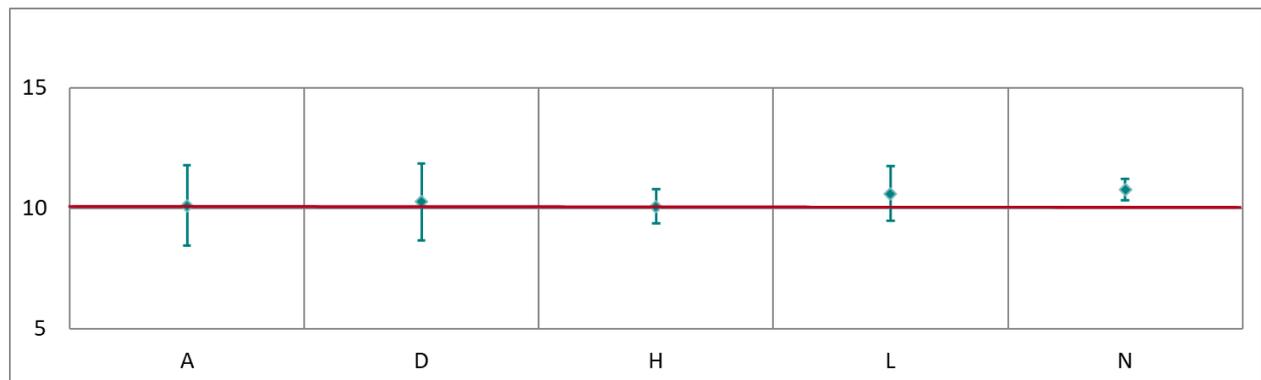


Abbildung 128: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 113: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 15 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 15 $x^* = 10,5$ $s^* = 0,29$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	10.2	10.3	10.0	10.6	10.8
$x_{i,2}$	10.1	10.3	10.1	10.6	10.8
$x_{i,3}$	10.0	10.2	10.1	10.6	10.8
X_i	10.1	10.3	10.1	10.6	10.8
S_i	0.11	0.06	0.06	0.00	0.01
$u(x_i)$	0.84	0.80	0.36	0.57	0.22
$U(x_i)$	1.68	1.60	0.71	1.14	0.44

Abbildung 129: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 15 (in nmol/mol).Tabelle 114: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 16 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 16 $x^* = 13,0$ $s^* = 2,06$

	Teilnehmer:innen				
	A	D	H	L	N
$x_{i,1}$	12.9	10.9	14.7	13.3	k.A.
$x_{i,2}$	12.9	10.9	14.4	13.4	k.A.
$x_{i,3}$	12.8	11.2	14.6	13.5	k.A.
X_i	12.9	11.0	14.6	13.4	k.A.
S_i	0.03	0.17	0.15	0.10	k.A.
$u(x_i)$	1.21	0.44	0.88	0.57	k.A.
$U(x_i)$	2.41	0.88	1.77	1.13	k.A.

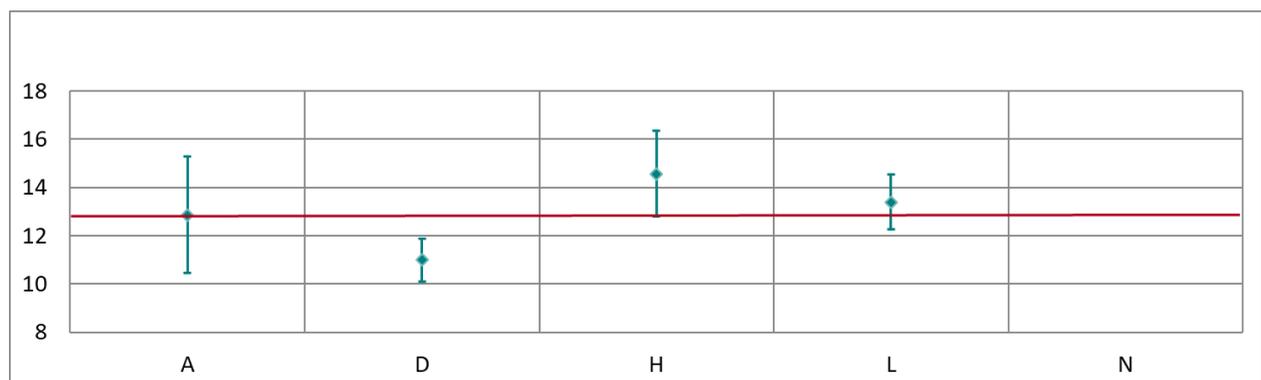
Abbildung 130: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 115: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 17 $x^* = 125,6$ $s^* = 2,50$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	123.7	123.1	127.6	126.0	k.A.	
$x_{i,2}$	123.4	123.1	127.3	126.2	k.A.	
$x_{i,3}$	123.7	123.3	127.5	126.3	k.A.	
X_i	123.6	123.2	127.5	126.2	k.A.	
S_i	0.15	0.12	0.15	0.15	k.A.	
$u(x_i)$	1.62	1.44	3.77	1.31	k.A.	
$U(x_i)$	3.24	2.88	7.53	2.62	k.A.	

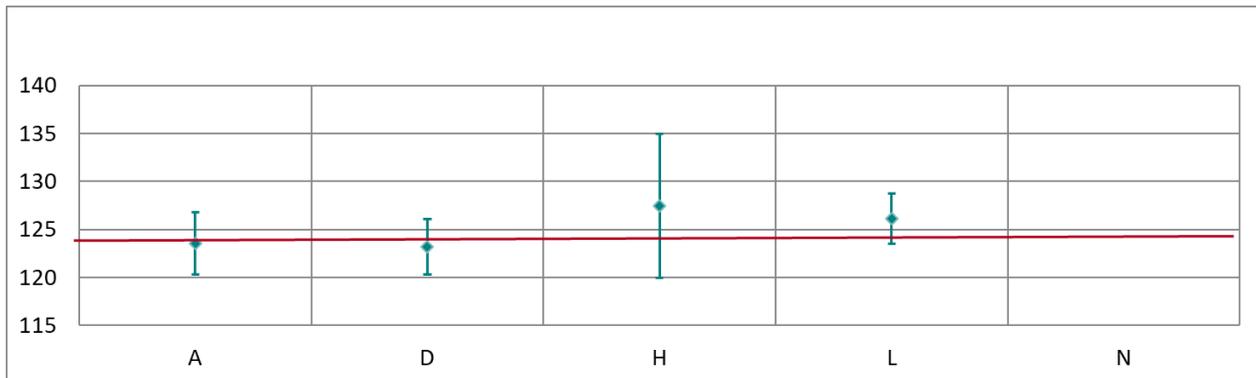


Abbildung 131: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 17 (in nmol/mol).

Tabelle 116: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,3$ $s^* = 0,13$

	Teilnehmer:innen					
	A	D	H	L	N	
$x_{i,1}$	-0.1	0.2	0.2	0.5	0.3	
$x_{i,2}$	-0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	
X_i	-0.1	0.2	0.2	0.5	0.3	
S_i	0.04	0.00	0.00	0.07	0.00	
$u(x_i)$	0.78	0.70	0.12	0.58	0.22	
$U(x_i)$	1.55	1.40	0.24	1.17	0.44	

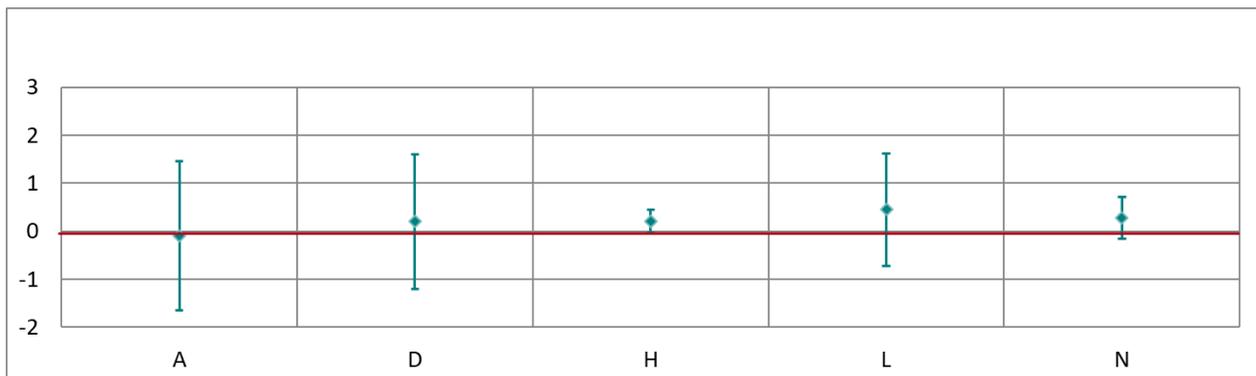


Abbildung 132: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 3 (in nmol/mol)

Anhang D: FRAGEBÖGEN

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Stadt Wien - Umweltschutz

Namen der Teilnehmer: Ing. Christina Kellner

Kontakt: 1200 Wien, Dresdner Straße 45

Telefonnummer: +43 676 8118 73777

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	917,1nm/mol / 920,6 nm/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: Umweltbundesamt 094/2022

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA-370

Baujahr: 2017

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $uc = \text{Wurzel}(u^2_{\text{kal}} + u^2_{\text{lin}} + u^2_r)$

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	238 nm/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,23%
Hersteller	Thermo
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien

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

Umweltbundesamt 111/20221

Verwendetes Nullgas: Kompressor mit Trocknung und Vorlage (Aktivkohle+ Silicagel)

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: API

Modell: T400

Baujahr: 2020

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Salzburger Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Ing. Martin Loibichler
Kontakt: Ing. Martin Loibichler
Telefonnummer: 0662/8042 DW 4721 und Mobil: 0664/440 64 53
E-Mail: martin.loibichler@salzburg.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	NO: 775ppb; NO _x : 781ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3%
Hersteller	MCZ CMK 5T #1407-230
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnungskalibrator mit MFC

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

Kalibrierschein UBA vom 08.03.2022 #040/2022 → Transfer auf #1407-230

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370

Baujahr: 2018; SNr.: #4GW113TG

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 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	200,2ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,4%
Hersteller	Teledyne API; 703E #164; BJ: 2008
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien

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

Kalibrierschein UBA vom 08.03.2022 #038/2022

Verwendetes Nullgas: über Kalibrator API 703E #164

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: API

Modell: 400T, SNr.: #2095

Baujahr: 2015

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

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

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

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

Verwendetes Nullgas:

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

2 O₃**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	200,3 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	4,6 nmol/mol
Hersteller	API Typ T 703
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Kalibrierschein, Umweltbundesamt Deutschland, Außenstelle Langen

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: Nullluftanlage

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: APOA-370
 Baujahr: 2018

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:

Berechnung aus Streuung der Kurzzeitwerte und Unsicherheiten gemäß Kalibrierschein

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

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 die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	PGG NO/NO _x 919,4/927,7 Flasche NO/NO _x 812/814
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	PGG im Kalibrierpunkt 6,3 nmol/mol
Hersteller	Horiba, Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Land Oö.
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung

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

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

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

ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 062/22, 063/22

Verwendetes Nullgas:

Nullluftaufbereitung mit Silikagel, Natronkalk, Molekularsieb und Aktivkohle

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2021

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	240
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	5,7 nmol/mol
Hersteller	Thermo Electron
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien

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

ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 060/22

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: 49i

Baujahr: 2017

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

QMSOP-GA-001/LG

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

Namen der Teilnehmer: Thomas Oberhauser

Kontakt: Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

Telefonnummer: 0043 676 885084622

E-Mail: thomas.oberhauser@tirol.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	762,1 ppb / 766,3 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5% (Referenz - UBA) + 1%
Hersteller	Amt der Tiroler Landesregierung
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 018/2022 + Transferabgleich Land Tirol 21.02.22
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	MFC (Fa. Vögtlin) / Transfer-Light-GPT-372

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

Umweltbundesamt Wien Kalibrierworkshop 2022 -> Transferabgleich Land Tirol

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA
 Modell: APNA 370
 Baujahr: 2019

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Nullpunkt + Prüfpunkt

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

NO:

$$u = \text{wurzel}(u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin-max}}^2 + u_{\text{stabw}}^2)$$

$$u_{\text{Null}} = \text{wurzel}(u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw}}^2)$$

NO₂:

$$u = \text{wurzel}(u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin-max}}^2 + u_{\text{stabw-NO}_2}^2 + u_{\text{stabw-NO}_x}^2)$$

$$u_{\text{Null}} = \text{wurzel}(u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw-NO}_2}^2 + u_{\text{stabw-NO}_x}^2)$$

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	150 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5 % (Referenz – UBA) + 1%
Hersteller	API-Teledyne
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 017/2022 + Transferabgleich Land Tirol 23.09.22

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

Umweltbundesamt Wien – Kalibrierworkshop 2022 -> Transferabgleich Land Tirol

Verwendetes Nullgas:

Silikagel – Aktivkohle – DFU-Filter

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: APOA 370

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

Nullpunkt - Prüfpunkt

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

linear

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{Transfer}}^2 + u_{\text{stab}}^2}$$

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der steiermärkischen Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Martin Tantscher, Benedikt Tschofenig
Kontakt: Benedikt Tschofenig
Telefonnummer: +43 (0)316 877 4919 | +43 676 8666 4919
E-Mail: benedikt.tschofenig@stmk.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	692,6 / 695,8
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	± 10,39 nmol/mol
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. 030/2022

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA-370 RM1E7RF6

Baujahr: 2022

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

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

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

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	450
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	± 10,5
Hersteller	API
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien

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. 029/2022

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: APOA 370 PB40S99B

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:

$$U(x) = 2 * \sqrt{0.79^2 + 0,0115^2 * x^2 + u(x)_{stdAbw}^2}$$

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Burgenländischen Landesregierung
Namen der Teilnehmer: Michael Feracsak
Kontakt: Abteilung 4, Hauptreferat Klima und Energie, Referat Luftreinhaltung und Luftgüte, A-7000 Eisenstadt, Landhaus, Europaplatz 1
Telefonnummer: 02686 600 2834
E-Mail: post.a4-luft@bglg.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	767,4/773,1
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,51 nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nulllufterzeugung

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

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts (Kalibrierschein 023/2022)

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: 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: Erfahrungswerte der letzten Jahre

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	150
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,8 nmol/mol
Hersteller	API
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien

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 022/2022)

Verwendetes Nullgas: Interne Nullluftvorlage mit Silikagel,

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: API

Modell: T400

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: Erfahrungswerte der letzten Jahre

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 10. bis 13. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Kärnten
Namen der Teilnehmer: Ing. Franz Hohenwarter
Kontakt: Flatschacherstrasse 70 9020 Klagenfurt
Telefonnummer: 04638053618072
E-Mail: franz.hohenwarter@ktn.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	815,6 / 818,3
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	12,23
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD Flasche

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

Verwendetes Nullgas: intern Pumpe Silikagel Natronkalk Molekularsieb Aktivkohle

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: Horiba Apna 370

Baujahr: 2019

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

150	150
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,8
Hersteller	Thermo Elektron
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts

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

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API
 Modell: T400
 Baujahr: 2021

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2
 Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
 Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: laut Vorgabe UBA

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 17. bis 20. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

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

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 092/2022 vom 15.06.2022

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 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: $u_{NO} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{r\ NO}^2)$
 $u_{NOx} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{r\ NO}^2 + u_{r\ NOx}^2)$

2 O₃**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	Thermo 49CPS mit 200 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	$U_{(x)} = 2 \cdot \text{Wurzel}(0,75^2 + 0,0115^2 \cdot x)$
Hersteller	Thermo
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt GmbH Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	O ₃ Kalibrator

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

Rückführung Umweltbundesamt GmbH Wien Kalibrierschein 007/2022 vom 02.02.2022

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: API

Modell: T400

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:

$$U_{(x)} = 2 \cdot \text{Wurzel}(0,75^2 + 0,0115^2 \cdot x + u_r^2)$$

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 17. bis 20. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB)
Namen der Teilnehmer: Müller, Matthias
Kontakt: Geschäftsfeld 320, Institutsweg 1, D - 85435 Erding
Telefonnummer: +49/8122/9590-3329
E-Mail: WIWeBGefahrstoffmessstelleSued@bundeswehr.org

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	9260 / 9330
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1%
Hersteller	Linde GmbH, Spezialgase Deutschland
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Linde GmbH Linde Gas Deutschland vom 24.01.2022
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).

Linde GmbH Linde Gas Deutschland

Verwendetes Nullgas: Nullgasgenerator (Hersteller: Umwelttechnik MCZ GmbH, Typ: Zero Gas Supply NGA 19S).

Gemäß Spezifikation wird aus der Umgebungsluft des Labors eine getrocknete Luft (Taupunkt: -20 °C) mit folgenden maximalen Schadstoffgehalten erzeugt:

< 1 ppb für SO₂, NO, NO₂ und O₃

< 0,8 ppm für Kohlenwasserstoffe und CO

Technisch bedingt ist das erzeugte Nullgas nicht frei von CO₂. Es enthält einen Restgehalt von ca. 55 ppm CO₂.

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Environnement S.A (Ansyco)

Modell: AC32M

Baujahr: 2012

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:

$U(\text{NO}) = \text{Wurzel} (u_{\text{Kal}}^2 + u_{\text{LoF}}^2 + u^2_{\text{NO,repeat}})$

$U(\text{NO}_2) = \text{Wurzel} (u_{\text{Kal}}^2 + u_{\text{LoF}}^2 + u^2_{\text{NO,repeat}} + u^2_{\text{NOx,repeat}})$

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	671 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3%
Hersteller	
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	

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

Herstellung einer definierten Ozonkonzentration aus einem Ozongenerator (Hersteller: Umwelttechnik MCZ GmbH, Typ: CMK 5 TOUCH). Rückführung der Ozonkonzentration mit Hilfe der Gasphasentitration auf ein zertifiziertes NO-Kalibriergas unter Verwendung des o.g. NOx-Gasanalysators.

Verwendetes Nullgas: Nullgasgenerator (Hersteller: Umwelttechnik MCZ GmbH, Typ: Zero Gas Supply NGA 19S).

Gemäß Spezifikation wird aus der Umgebungsluft des Labors eine getrocknete Luft (Taupunkt: -20 °C) mit folgenden maximalen Schadstoffgehalten erzeugt: < 1 ppb für SO₂, NO, NO₂ und O₃

< 0,8 ppm für Kohlenwasserstoffe und CO

Technisch bedingt ist das erzeugte Nullgas nicht frei von CO₂. Es enthält einen Restgehalt von ca. 55 ppm CO₂.

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: Environnement S.A (Ansyco)

Modell: O342M

Baujahr: 2015

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

$$U(O_3) = \text{Wurzel} (u^2_{\text{Kal}} + u^2_{\text{LoF}} + u^2_{\text{repeat}}) = \text{Wurzel} (u^2_{\text{Kal}} + (1,0165x - 0,152 - x)^2 + u^2_{\text{repeat}})$$

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 17. bis 20. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: iC consulenten Ziviltechniker GesmbH
Namen der Teilnehmer: DI Martin Koller, Ing. Benjamin Ofner
Kontakt: Schönbrunnerstraße 297, 1120 Wien
Telefonnummer: 0664 601 69 217
E-Mail: m.koller@ic-group.org

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	0 786,3 nmol/mol NO, 792,8 nmol/mol NO _x
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0 11,79 nmol/mol (1,5%)
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator zur dynamischen Verdünnung des PRM: Horiba ASGU 370S, SerienNr. HA1410

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

Verwendetes Nullgas: Nullgasversorgung Umweltbundesamt

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API
 Modell: S/N 3364
 Baujahr: 2017

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (0 | 786,3 nmol/mol NO)
 Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
 Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Erweiterte Messunsicherheit NO:

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

Erweiterte Messunsicherheit NO₂:

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

$u_{(rep.NO)}$...Messunsicherheit des jeweiligen NO HMW	
$u_{(rep.NO_x)}$...Messunsicherheit des jeweiligen NO _x HMW	
$u_{(cal)}$...Messunsicherheit Kalibrator (siehe Prüfschein)	... 0,77%
$u_{(lin.NO)}$...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO	... 0,74 %
$u_{(lin.NO_x)}$...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO _x	... 0,43 %

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

2 O₃**2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

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

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

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Eignungsprüfung für NO/NO₂ und O₃ 17. bis 20. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Eurofins Umwelt Österreich GmbH & CO KG
Namen der Teilnehmer: Anton Tanzberger
Kontakt: Palmersstrasse 2, 2351 Wiener Neudorf
Telefonnummer: +43 571 571 1511
E-Mail: antontanzberger@eurofins.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	767,8 / 778,2
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 bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba
 Modell: APNA 370
 Baujahr: 2016

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2
 Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): linear
 Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Vorgaben UBA

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

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

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 17. bis 20. Oktober 2022

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Umweltbundesamt GmbH / Messnetz
Namen der Teilnehmer: Franz Zimmerl, Michael Alonso
Kontakt: Spittelauer Lände 5, 1090 Wien
Telefonnummer: 01/31304-5859
E-Mail: franz.zimmerl@umweltbundesamt.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	163,0 / 163,0
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	4,45 nmol/mol NO
Hersteller	Messer Schweiz # D 693639
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

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

Kalibrierschein 109/2022 vom 06.09.2022 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

Tragbare Nullluftanlage Horiba

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Fisher

Modell: TEI 42iTL # 0618816925

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:

NO: $u_{NO} = \text{Wurzel}(u^2_{Kal} + u^2_{repeat} + u^2_{LoF})$; $u_{Null} = \text{Wurzel}(u^2_{NWG} + u^2_{repeat})$

NO₂: $u_{NO_2} = \text{Wurzel}(u^2_{Kal} + u^2_{repeatNO} + u^2_{repeatNOx} + u^2_{LoF})$; $u_{Null} = \text{Wurzel}(u^2_{NWG} + u^2_{repeat})$

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

150	150 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,8 nmol/mol
Hersteller	TEI 49i-PS, Serien-Nr.: 1162110060
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien

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

Kalibrierschein 117/2022 vom 05.10.2022 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	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: Teledyne API

Modell: API 400E # 1472

Baujahr: 2007

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:

$$u_{O_3} = \text{Wurzel} (u_{\text{Kal}}^2 + u_{\text{repeat}}^2 + u_{\text{LoF}}^2)$$

u_{Null} aus Kalibrierschein

ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS- ANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

Die Prüfgegenstände NO_x und O₃ wurden mit der Gasmischanlage der Ringversuchsanlage erzeugt und über die Ringleitung aus Borosilikatglas an die Teilnehmer:innen der Eignungsprüfungen verteilt.

E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

- O₃: (auch zur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung):
Platz 1: TEI 49C, S/N 64071-341
Platz 14: TEI 49i, S/N 1317957903
- NO: Platz 1: Horiba APNA 370, S/N: TLK34DAG
Platz 14: Horiba APNA 370, S/N: 300DPVAE

E2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2022 eingesetzt:

Tabelle 62: Eingesetzte Verdünnungsgase bei der Eignungsprüfung 2021.

	Hersteller	Stoffmengenanteil	Analysetoleranz des Herstellers	Trärgas
NO	Messer Austria 1590A	48,93 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 wurde die Taupunkttemperatur des Trärgases im Raum der Gasmischanlage gemessen und dokumentiert.

Beim ersten Durchgang der Eignungsprüfung beträgt die durchschnittliche Temperatur im Messraum 24,8°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von 24,0°C und eine Maximaltemperatur von 25,7°C aufgezeichnet.

Beim zweiten Durchgang beträgt die mittlere Temperatur im Messraum der Ringversuchsanlage 23,6°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von 22,7°C und eine Maximaltemperatur von 24,5°C aufgezeichnet.

Beim ersten Durchgang beträgt die mittlere Taupunkttemperatur der Nullluft -48,1°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von -59,4°C und eine Maximaltemperatur von -35,6°C aufgezeichnet.

Beim zweiten Durchgang beträgt die mittlere Taupunkttemperatur der Nullluft -42,2°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von -51,4°C und eine Maximaltemperatur von -40,0°C aufgezeichnet.

E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität

E4.1 Eignungsprüfungsrunde 10.-13.10.2022

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 06. Oktober 2022, wurden keine Verunreinigungen festgestellt und die Anforderungen wurden eingehalten.

Die Anforderungen an die Homogenität und an die Stabilität erfolgen anhand von Halbstundenmittelwerten am Anfang und am Ende der Ringleitung vor und am Ende der Eignungsprüfung.

Homogenität: Differenz der Messwerte am Beginn und am Ende der Ringleitung:

< 3,0 nmol/mol für O₃

< 4,0 nmol/mol für NO₂ und NO in Mischungen

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2022 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten O₃, und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrunde betragen:

O₃ 0,9 nmol/mol

NO, NO₂: 1,5 nmol/mol

Stabilität: Der Verlauf des Stoffmengenanteils des Prüfgegenstandes darf keine Schwankungen aufweisen, die die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Position an der Ringleitung beeinflussen.

Veränderungen der Stoffmengenanteile, deren Einfluss nicht positionsabhängig ist, haben keinen Einfluss auf die Bewertung, da die Erfassung der Referenzwerte unter den gleichen Bedingungen erfolgt. Allerdings erhöhen sie die kombinierte Messunsicherheit sowohl der Referenzwerte als auch der Messwerte der Teilnehmer:innen. Daher sollten diese so gering wie möglich gehalten werden.

Folgende Veränderungen der Stoffmengenanteile über die 3 Halbstundenmittelwerte sind für die Anlage typisch, es gilt der jeweils höhere Wert:

O₃: < 1 % oder 2,5 nmol/mol

NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der ersten Eignungsprüfungsrunde vom 10.-13.10.2022 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten O₃ und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrunde betragen:

O₃ 0,4 nmol/mol

NO, NO₂: 0,6/0,4 nmol/mol

E4.2 Eignungsprüfungsrunde 17.-20.10.2022

Homogenität: Die Stoffmengenanteile der ermittelten Halbstundenmittelwerte dürfen folgende Kriterien nicht überschreiten:

< 3,0 nmol/mol für O₃

< 4,0 nmol/mol für NO₂ und NO in Mischungen

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der zweiten Eignungsprüfung vom 17.-20.10.2022 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten O₃ und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrunde betragen:

O₃ 1,0 nmol/mol

NO, NO₂: 2,8 nmol/mol

Stabilität: Die Stoffmengenanteile der aufeinanderfolgenden Halbstundenmittelwerte (Referenzwerte) dürfen folgende Kriterien nicht überschreiten:

O₃: < 1 % oder 2,5 nmol/mol

NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der zweiten Eignungsprüfungsrunde vom 17.-20.10.2022 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten O₃ und NO/NO₂ in der Eignungsprüfungsrunde betragen:

O₃ 0,6 nmol/mol

NO, NO₂: 0,7/0,4 nmol/mol

E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte

Für die Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte bzw. der Ergebnisse im Rahmen von Eignungsprüfungsrunden wurden folgende Beiträge berücksichtigt:

- *Beitrag Messunsicherheit 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 %.
- *Beitrag der Messunsicherheit für die Homogenität der Prüfmittel für alle Teilnehmer:innen* – u_{HOM}
 Dieser Betrag besteht aus der tatsächlichen Differenz der beiden Referenzmessgeräte von Platz 1 und Platz 14. Diese wird quadriert und zu den übrigen Teilbeträgen addiert. Die Quadratwurzel aus den 4 Teilbeträgen ergibt dann den Wert der einfachen Messunsicherheit, welcher mit dem Faktor 2 multipliziert die erweiterte Messunsicherheit mit einem Konfidenzintervall von 95% ergibt.

Für Stoffmengenanteile im Nullpunkt bzw. nahe dem Nullpunkt erfolgt die Berechnung der Messunsicherheit (u_{Null}) wie folgt:

Für die jeweilige Komponente wird der Messunsicherheitsbeitrag der Nachweisgrenze (u_{NWG}) und der Streuung der aktuellen Messwerte (u_{repeat}) kombiniert:

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

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

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

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteile von NO_2 wird, da es aus ($\text{NO}_x - \text{NO}$) gebildet wird, sowohl die Streuung des NO -Signals als auch die Streuung des NO_x Signals als zufälliger Beitrag herangezogen.

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + u_{repeatNO}^2 + u_{repeatNOx}^2 + u_{LoF}^2 + u_{Hom}^2)} \quad \text{Formel 6}$$

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 Teilnehmer:innen nach ISO 13528 überprüft und den berechneten robusten Mittelwerten und ihren Standardabweichungen gegenübergestellt.