

**Eignungsprüfung zur
Immissionsmessung 2020
Auswertung der Eignungsprüfung
für NO/NO₂, CO und SO₂**

**Proficiency Testing for
Gaseous Air Pollutants 2020
Evaluation for NO/NO₂, CO and SO₂**

BERICHT/REPORT

~~Entwurf Ausgabe/Edition 1 – 10.02.2021~~

Ausgabe/Edition 2: 28.06.2021

Dieser Report umfasst 100 Seiten.
This report comprises 100 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/>

AutorInnen

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 (IM): Siegmund Böhmer

Art des Berichts und Ausgabedatum:

Endbericht: Ausgabe/Edition 2 – korrigierte Version

Ausgabe/Edition 2 ersetzt Entwurf Ausgabe/Edition 1 aus folgendem Grund:

Am Deckblatt des Endberichts Eignungsprüfung zur Immissionsmessung 2020 wurde „Entwurf – Ausgabe/Edition 1“ nicht zu „Ausgabe/Edition 1“ korrigiert.

Es wurde im Anhang A2 der inkorrekte Verweis auf Anhang F auf Anhang E korrigiert.

Juni 2021

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

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2019

Alle Rechte vorbehalten

INHALT

INHALT	3
ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	6
1 EINLEITUNG.....	7
2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG.....	8
3 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE	12
4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE	13
5 AUSWERTUNG DER DATEN	18
5.1 z'-score Auswertung.....	18
5.2 E _n -Nummer Auswertung.....	23
5.3 Bias und Messunsicherheit.....	27
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	34
ANHÄNGE.....	35
ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	36
A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit.....	37
A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen.....	38
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	39
ANHANG C: BERICHTETE WERTE	41
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	68
ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE.....	96
E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte	96
E2 Herstellung der Prüfgegenstände	96
E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen	97
E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität	97
E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte...	98

ZUSAMMENFASSUNG

Anfang Oktober 2020 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor Eignungsprüfungen für Betreiber von Immissionsmessnetzen. Eignungsprüfungen dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Es wurden Messungen der Luftschadstoffen Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂) und Stickstoffoxide (NO/NO₂) durchgeführt.

Aufgrund der Corona Pandemie wurde bei der heurigen Eignungsprüfung Maßnahmen ergriffen, um die Sicherheit der TeilnehmerInnen zu gewährleisten und das Risiko einer allfälligen Ansteckung möglichst gering zu halten. Es wurden u.a. die TeilnehmerInnenanzahl im Messraum reduziert, ein weitestgehend kontaktloser Auf- und Abbau mittels gestaffelter Zeiten sichergestellt, fixe Arbeitsplätze zugewiesen, für eine gute Durchlüftung gesorgt, Desinfektionsmittel bereitgestellt sowie zum Tragen eines Mund-Nasenschutzes aufgefordert.

Die Ergebnisse aller 7 TeilnehmerInnen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

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

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

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2020 sind insgesamt sehr zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen wieder.

Für die Komponente CO und NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten; die Ergebnisse waren ausnahmslos vollkommen zufriedenstellend.

Für die Komponente NO₂ haben alle Messgeräte vollkommen bis sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Ein Messgerät liegt bei niedriger Stoffmengenkonzentration einmal außerhalb des E_n-Kriteriums (a3 Bewertung); bei einem zweiten Messgerät wird die Messunsicherheit größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung angegeben und mit a2 bewertet.

Für die Komponenten SO₂ haben bis auf ein Messgerät alle vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Eine teilnehmende Organisation weist bei der Komponente SO₂ vier a2-Bewertungen bei niedrigen Stoffmengenanteilen (im niedrigen Stoffmengenanteil wird die Messunsicherheit ($> \sigma_{PT}$) überschätzt) und zwei a3-Bewertungen bei hohen Stoffmengenanteilen auf. Eine teilnehmende Organisation wurde bei allen zwei Nullgasdurchgängen mit a2 bewertet.

Hervorzuheben ist, dass Bewertungen bis inklusive a3 gute, die 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 2021 ist die nächste Eignungsprüfungsrunde für die Luftschadstoffe für die Komponenten NO, NO₂, SO₂, CO und O₃ geplant.

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung

Corona Pandemie

Auswerteverfahren

Bewertungskriterien

Komponente CO und NO

Komponente NO₂

Ergebnisse Komponente SO₂

nächste Eignungsprüfung im Herbst 2021

SUMMARY

- interlaboratory comparison** Beginning of October 2020 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparison for air quality network operators. The test was undertaken at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants carbon monoxide (CO), sulphur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO and NO₂).
- Corona pandemic** Due to the Corona pandemic, measures were taken for this proficiency test to ensure the safety of the participants during the proficiency test and to keep the risk of possible infection as low as possible. Among other things, the number of participants in the measuring room was reduced, a largely contactless set-up and dismantling was ensured by means of staggered times, fixed workplaces were assigned, good ventilation was ensured, disinfectants were provided and a request to wear mouth and nose protection was issued.
- evaluation of measurement results** The results of all 7 participating organisations were interpreted using the same statistical evaluations as they are foreseen for interlaboratory comparisons of the European Air Quality Reference Laboratories – according to the AQUILA document N37 „Protocol for intercomparisons exercises“.
- The reference value of each run was assessed by Umweltbundesamt; its robustness was evaluated against the participant's results (according to ISO 13528).
- criteria for evaluation** The compliance with a common criterion (z'-score) and an individual criterion (E_n-number as well as the measurement uncertainty were evaluated.
- Overall, the results of the proficiency testing of 2020 are highly satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.
- results of CO and NO** For CO and NO all measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations and provided fully satisfactory results.
- results of NO₂** For the component NO₂, all measuring instruments achieved completely to very satisfactory results. One participating organization obtained one a3-evaluation. For another measuring instrument, the measurement uncertainty is greater than the standard deviation for conformity assessment and therefore received an a2 evaluation.
- results of SO₂** For the SO₂ components, all but one measuring instrument achieved completely satisfactory results. For the SO₂ component, one participating organization had four a2 ratings at low mass fractions (in the low mass fraction, the measurement uncertainty ($> \sigma_{PT}$) is overestimated) and two a3 ratings at high mass fractions; a2 evaluations were assessed for all two zero gas passes.
- In general it should be stressed, that results of the proficiency testing down to a3 represent good monitoring results entirely fulfilling the requirements. Results have improved steadily since 2010 or maintained at the same high quality level as in previous years.
- next proficiency testing round** The next proficiency testing round for NO, NO₂, SO₂, CO and O₃ will take place in October 2021.

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 5. bis 8. Oktober 2020 wurden die Messsysteme von 7 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 D und Anhang E sind die berichteten Werte und die von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen wiedergegeben. Anhang E behandelt die Vorbereitung der Ringversuchsanlage für gasförmige Luftschadstoffe bei der Eignungsprüfung.

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

**Ziele einer
Eignungsprüfung**

**gemessene
Luftschadstoffe**

**Aufbau
des Berichtes**

2 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG

Die Eignungsprüfung 2020 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai 102–112 im 20. Wiener Gemeindebezirk statt.

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



TeilnehmerInnen

An der Eignungsprüfung nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Burgenland sowie der LfU Bozen (Landesagentur für Umwelt Bozen) teil. Außerdem waren VertreterInnen der iC consulenten Ziviltechniker GesmbH, die international teilnehmende Organisation ORION SRL sowie das Messnetz der Umweltbundesamt GmbH 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
Umweltbundesamt Messnetz	2	B
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	3	C
-*	4	D
Orion SRL	5	E
-*	6	F
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	7	G
Amt der Burgenländischen Landesregierung	8	H
-*	9	I
iC consulenten Ziviltechniker GesmbH	10	J
-*	11	K
LfU Bozen	12	L
-*	13	M
Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)	14	N

Anmerkung: -* frei gehaltene Arbeitsplätze, um den 1,5 m Mindestabstand zwischen den Organisationen zu gewährleisten

Ablauf und Aufbau der Eignungsprüfung

Den teilnehmenden Organisationen wurde mit den Namen/Organisationen fixen 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 TeilnehmerInnen Gelegenheit, die Messgeräte mit ihren Standards zu kalibrieren. Alle verwendeten ihre eigene unabhängige Datenerfassung, wie sie auch im normalen Messbetrieb eingesetzt wird.

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

Tabelle 2: Teilnehmende Organisationen und verwendete Gerätetypen.

Organisationen	Gerätetyp NO _x	Gerätetyp SO ₂	Gerätetyp CO
Umweltbundesamt (Referenz Platz 1)	APNA-370	TEI 43cTL	APMA 360CE
Umweltbundesamt Messnetz	TEI 42iTL	TEI 43iTL	APMA-370
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA-360
Orion SRL	-	TE 43iQ	TE 48iQ
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA-370	APSA-370	APMA-370
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370	APMA 370
iC consulente Ziviltchniker GesmbH	API T200	-	-
LfU Bozen	APNA-370	TEI 43i TLE	APMA-360
Umweltbundesamt (Homogenität, Platz 14)	APNA-370	TEI 43i TLE	APMA-370



Abbildung 2:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
(© Umweltbundesamt)

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

Abbildung 3:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 4:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen.
(© Umweltbundesamt)

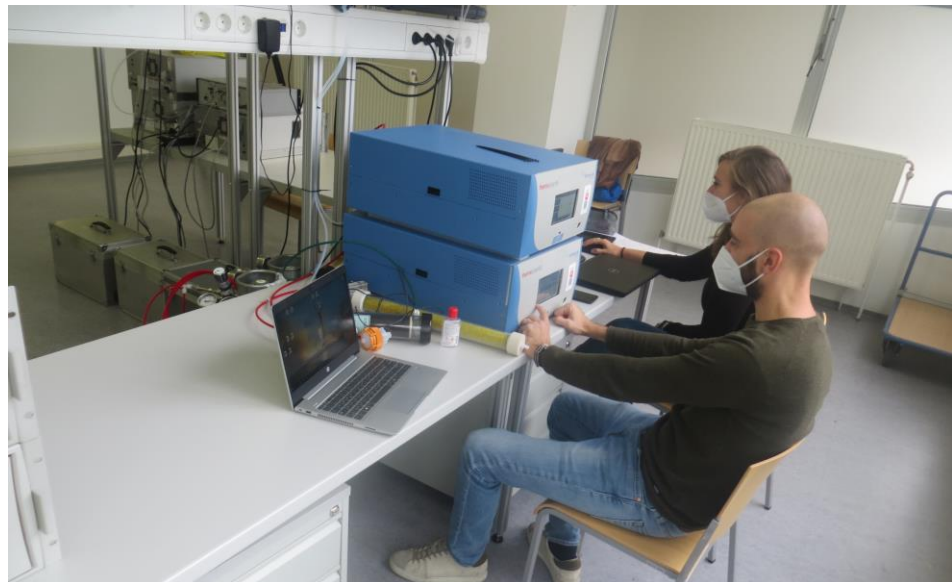


Abbildung 5:
Konzentriertes Arbeiten
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)





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



Abbildung 7:
VertreterInnen
der teilnehmenden
nationalen und
internationalen
Organisationen
(© Umweltbundesamt)



Abbildung 8:
aufgebaute
Messinstrumente an den
Arbeitsplätzen
(© 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 (6.–8.10.2020).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)		Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	CO
				in nmol/mol, CO in µmol/mol					
05.10.2020 09:00			Aufbau Einlaufen						
			Kalibrierung						
06.10.2020 11:00	NO/NO _x /NG1	01:30	Start NO/NO _x	0					
06.10.2020 12:30	NO/NO _x 1	02:00			470	10	480		
06.10.2020 14:30	NO/NO _x 2	02:00			420	60	480		
06.10.2020 16:30	NO/NO _x 3	02:00			360	120	480		
06.10.2020 18:30	NO/NO _x 4	02:00			470	10	480		
06.10.2020 20:30	NO/NO _x 5	02:00			370	40	410		
06.10.2020 22:30	NO/NO _x 6	02:00			230	180	410		
06.10.2020 00:30	NO/NO _x 7	02:00			200	10	210		
07.10.2020 02:30	NO/NO _x 8	02:00			110	100	210		
07.10.2020 04:30	NO/NO _x 9	02:00			30	30	60		
07.10.2020 06:30	NO/NO _x 10	02:00			160	150	310		
07.10.2020 08:30	NO/NO _x 11	02:00			40	20	60		
07.10.2020 10:30	NO/NO _x 12	02:00			290	20	310		
07.10.2020 12:30	NO/NO _x 13	02:00			400	10	410		
07.10.2020 14:30	NO/NO _x 14	02:00			30	15	45		
07.10.2020 16:30	NO/NO _x /NG2	01:00		0					
07.10.2020 17:30	SO ₂ /CO NG 1	01:30	Start SO ₂ /CO	0					
07.10.2020 19:00	SO ₂ /CO 1	02:00						20	4
07.10.2020 21:00	SO ₂ /CO 2	02:00						120	15
07.10.2020 23:00	SO ₂ /CO 3	02:00						80	10
07.10.2020 01:00	CO 4	02:00						-	10
08.10.2020 03:00	SO ₂ /CO 5	02:00						160	18
08.10.2020 05:00	SO ₂ /CO 6	02:00						10	2
08.10.2020 07:00	SO ₂ /CO 7	02:00						40	6
08.10.2020 09:00	SO ₂ /CO 8	02:00						100	12
08.10.2020 11:00	SO ₂ /CO 9	02:00						60	8
08.10.2020 13:00	SO ₂ /CO NG	01:30		0					
08.10.2020 14:30		02:00	Ende/ Kalibrierung						

Herstellung der Gasmischungen

Die Gasmischungen für die Eignungsprüfung wurden durch Verdünnung von konzentrierten Gasen von CO, SO₂, 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.

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema in Form eines Flusschemas vorgegeben (siehe Abbildung 9). Die Ergebnisse von z'-score und der E_n-Auswertung werden für die Bewertung herangezogen, wie im folgenden Flussdiagramm in den Schritten 1 und 2 dargestellt ist. Für alle Ergebnisse, die sowohl in der Auswertung des z'-scores als auch der E_n-Nummer sehr gut abgeschnitten haben, erfolgt noch ein dritter Schritt. In diesem wird die Messunsicherheit des Ergebnisses mit den Vorgaben für die Standardabweichung der Konformitätsbewertung verglichen. Ist die von den TeilnehmerInnen 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 4).

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

3 Schritte der Auswertung

Tabelle 4:
Faktoren zur
Berechnung der
zulässigen
Standardabweichung σ_p ,
Vorgabe ERLAP.

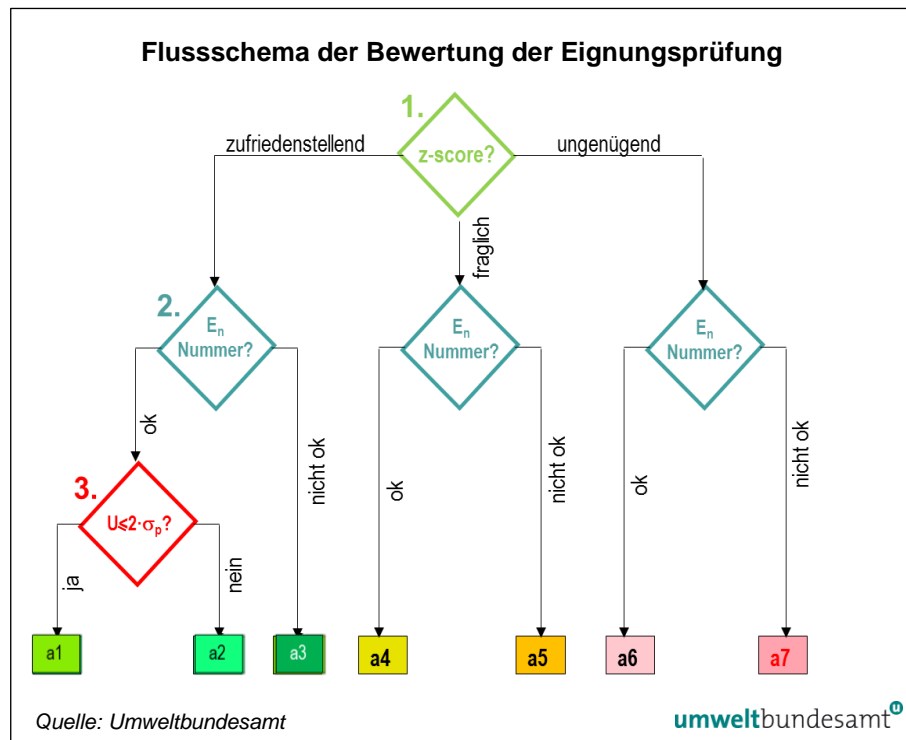
$2\sigma_p$ wird mit der erweiterten Messunsicherheit des Teilnehmers/der Teilnehmerin verglichen.

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.

zulässige Standard- abweichung

Abbildung 9:
Flussschema
der Bewertung
der Eignungsprüfung



Beurteilungsschema

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

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen der Eignungsprüfung 2020 sind für alle Komponenten und die für die Bewertung herangezogenen Stoffmengenanteile in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 5:
Evaluierung der
Ergebnisse der
CO-Messungen der
Eignungsprüfung 2020.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	E	G	H	L
CO (µmol/mol)	NG1	0,01	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 1	4,12	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 2	15,01	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 3	10,02	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 4	10,00	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 5	17,98	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 6	1,97	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 7	5,96	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 8	11,96	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	CO 9	7,93	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NG2	-0,03	a1	a1	a1	a1	a1	a1

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	G	H	J	L
NO (nmol/mol)	NG1	-0,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO1	479,5		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 2	428,6		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 3	370,7		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 4	480,3		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 5	378,5		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 6	242,6		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 7	205,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 8	114,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 9	28,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 10	169,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 11	40,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 12	297,5		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 13	411,3		a1	a1	a1	a1	a1
	NO 14	30,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NG2	-0,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2020.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	G	H	J	L
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 1	18,9		a1	a1	a1	a3	a1
	NO ₂ 2	69,7		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 3	127,0		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 4	18,4		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 5	48,5		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 6	184,8		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 7	13,7	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 8	104,4	a2	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 9	34,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 10	154,45	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 11	22,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 12	26,18		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 13	17,4		a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 14	16,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NG2	0,16	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2020.

Tabelle 8:
Evaluierung der
Ergebnisse der
SO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2020.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	E	G	H	L
SO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,0	a1	a1	a2	a1	a1	a1
	SO ₂ 1	16,7	a1	a1	a2	a1	a1	a1
	SO ₂ 2	111,7	a1	a1	a3	a1	a1	a1
	SO ₂ 3	73,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 5	151,0	a1	a1	a3	a1	a1	a1
	SO ₂ 6	8,6	a1	a1	a2	a1	a1	a1
	SO ₂ 7	35,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 8	92,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	SO ₂ 9	54,4	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NG2	0,1	a1	a1	a2	a1	a1	a1

Ergebnisse Bei der Eignungsprüfung 2020 haben die TeilnehmerInnen C, G, H, und L ausnahmslos für alle Komponenten und Stoffmengenanteile die Bewertung a1 erhalten.

Da TeilnehmerIn B 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 TeilnehmerIn nur Ergebnisse in diesem Arbeitsbereich abgegeben. Für diesen Arbeitsbereich hatte TeilnehmerIn B durchgehend bei allen Stoffmengenanteilen für NO a1 Bewertungen. Für die Komponente NO₂ hat TeilnehmerIn B eine a2-Bewertung erhalten. Für die Komponenten CO und SO₂ und für alle Stoffmengenanteile wurde ausnahmslos die beste Bewertung erhalten.

TeilnehmerIn J hat nur für die Komponenten NO und NO₂ teilgenommen und ausschließlich a1-Bewertungen bei NO und eine a3-Bewertung bei NO₂ bei niedrigen Stoffmengenanteil.

TeilnehmerIn E hat für CO ausnahmslos a1-Bewertungen erhalten. Für SO₂ weist TeilnehmerIn E vier a2-Bewertungen bei niedrigen Stoffmengenanteilen (im niedrigen Stoffmengenanteil wird die Messunsicherheit (> σ_{PT}) überschätzt) und zwei a3-Bewertungen bei hohen Stoffmengenanteilen auf. Die Komponente SO₂ wurde bei allen zwei Nullgasdurchgängen mit a2 bewertet. *Participant E received a1 ratings for CO without exception. Concerning SO₂ participant E received four a2 evaluations for low mass fractions (the measurement uncertainty (> σ_{PT}) was overestimated in low concentrations) and two a3 ratings for high mass fractions. The SO₂ component was evaluated by all two zero gas runs with a2.*

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

Komponente CO und NO

Für die Komponente CO und NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten; die Ergebnisse waren ausnahmslos vollkommen zufriedenstellend (siehe Tabelle 6 und Tabelle 6).

Komponente NO₂

Für die Komponente NO₂ haben alle Messgeräte vollkommen bis sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle 5).

Komponente SO₂

Für die Komponenten SO₂ haben 2020 bis auf ein Messgerät alle vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt (siehe Tabelle 7).

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse für die Mischungen von NO und NO₂ in Zusammenhang zu stellen und grafisch abzubilden, bietet das Youden Plot. Dafür werden die z'-scores für NO und NO₂ von jedem/er TeilnehmerIn für jeden Durchgang kombiniert. Aus nachstehender Abbildung 10 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.

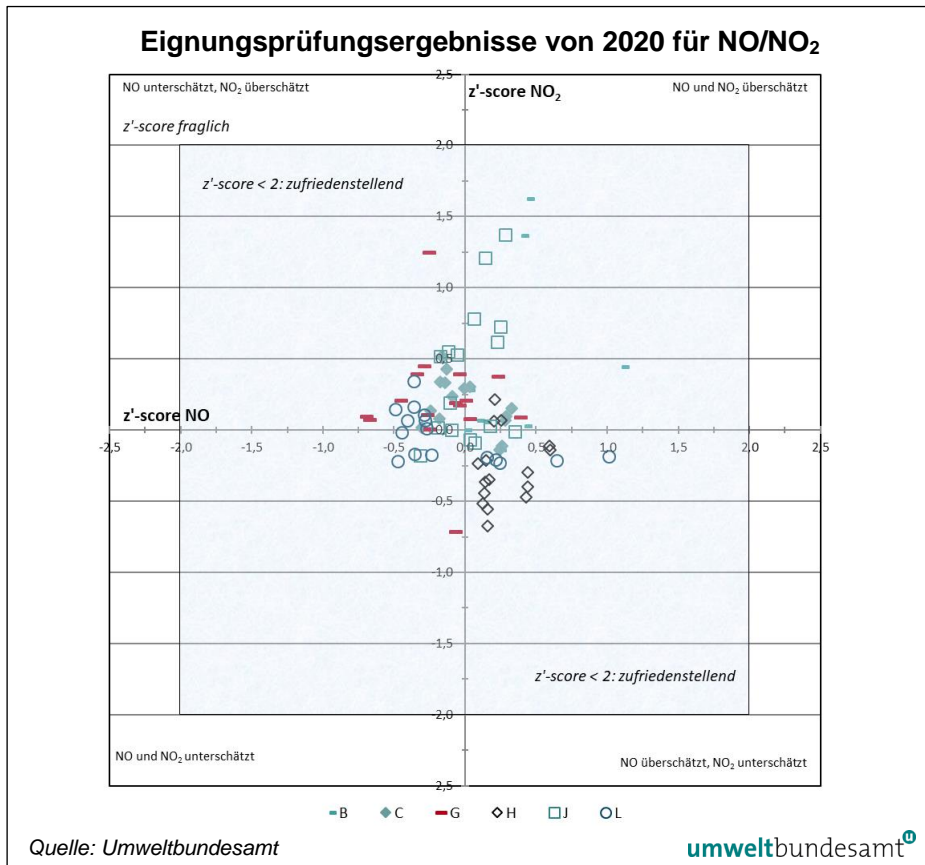


Abbildung 10:
Eignungsprüfungsergebnisse von 2020 für NO/NO₂ – dargestellt in Form des Youden Plot.

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2020 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.

**hervorragendes
Gesamtergebnis**

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 einer gemessenen Konzentration und dem Referenzwert (Bias) einen allgemeinen Schwellenwert nicht überschreitet. Der Schwellenwert orientiert sich an den Qualitätsanforderungen für die Messmethoden, wie sie in den europäischen Normen 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 9:
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

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

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

**Berechnung
des z'-score**

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

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

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

z'-score-Ergebnisse

Für SO₂, CO, NO und NO₂ lag das z'-score bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis $+2$ und wurde damit für alle TeilnehmerInnen und Stoffmengenanteile als „zufriedenstellend“ bewertet (siehe Abbildung 11 bis Abbildung 16).

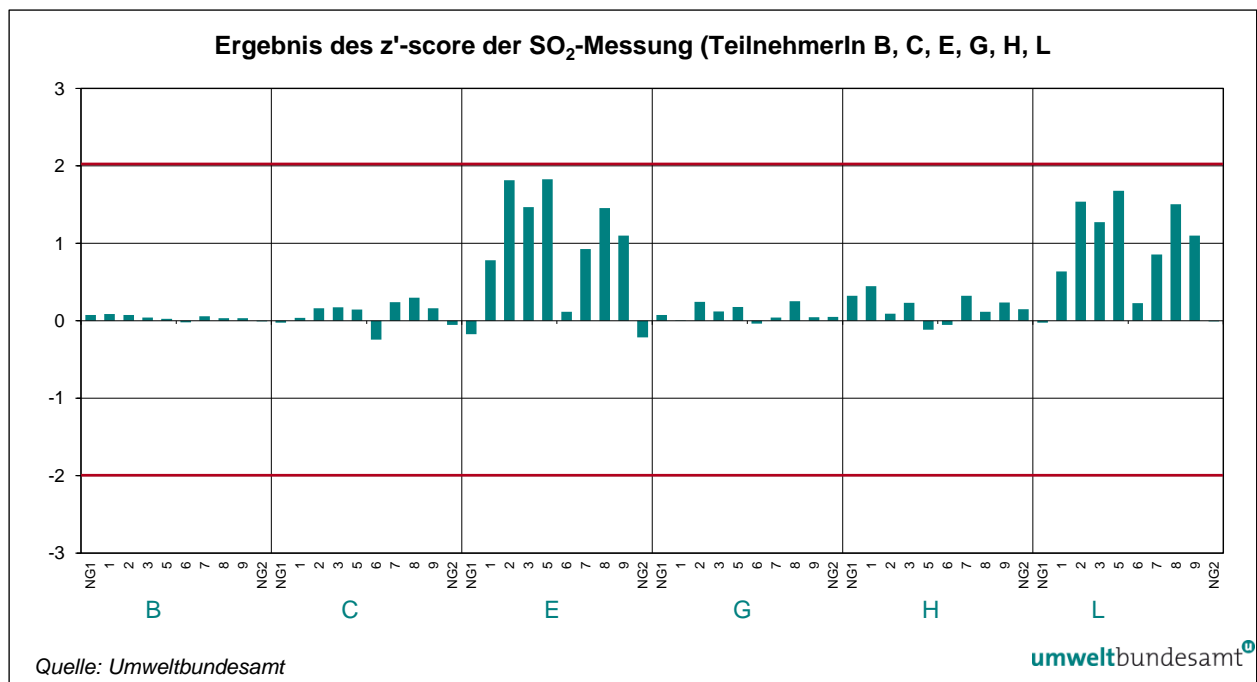


Abbildung 11: Ergebnisse des z'-score der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L).

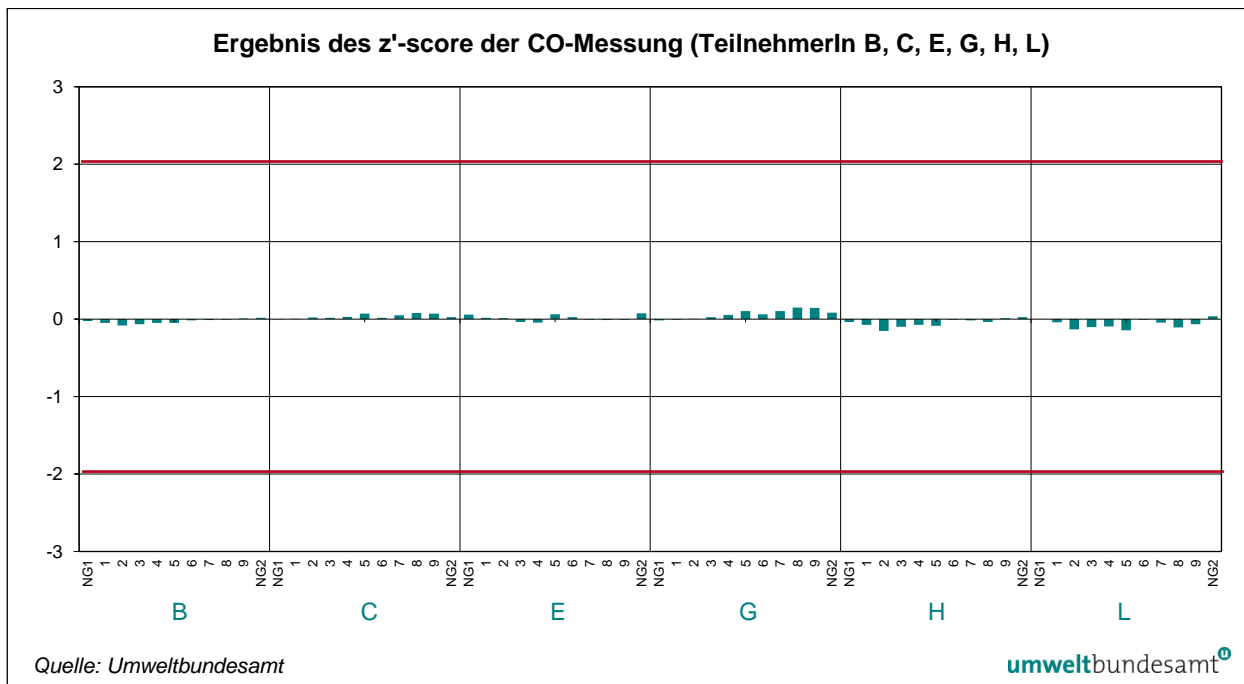


Abbildung 12: Ergebnisse des z'-score der CO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L).

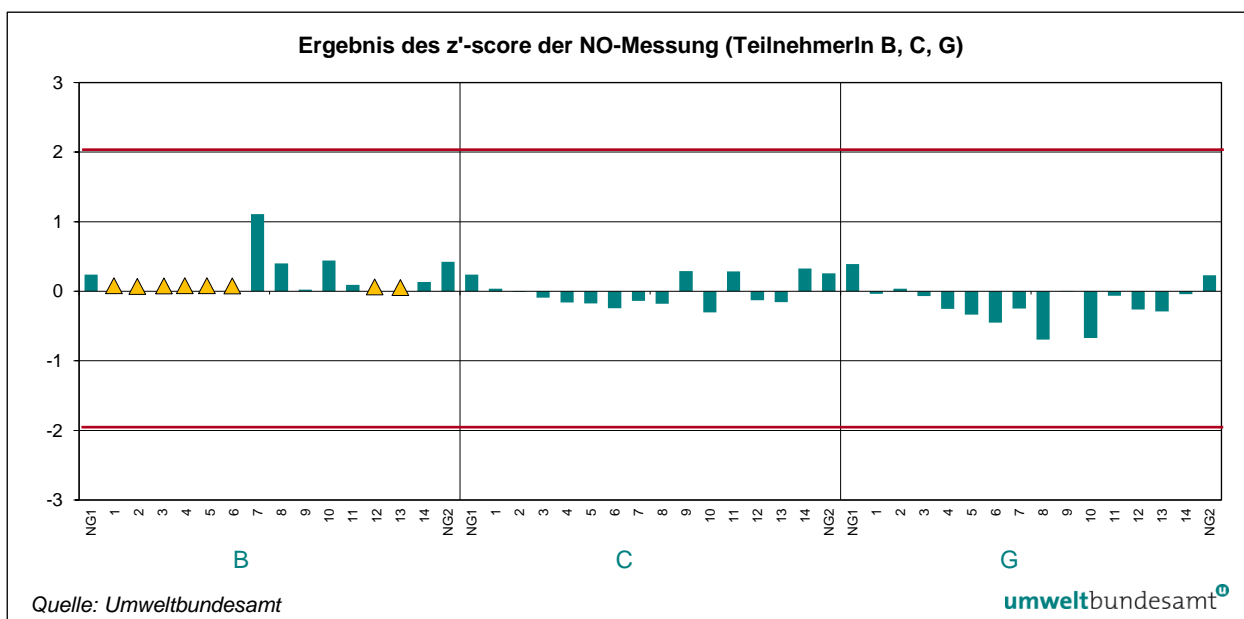


Abbildung 13: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G).

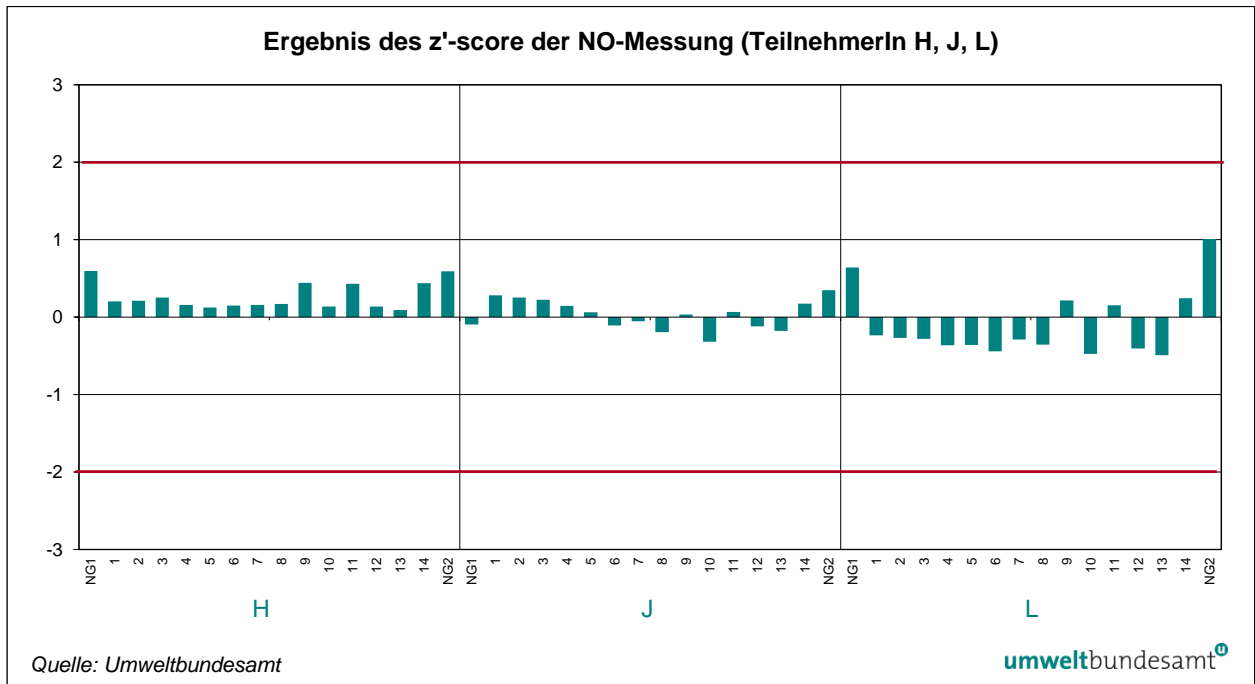


Abbildung 14: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L).

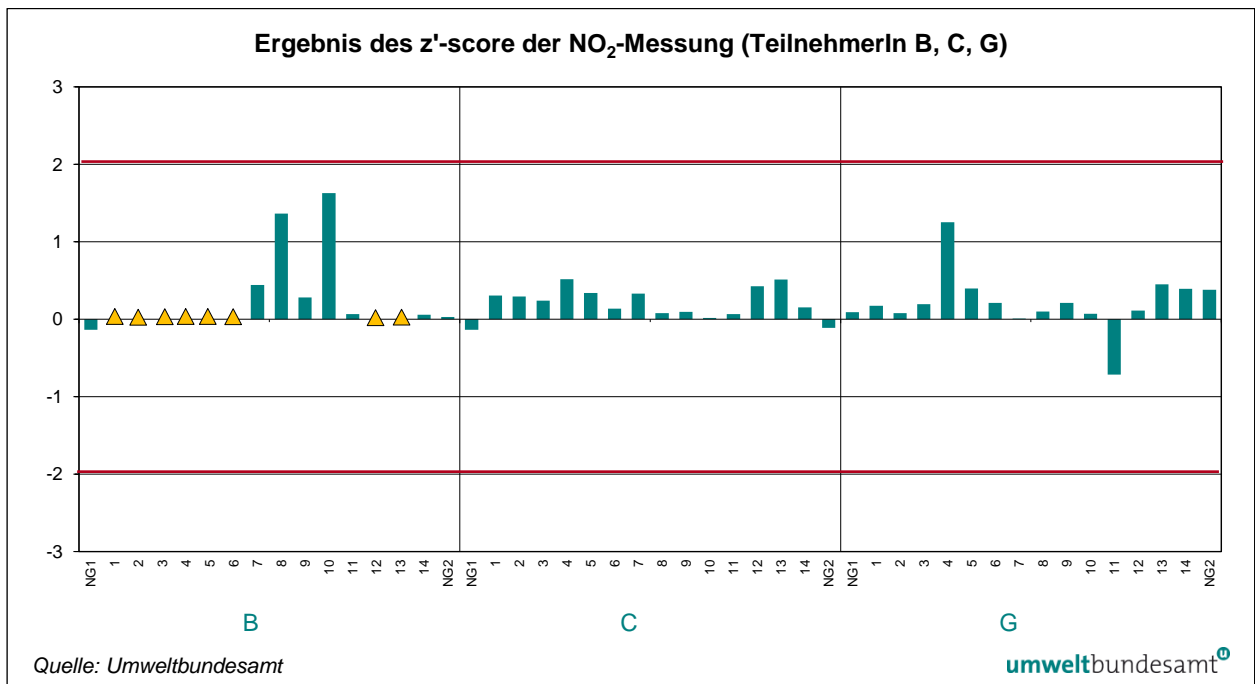


Abbildung 15: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G).

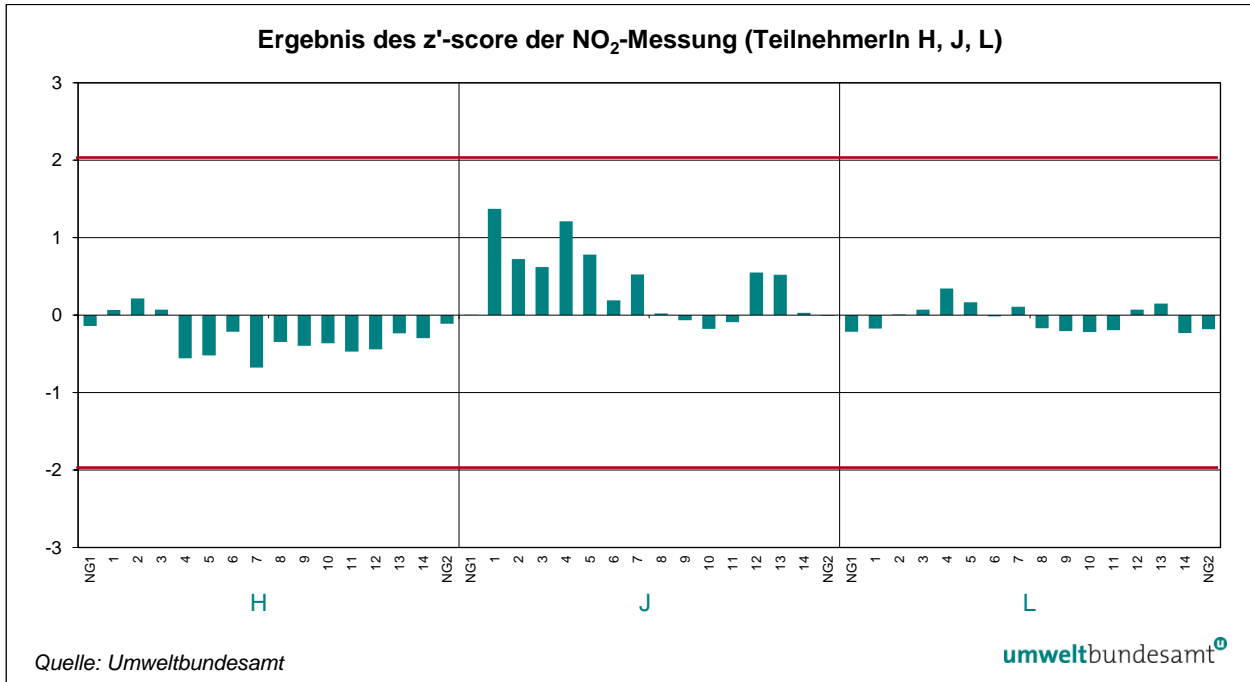


Abbildung 16: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L).

5.2 E_n-Nummer Auswertung

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

Ermittlung des Schwellenwertes

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

Berechnung der E_n-Nummer

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

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

erweiterte Messunsicherheiten

$$|E_n| \leq 1$$

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

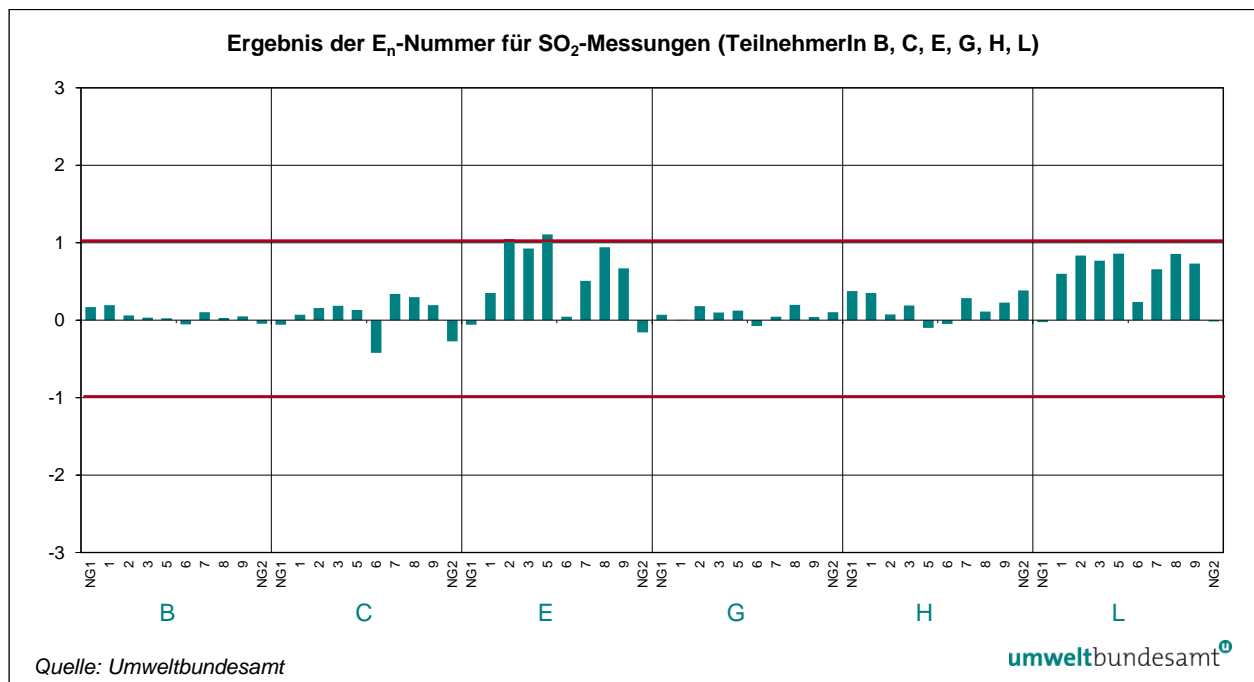


Abbildung 17: Ergebnisse der E_n-Nummer für SO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L).

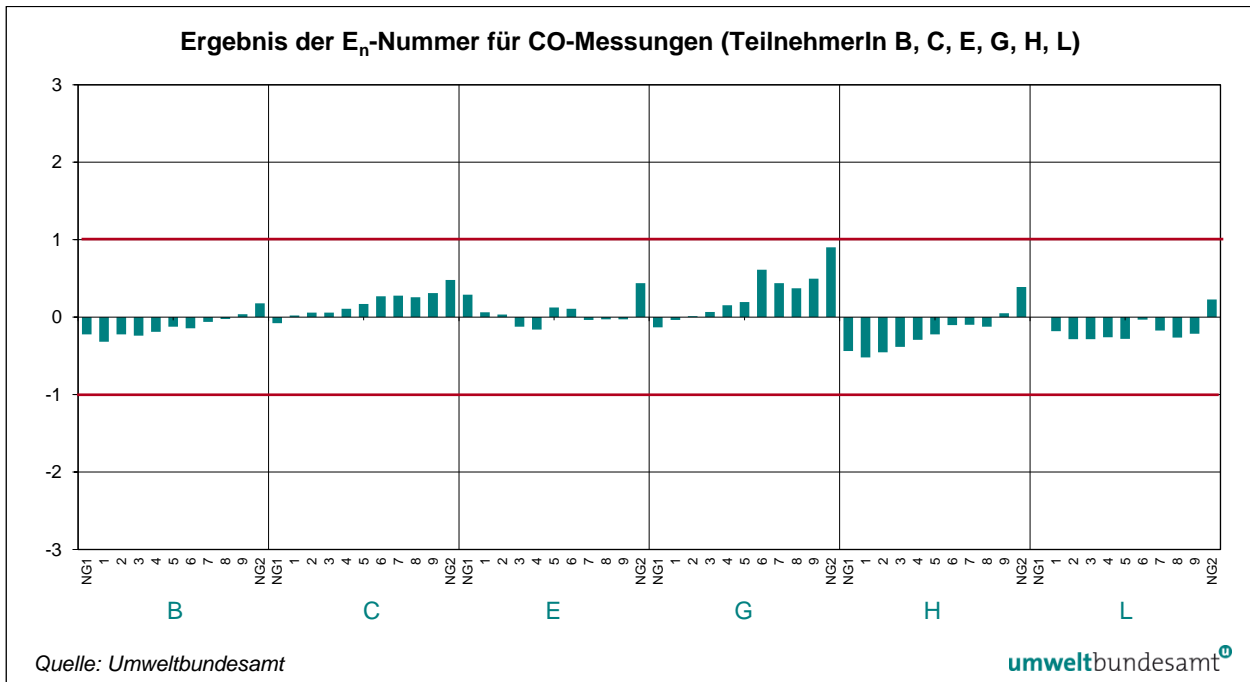


Abbildung 18: Ergebnisse der E_n-Nummer für CO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L).

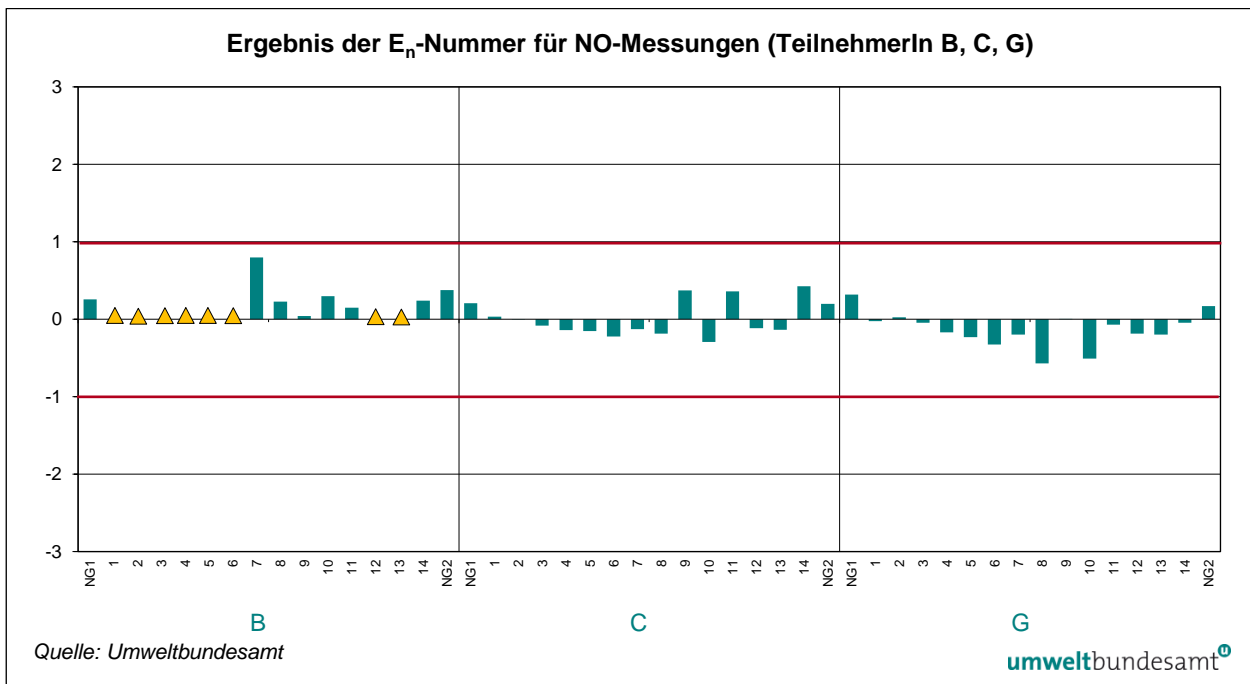


Abbildung 19: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G).

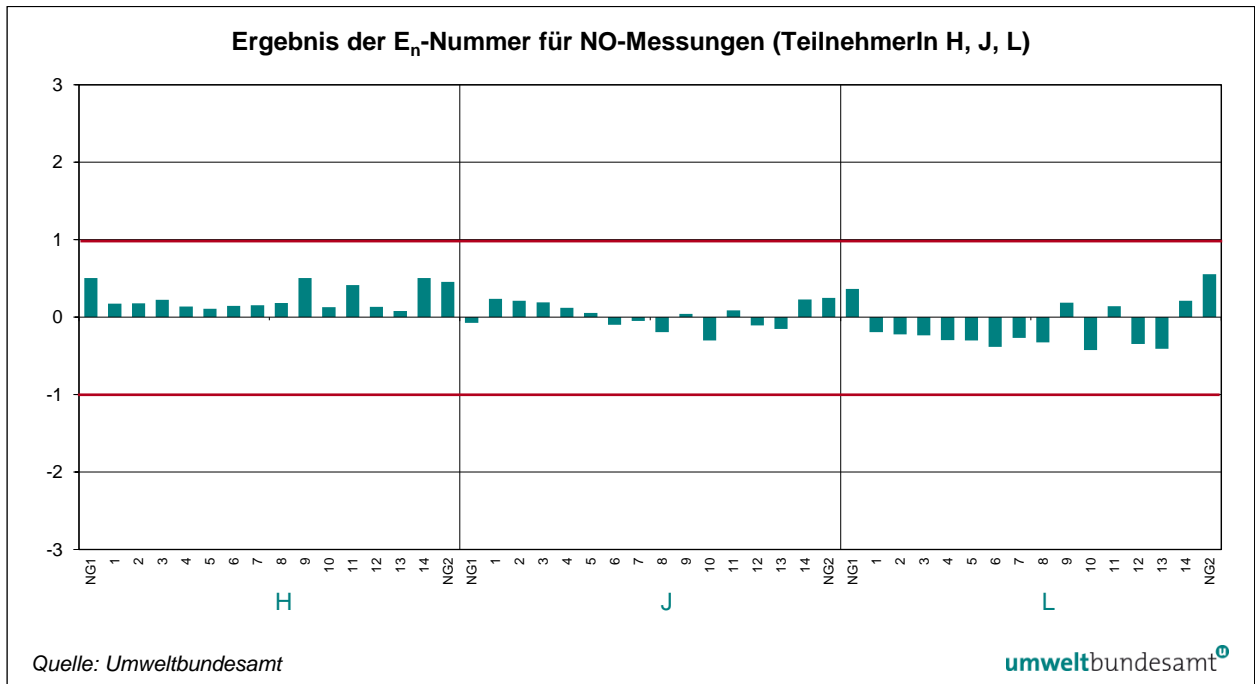


Abbildung 20: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L).

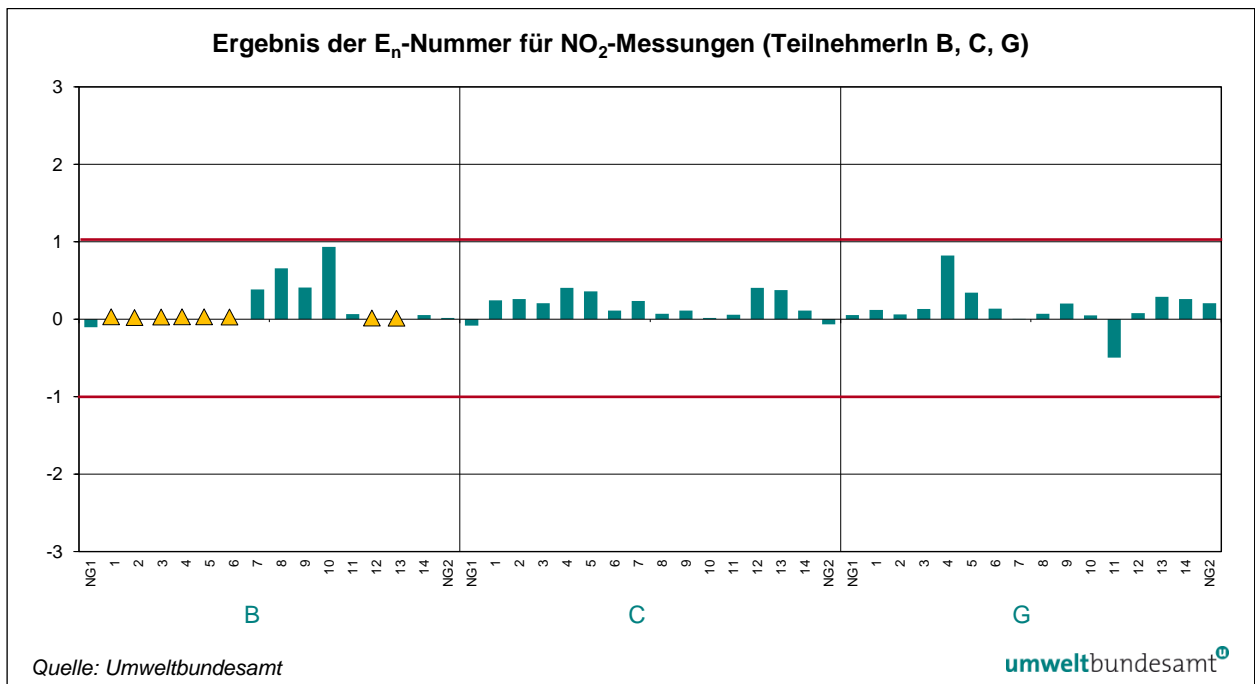


Abbildung 21: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G).

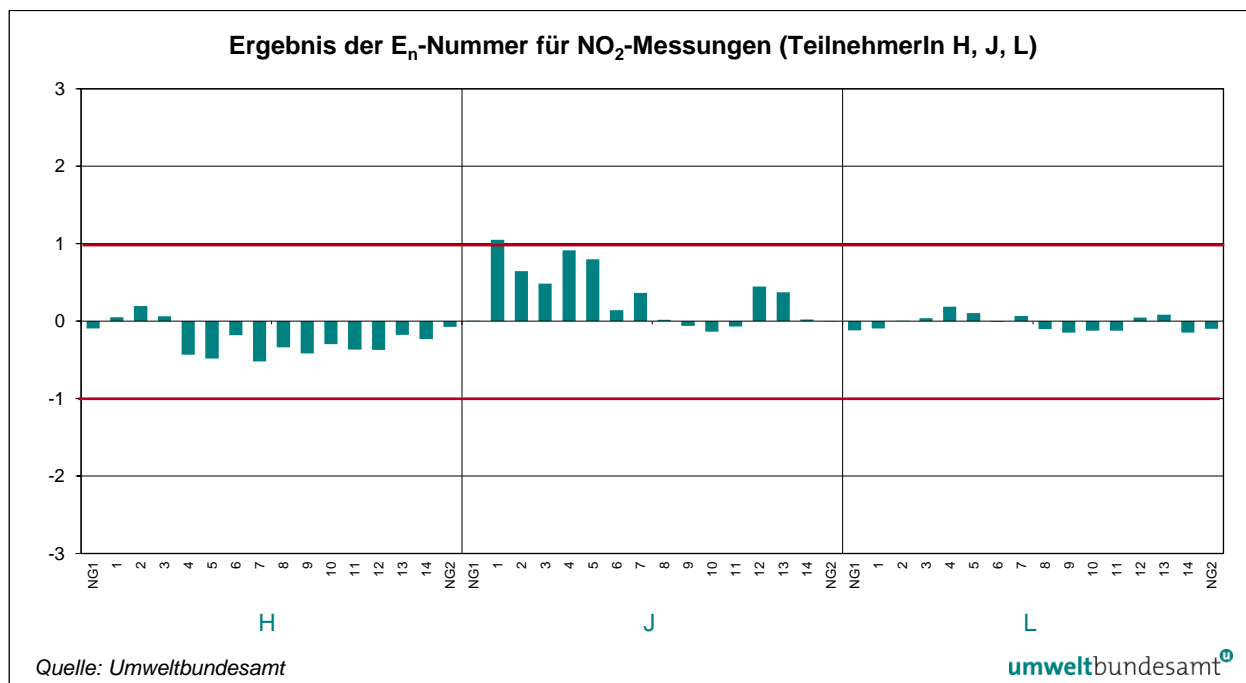


Abbildung 22: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L).

Bei SO₂ liegt ein Messgeräte zweimal bei hoher Stoffmengenkonzentration außerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 17; 1,05 und 1,11). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für SO₂ eingehalten.

Bei der Komponente NO₂ liegt ein Messgerät bei niedriger Stoffmengenkonzentration außerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 22; 1,05). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für NO₂ eingehalten.

Bei CO und NO liegen alle Messgeräte bei allen Durchgängen innerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 18 bis Abbildung 20).

5.3 Bias und Messunsicherheit

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

Da die Messunsicherheit des Referenzwertes für alle TeilnehmerInnen gleich ist, reflektiert die unterschiedliche Größe der Fehlerindikatoren die geschätzte Messunsicherheit der Ergebnisse.

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

Die Ergebnisse von SO₂ und auch die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind im Allgemeinen plausibel und unterscheiden sich auch nur wenig. Bei einem Messgeräte ist für SO₂ eine Unterschätzung der Referenzwerte bei generell hohen Stoffmengenanteilen ersichtlich bei einem anderem Messgerät ist eine Überschätzung des Referenzwertes erkennbar (siehe Abbildung 23).

Die Ergebnisse von CO und NO sowie die dazugehörigen Messunsicherheiten sind plausibel und unterscheiden sich nur geringfügig (siehe Abbildung 24 bis Abbildung 26).

Obwohl die korrekte Messung von NO₂ (siehe Abbildung 27 und Abbildung 28) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der Großteil der Ergebnisse von sehr guter Qualität. Von einem Messgerät wird NO₂ bei sehr geringem Stoffmengenanteil minimal unterschätzt (Abbildung 28); zwei andere Messgeräte überschätzen NO₂ bei hohen Stoffmengenanteilen und es kommt zu unrealistisch großen Messunsicherheiten, in denen das Ergebnis liegt (siehe Abbildung 27 und Abbildung 28).

**Fehlerindikatoren
zur Darstellung der
Messunsicherheit**

**Ergebnisse der
Auswertungen**

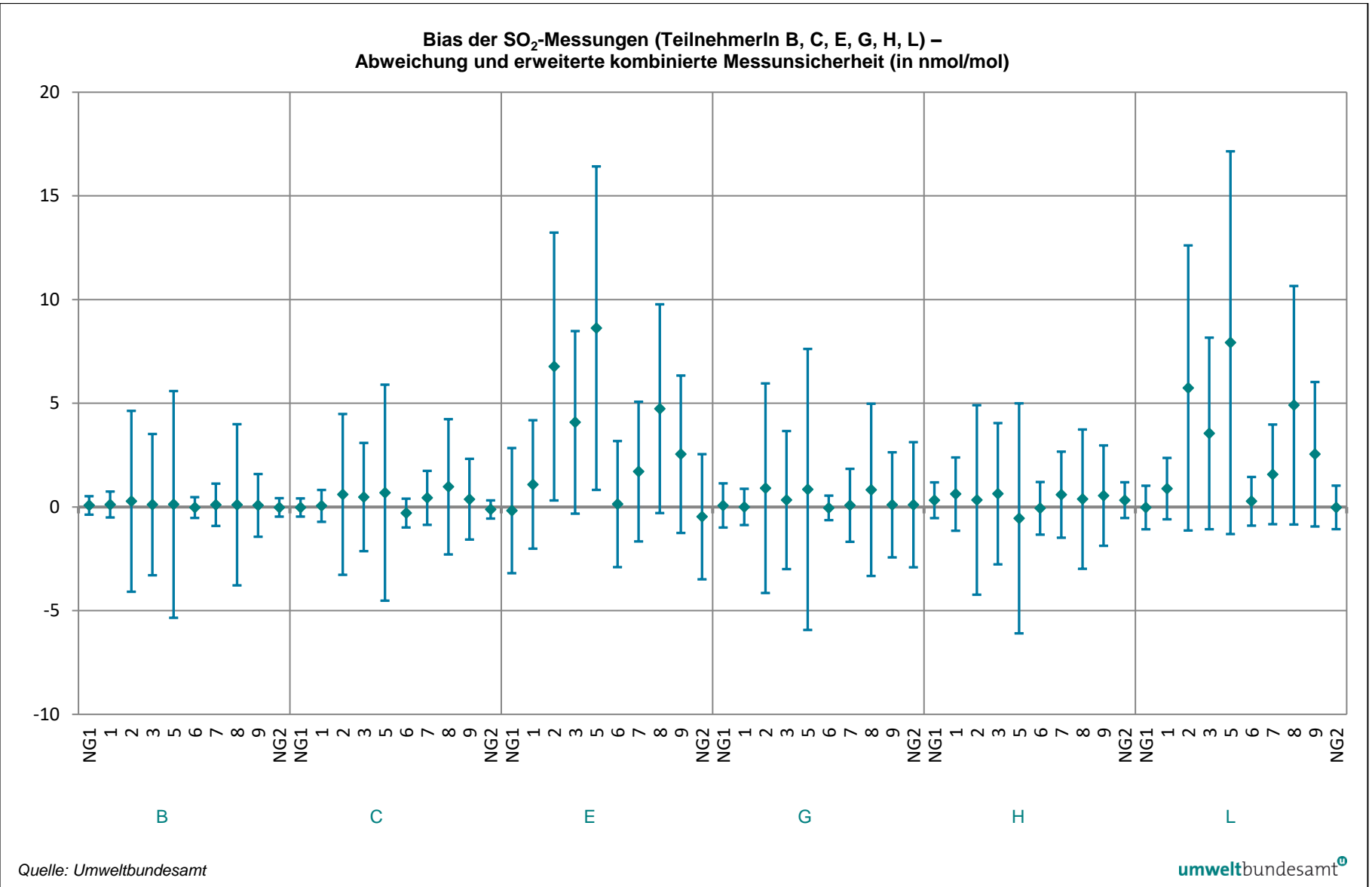


Abbildung 23: Bias der SO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

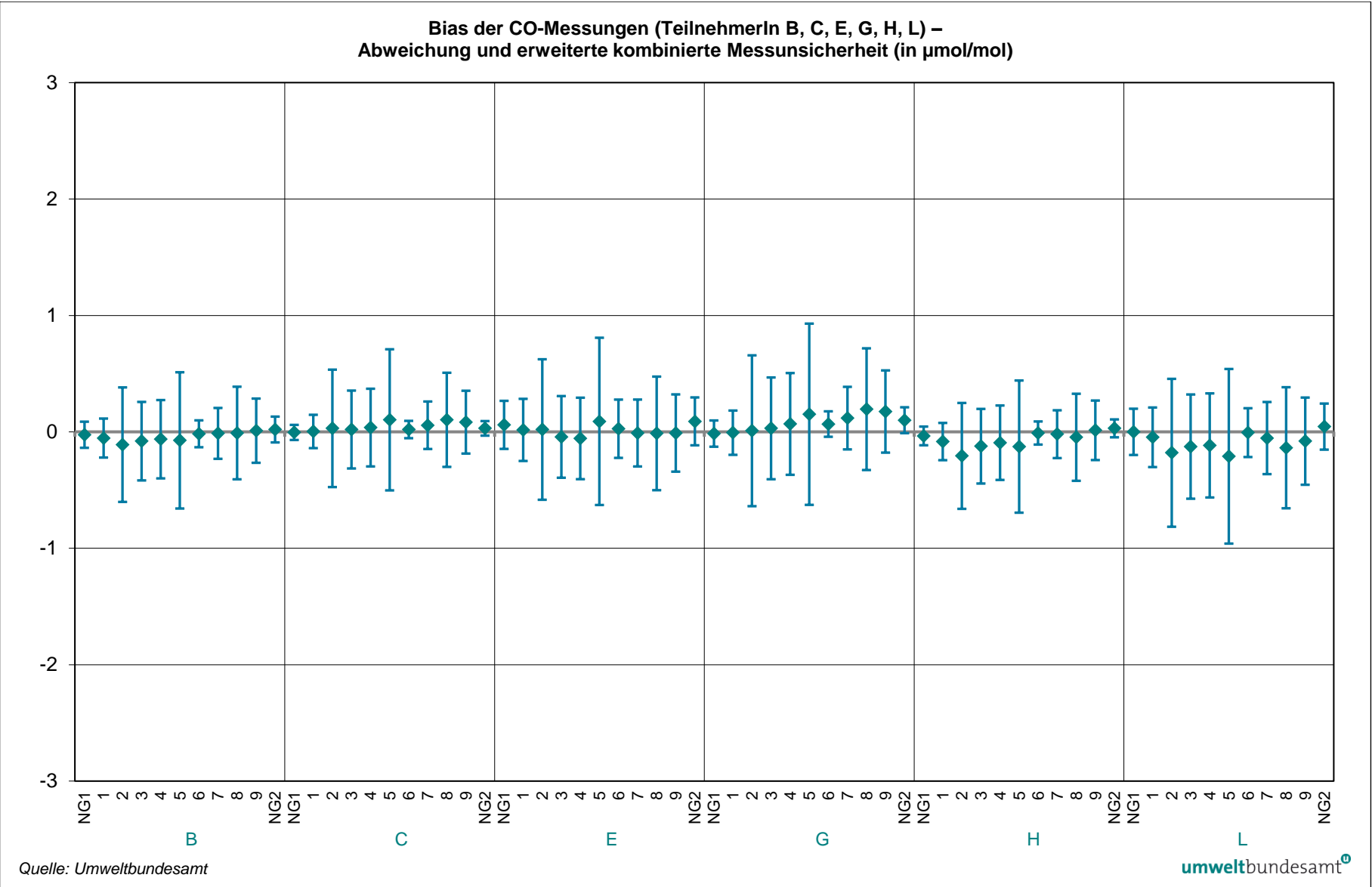


Abbildung 24: Bias der CO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E, G, H, L) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

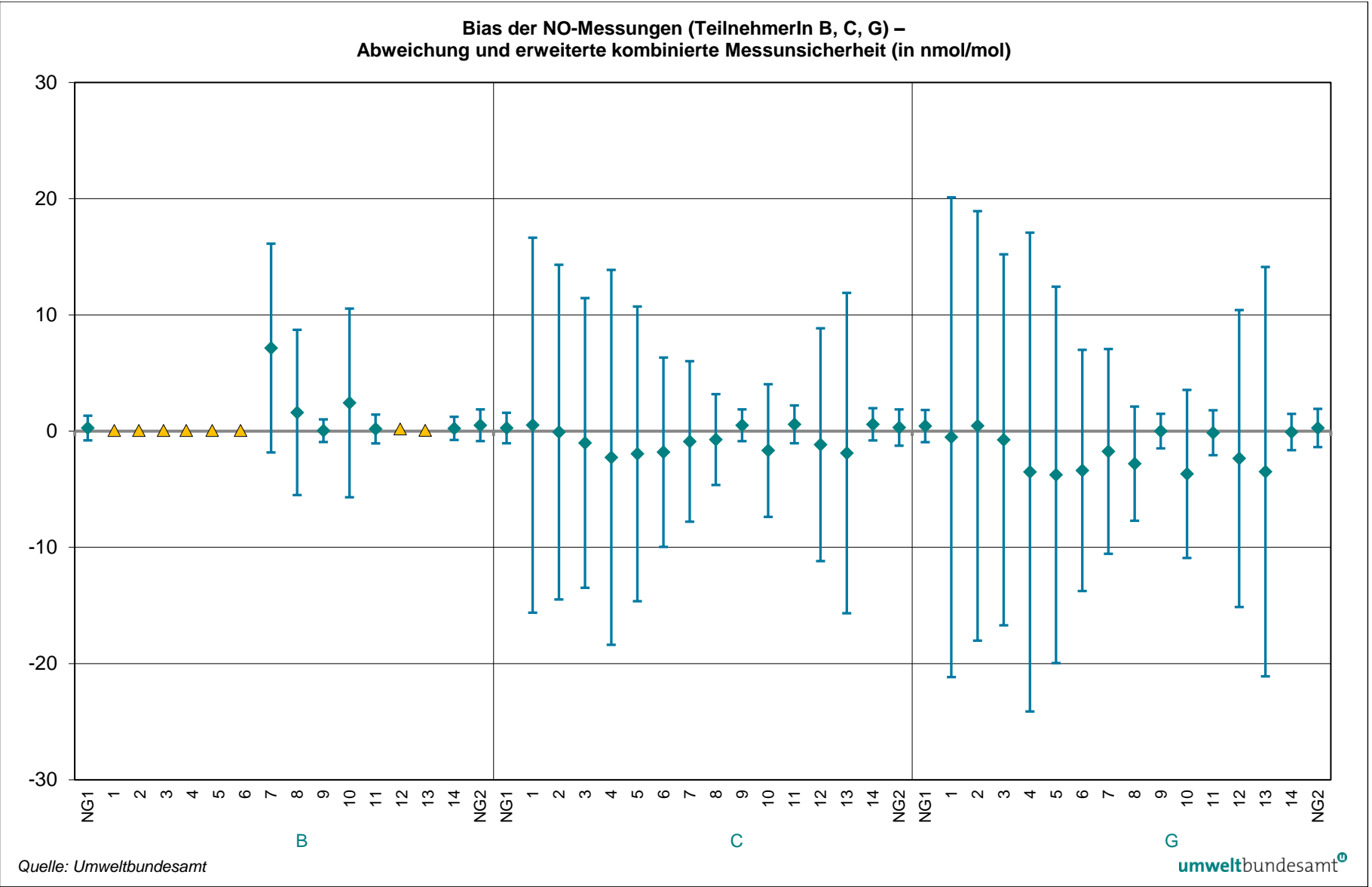


Abbildung 25: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

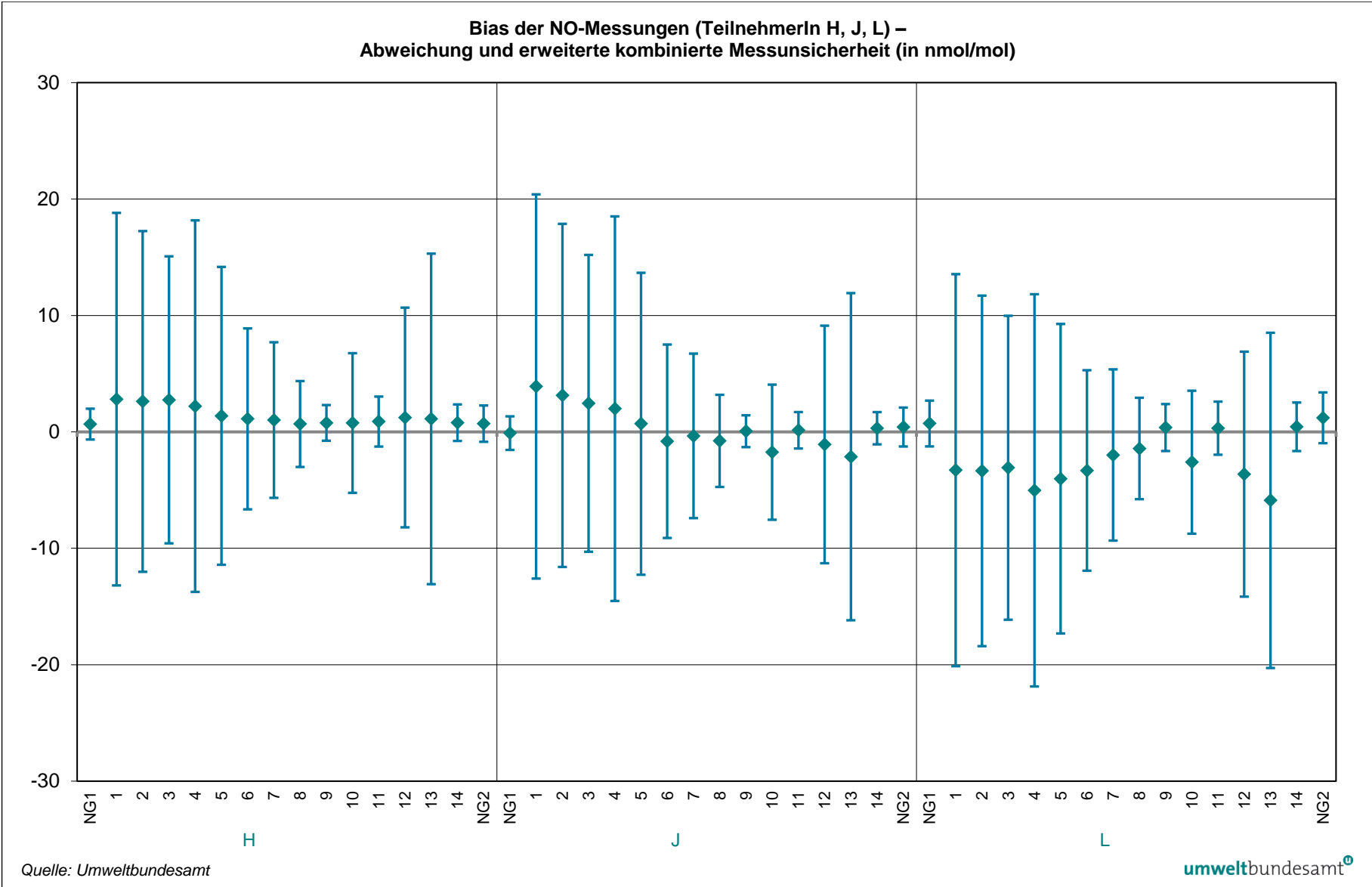


Abbildung 26: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

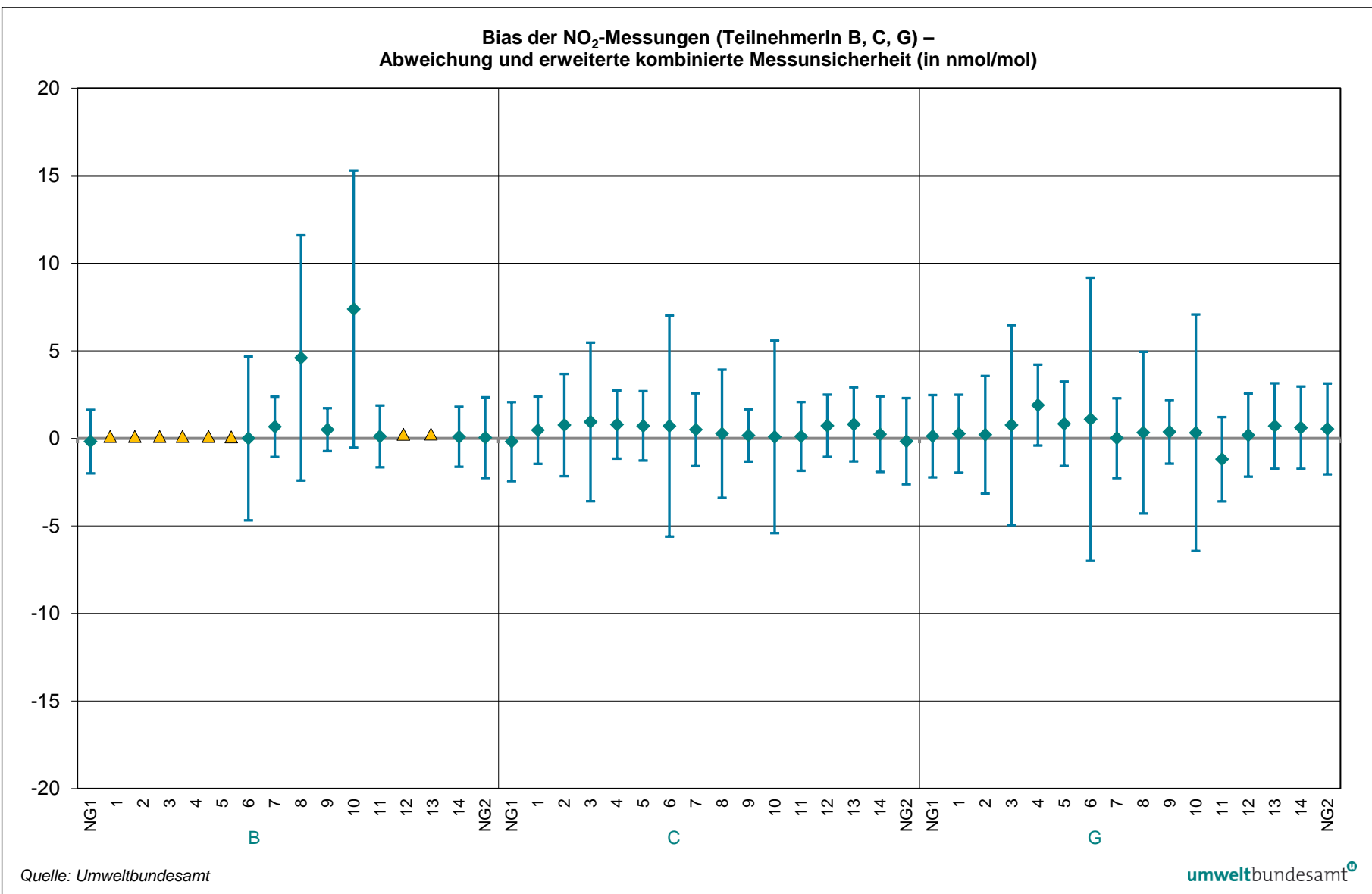


Abbildung 27: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, G) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

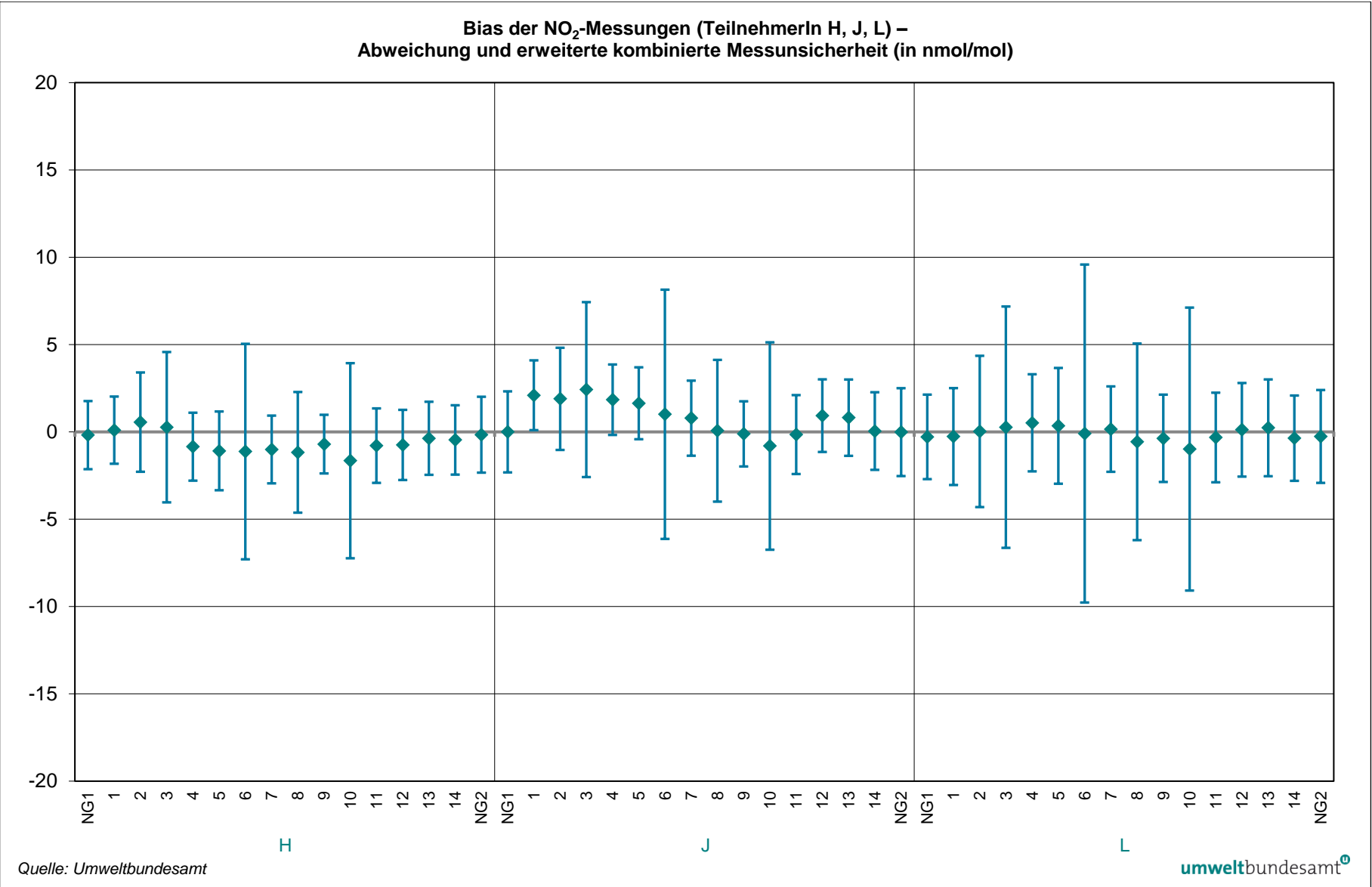


Abbildung 28: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn H, J, L) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

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: 2014: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

EN 14625: 2013: 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.

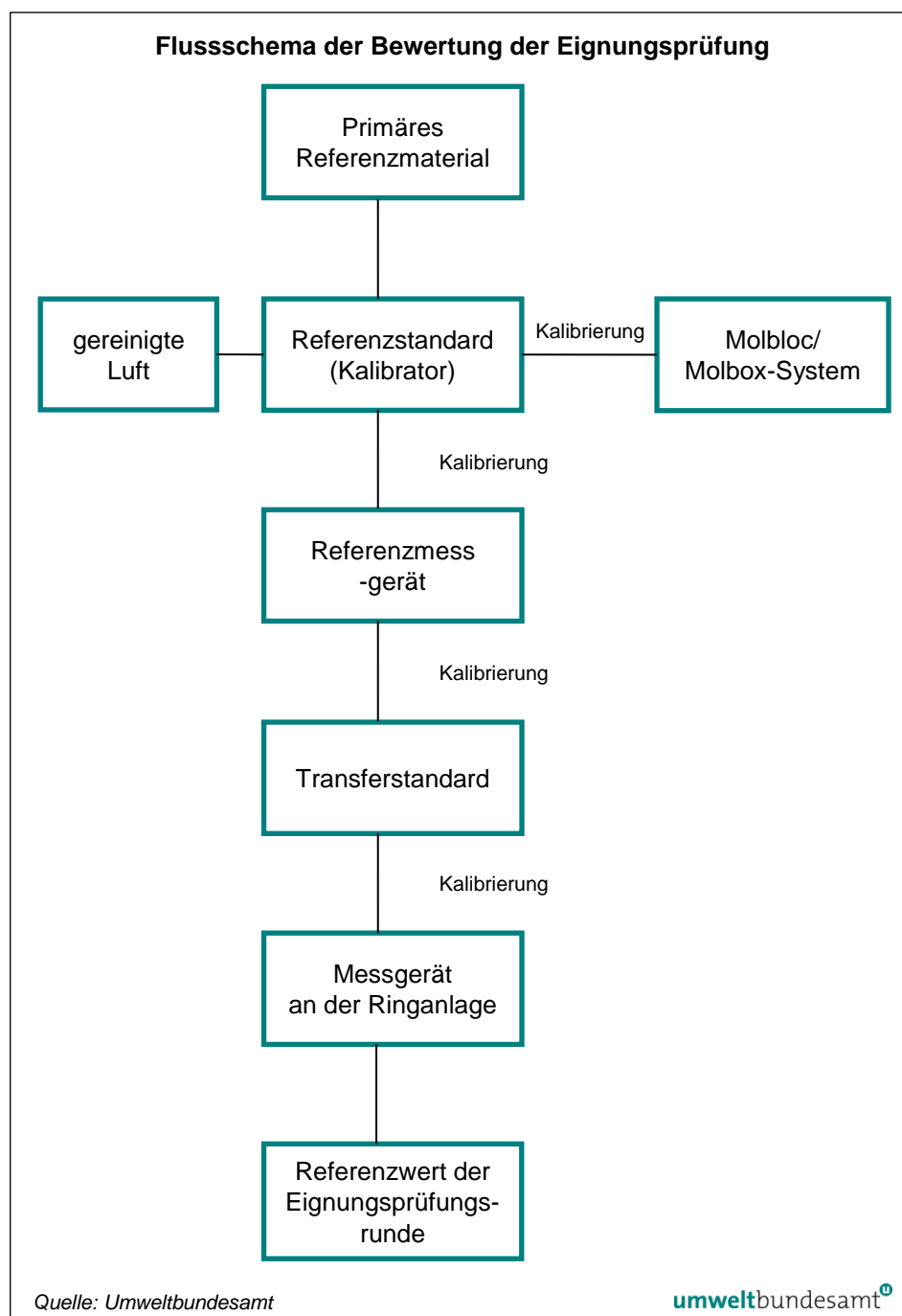
ANHÄNGE

ANHÄNGE.....	35
ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	36
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	39
ANHANG C: BERICHTETE WERTE.....	41
ANHANG D: FRAGEBÖGEN	68
ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE.....	96

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 29:
Rückführung bis zu
den Messgeräten
an der Anlage.



A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit

Folgende Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte wurden bei der Eignungsprüfung 2020 eingesetzt:

Platz 1			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
SO ₂	TEI	43cTL	66192-333
CO	HORIBA	APMA-360 CE	8907040114
NO	HORIBA	APNA-370	TLK 34DAG
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49C	64071-341

Tabelle 10:
Messgeräte zur
Ermittlung der
Referenzwerte.

Platz 14			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
SO ₂	TEI	43iTLE	1182920003
CO	HORIBA	APMA-370	FOR0BX0T
NO	HORIBA	APNA-370	300DPVAE
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49i	1317957903

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

Tabelle 11: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2020.

Komponente	Hersteller/ Flaschennummer	Matrix	Wert	erweiterte Messunsicherheit	Kalibrierschein- nummer
NO	Messer Schweiz/24796	NO in N ₂	753,1 nmol/mol	11,30 nmol/mol	090/2020
SO ₂	Messer Austria 8289C	SO ₂ in S.L.	156,6 nmol/mol	2,35 nmol/mol	092/2020
CO	Messer Austria 9527G	CO in S.L.	8,61 µmol/mol	0,135 µmol/mol	093/2020

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 F~~ **Anhang E**).

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2020 eingehalten. Die Kriterien der Homogenität für Ozon wurden über den gesamten Zeitraum der Eignungsprüfung eingehalten.

ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

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

Die 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 12 bis Tabelle 15).

Prüfkriterium

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,0	0,16	0,0	0,09	ok
SO ₂ 1	nmol/mol	16,7	0,24	17,1	0,53	ok
SO ₂ 2	nmol/mol	111,7	1,42	114,1	3,38	ok
SO ₂ 3	nmol/mol	73,6	0,94	75,2	2,02	ok
SO ₂ 5	nmol/mol	151,0	1,91	153,9	4,72	ok
SO ₂ 6	nmol/mol	8,6	0,17	8,6	0,22	ok
SO ₂ 7	nmol/mol	35,5	0,46	36,2	0,81	ok
SO ₂ 8	nmol/mol	92,6	1,18	94,6	2,52	ok
SO ₂ 9	nmol/mol	54,4	0,71	55,4	1,34	ok
NG2	nmol/mol	0,1	0,16	0,1	0,18	ok

Tabelle 12:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für SO₂.

Bezeichnung	Einheit	X	u_x	x^*	s^*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0,3	0,52	0,2	0,31	ok
NO1	nmol/mol	479,5	6,01	480,2	3,21	ok
NO 2	nmol/mol	428,6	5,37	429,1	2,92	ok
NO 3	nmol/mol	370,7	4,65	370,8	2,81	ok
NO 4	nmol/mol	480,3	6,02	479,0	3,71	ok
NO 5	nmol/mol	378,5	4,74	376,9	2,82	ok
NO 6	nmol/mol	242,6	3,04	241,0	2,13	ok
NO 7	nmol/mol	205,1	2,57	205,0	2,24	ok
NO 8	nmol/mol	114,9	1,45	114,3	1,76	ok
NO 9	nmol/mol	28,5	0,47	28,8	0,35	ok
NO 10	nmol/mol	169,6	2,13	168,6	2,57	ok
NO 11	nmol/mol	40,3	0,60	40,7	0,41	ok
NO 12	nmol/mol	297,5	3,75	296,1	2,04	ok
NO 13	nmol/mol	411,3	5,15	408,8	2,89	ok

Tabelle 13:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO.

NO 14	nmol/mol	30,8	0,48	31,1	0,34	ok
NG2	nmol/mol	-0,3	0,67	0,2	0,24	ok

Tabelle 14:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,2	0,89	0,0	0,00	ok
NO ₂ 1	nmol/mol	18,9	0,66	19,4	1,00	ok
NO ₂ 2	nmol/mol	69,7	1,03	70,4	0,83	ok
NO ₂ 3	nmol/mol	127,0	1,66	128,0	1,00	ok
NO ₂ 4	nmol/mol	18,4	0,66	19,3	1,28	ok
NO ₂ 5	nmol/mol	48,5	0,71	49,0	1,13	ok
NO ₂ 6	nmol/mol	184,8	2,34	185,1	1,06	ok
NO ₂ 7	nmol/mol	13,7	0,77	14,0	0,61	ok
NO ₂ 8	nmol/mol	104,4	1,34	104,5	1,19	ok
NO ₂ 9	nmol/mol	34,0	0,55	33,9	0,52	ok
NO ₂ 10	nmol/mol	154,5	1,96	154,3	1,53	ok
NO ₂ 11	nmol/mol	22,1	0,84	21,7	0,59	ok
NO ₂ 12	nmol/mol	26,2	0,72	26,4	0,74	ok
NO ₂ 13	nmol/mol	17,4	0,80	17,8	0,58	ok
NO ₂ 14	nmol/mol	16,0	0,82	16,0	0,45	ok
NG2	nmol/mol	0,2	1,01	0,1	0,15	ok

Tabelle 15:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für CO.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	µmol/mol	0,01	0,025	-0,01	0,012	ok
CO 1	µmol/mol	4,12	0,054	4,09	0,044	ok
CO 2	µmol/mol	15,01	0,188	14,93	0,121	ok
CO 3	µmol/mol	10,02	0,126	9,97	0,078	ok
CO 4	µmol/mol	10,00	0,126	9,97	0,083	ok
CO 5	µmol/mol	17,98	0,225	17,97	0,165	ok
CO 6	µmol/mol	1,97	0,028	1,98	0,036	ok
CO 7	µmol/mol	5,96	0,076	5,98	0,071	ok
CO 8	µmol/mol	11,96	0,150	11,98	0,133	ok
CO 9	µmol/mol	7,93	0,101	7,97	0,099	ok
NG2	µmol/mol	-0,03	0,024	0,01	0,016	ok

ANHANG C: BERICHTETE WERTE

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

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

Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 5.–8.10.2020

Ergebnisse für SO₂

Tabelle 16: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 0 (Nullgas) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,09$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	0,0	0,1	0,0	-0,1	0,1	0,4	0,0
$x_{i,2}$	0,0	0,1	0,0	-0,2	0,1	0,3	0,0
\bar{X}_i	0,0	0,1	0,0	-0,2	0,1	0,4	0,0
S_i	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,16	0,15	0,15	1,50	0,51	0,40	0,50
$U(x_i)$	0,32	0,31	0,30	3,00	1,02	0,80	1,00

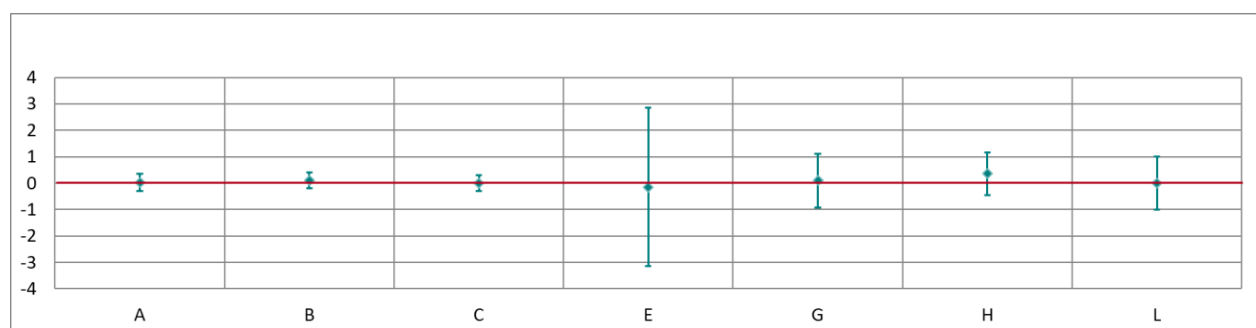


Abbildung 30: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang Null (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 17: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 1 $x^* = 17,1$ $s^* = 0,53$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	16,6	16,7	16,6	17,7	16,6	17,2	17,5	
$x_{i,2}$	16,7	16,8	16,7	17,8	16,7	17,4	17,6	
$x_{i,3}$	16,7	16,9	16,9	17,8	16,8	17,3	17,6	
X_i	16,7	16,8	16,7	17,8	16,7	17,3	17,6	
S_i	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,24	0,20	0,30	1,53	0,37	0,85	0,70	
$U(x_i)$	0,48	0,40	0,60	3,06	0,73	1,70	1,40	

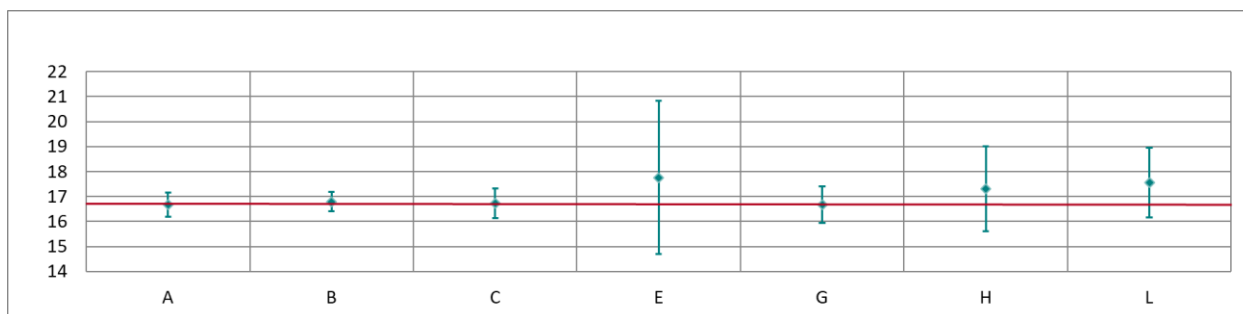


Abbildung 31: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 18: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 2 $x^* = 114,1$ $s^* = 3,38$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	111,5	111,7	112,1	118,4	112,5	111,9	117,3	
$x_{i,2}$	111,7	112,1	112,3	118,4	112,6	111,9	117,5	
$x_{i,3}$	111,8	112,0	112,4	118,5	112,6	112,2	117,4	
X_i	111,7	111,9	112,3	118,4	112,6	112,0	117,4	
S_i	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	1,42	1,66	1,32	2,90	2,09	1,79	3,13	
$U(x_i)$	2,84	3,31	2,64	5,80	4,18	3,58	6,26	

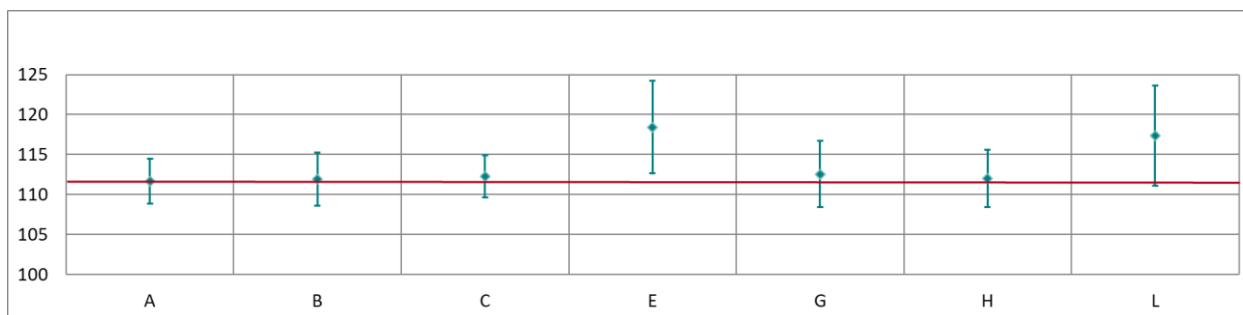


Abbildung 32: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 19: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 3 $x^* = 75,2$ $s^* = 2,02$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	73,6	73,8	74,1	77,8	73,9	74,3	77,1	
$x_{i,2}$	73,7	73,7	74,1	77,7	73,9	74,2	77,2	
$x_{i,3}$	73,6	73,7	74,1	77,6	74,0	74,2	77,2	
X_i	73,6	73,7	74,1	77,8	73,9	74,3	77,1	
S_i	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,94	1,42	0,91	1,99	1,37	1,42	2,11	
$U(x_i)$	1,88	2,84	1,81	3,98	2,75	2,84	4,22	

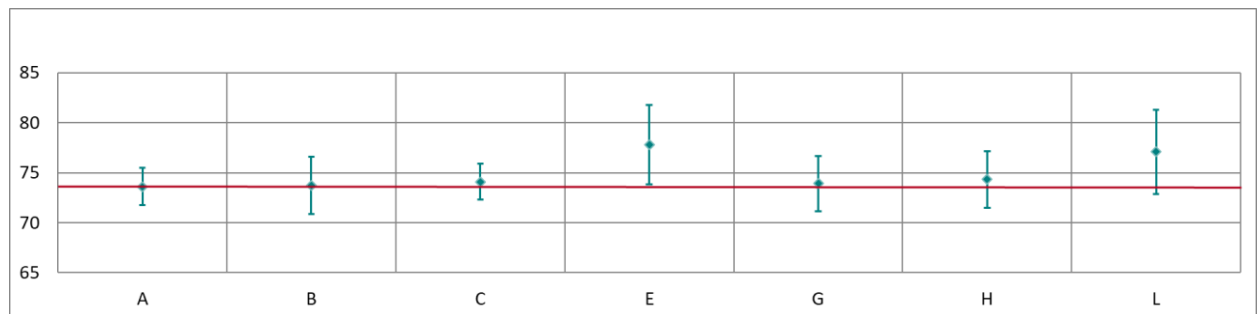


Abbildung 33: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 20: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 5 $x^* = 153,9$ $s^* = 4,72$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	150,8	151,0	151,4	159,6	151,5	150,2	158,6	
$x_{i,2}$	151,0	151,0	151,7	159,6	152,2	150,5	158,8	
$x_{i,3}$	151,1	151,3	151,9	159,6	151,8	150,6	159,3	
X_i	151,0	151,1	151,7	159,6	151,8	150,4	158,9	
S_i	0,2	0,2	0,3	0,0	0,3	0,2	0,4	
$u(x_i)$	1,91	1,96	1,77	3,40	2,80	2,01	4,20	
$U(x_i)$	3,82	3,91	3,54	6,80	5,60	4,02	8,40	

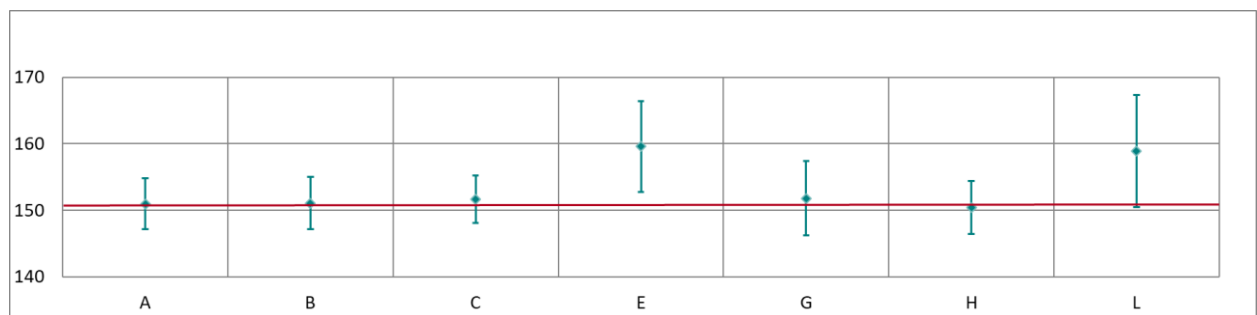


Abbildung 34: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 21: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 6 $x^* = 8,6$ $s^* = 0,22$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	8,6	8,6	8,3	8,7	8,6	8,6	8,9	
$x_{i,2}$	8,6	8,5	8,3	8,7	8,5	8,5	8,8	
$x_{i,3}$	8,5	8,5	8,2	8,7	8,5	8,4	8,8	
X_i	8,6	8,5	8,3	8,7	8,5	8,5	8,8	
S_i	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,17	0,18	0,30	1,51	0,24	0,61	0,56	
$U(x_i)$	0,35	0,36	0,60	3,02	0,48	1,22	1,12	

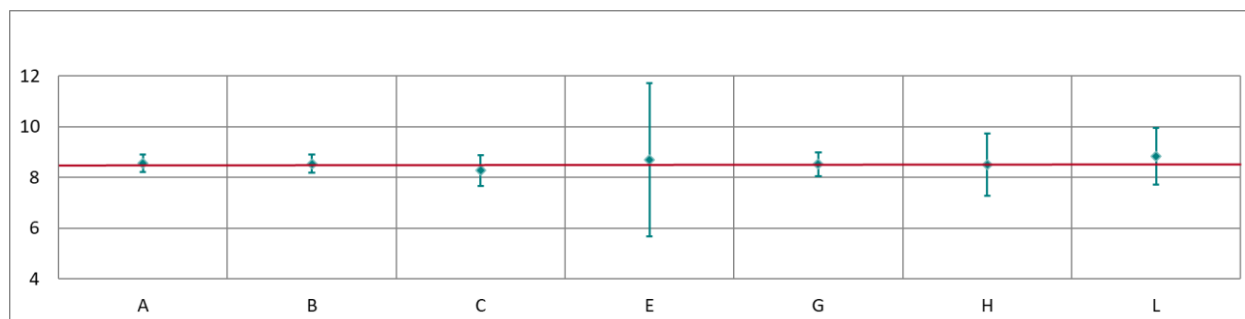


Abbildung 35: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 22: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 7 $x^* = 36,2$ $s^* = 0,81$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	35,5	35,6	35,9	37,3	35,5	36,2	37,0	
$x_{i,2}$	35,5	35,6	35,9	37,1	35,4	36,0	37,1	
$x_{i,3}$	35,5	35,6	36,0	37,2	35,8	36,1	37,1	
X_i	35,5	35,6	35,9	37,2	35,6	36,1	37,1	
S_i	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,46	0,22	0,46	1,62	0,75	0,93	1,11	
$U(x_i)$	0,92	0,44	0,92	3,24	1,50	1,86	2,22	

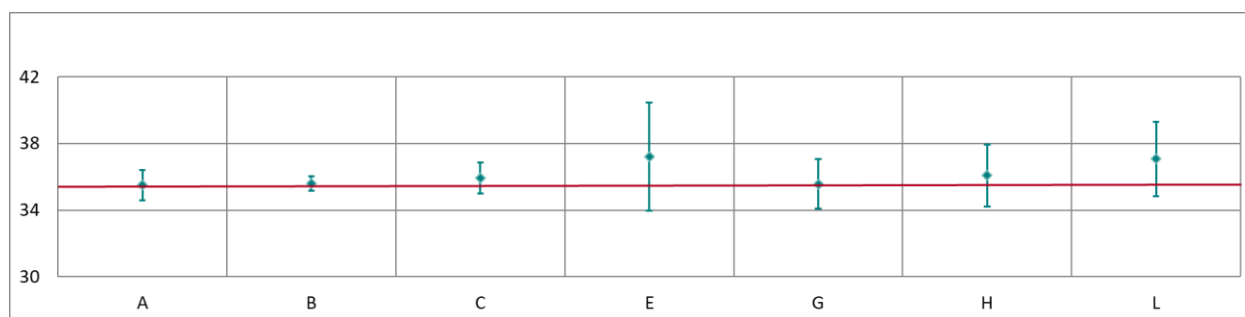
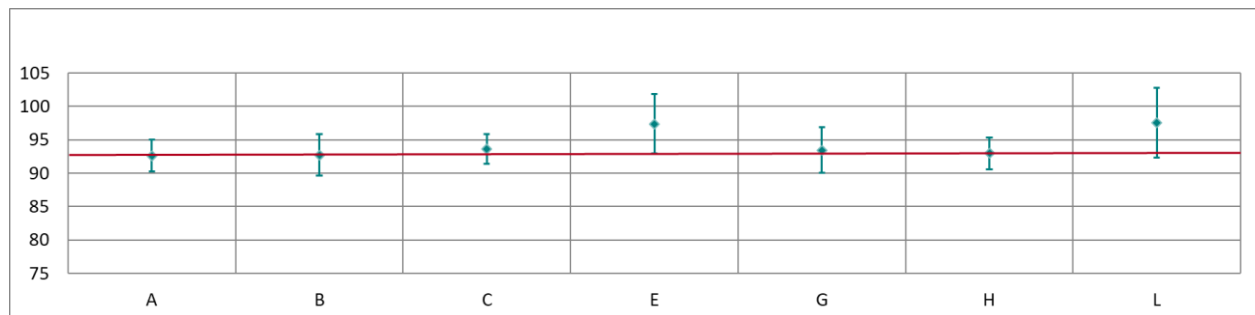


Abbildung 36: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 23: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 8 $x^* = 94,6$ $s^* = 2,52$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	92,6	92,8	93,6	97,2	93,4	92,9	97,5
$x_{i,2}$	92,6	92,7	93,6	97,4	93,5	93,0	97,6
$x_{i,3}$	92,7	92,7	93,6	97,5	93,4	93,1	97,5
X_i	92,6	92,7	93,6	97,4	93,5	93,0	97,5
S_i	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	1,18	1,54	1,12	2,22	1,71	1,19	2,62
$U(x_i)$	2,37	3,08	2,24	4,44	3,41	2,38	5,24

Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).Tabelle 24: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: SO₂, Durchgang 9 $x^* = 55,4$ $s^* = 1,34$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	54,4	54,5	54,8	57,0	54,7	54,9	57,0
$x_{i,2}$	54,4	54,6	54,8	57,0	54,5	54,8	56,9
$x_{i,3}$	54,4	54,3	54,7	56,8	54,4	55,1	56,9
X_i	54,4	54,5	54,8	56,9	54,5	54,9	56,9
S_i	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,71	0,26	0,66	1,76	1,05	0,98	1,59
$U(x_i)$	1,42	0,52	1,33	3,52	2,10	1,96	3,18

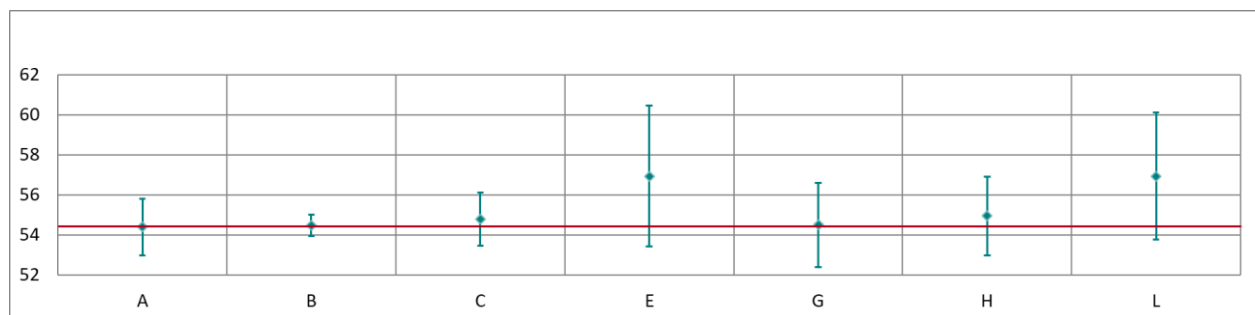
Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den SO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 25: Ergebnisse für SO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: SO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,18$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	0,1	0,1	0,0	-0,3	0,2	0,5	0,1
$x_{i,2}$	0,1	0,1	0,0	-0,4	0,2	0,4	0,1
X_i	0,1	0,1	0,0	-0,4	0,2	0,5	0,1
S_i	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,16	0,15	0,15	1,50	0,51	0,40	0,50
$U(x_i)$	0,32	0,31	0,30	3,00	1,02	0,80	1,00

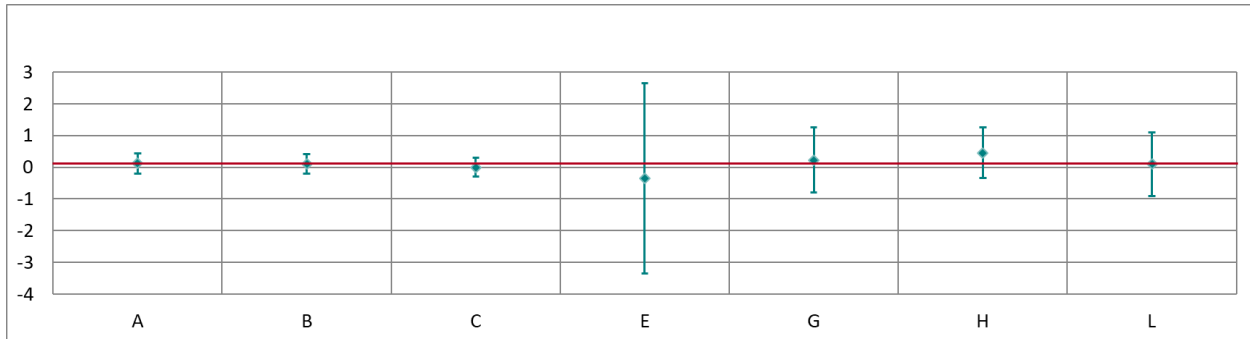


Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Ergebnisse für CO

Tabelle 26: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in µmol/mol).

Parameter: CO, Durchgang 0 $x^* = -0,01$ $s^* = 0,012$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	0,01	-0,02	0,00	0,06	-0,01	-0,03	0,00
$x_{i,2}$	0,00	-0,02	0,00	0,07	-0,01	-0,03	0,01
X_i	0,01	-0,02	0,00	0,07	-0,01	-0,03	0,01
S_i	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,025	0,050	0,020	0,100	0,050	0,031	0,096
$U(x_i)$	0,051	0,100	0,040	0,200	0,100	0,062	0,192

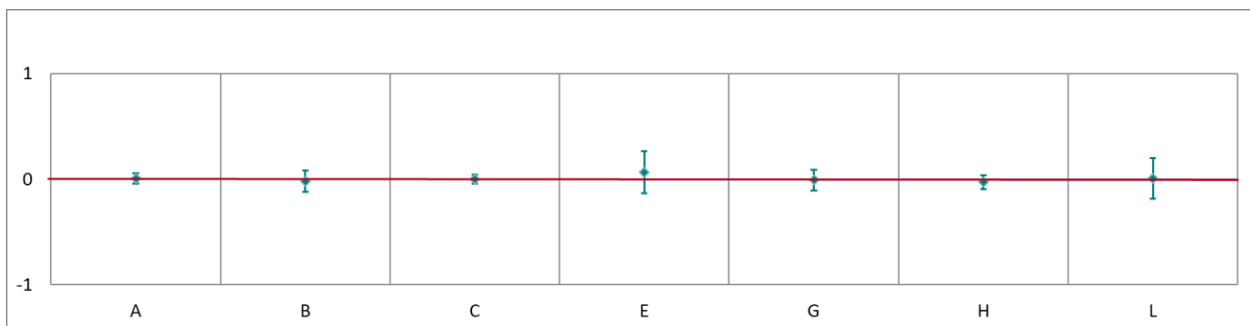


Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang bei Nullgas (in µmol/mol).

Tabelle 27: Ergebnisse für CO bei Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 1 $x^* = 4,09$ $s^* = 0,044$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	4,13	4,07	4,12	4,14	4,11	4,04	4,08	
$x_{i,2}$	4,12	4,07	4,13	4,14	4,12	4,04	4,08	
$x_{i,3}$	4,12	4,07	4,13	4,14	4,12	4,04	4,07	
X_i	4,12	4,07	4,13	4,14	4,12	4,04	4,08	
S_i	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	
$u(x_i)$	0,054	0,064	0,047	0,122	0,078	0,059	0,116	
$U(x_i)$	0,108	0,128	0,094	0,244	0,157	0,118	0,232	

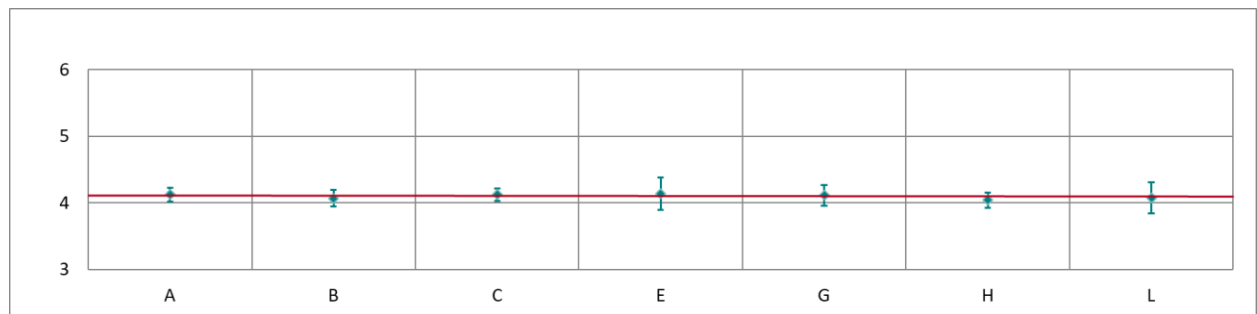


Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 1 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 28: Ergebnisse für CO bei Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 2 $x^* = 14,93$ $s^* = 0,121$

	Teilnehmer							
	A	B	C	E	G	H	L	
$x_{i,1}$	15,00	14,89	15,03	15,02	15,00	14,79	14,82	
$x_{i,2}$	15,01	14,90	15,04	15,03	15,02	14,80	14,83	
$x_{i,3}$	15,01	14,90	15,04	15,03	15,03	14,81	14,83	
X_i	15,01	14,90	15,04	15,03	15,02	14,80	14,83	
S_i	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
$u(x_i)$	0,188	0,158	0,168	0,236	0,264	0,128	0,256	
$U(x_i)$	0,376	0,317	0,336	0,472	0,528	0,256	0,512	

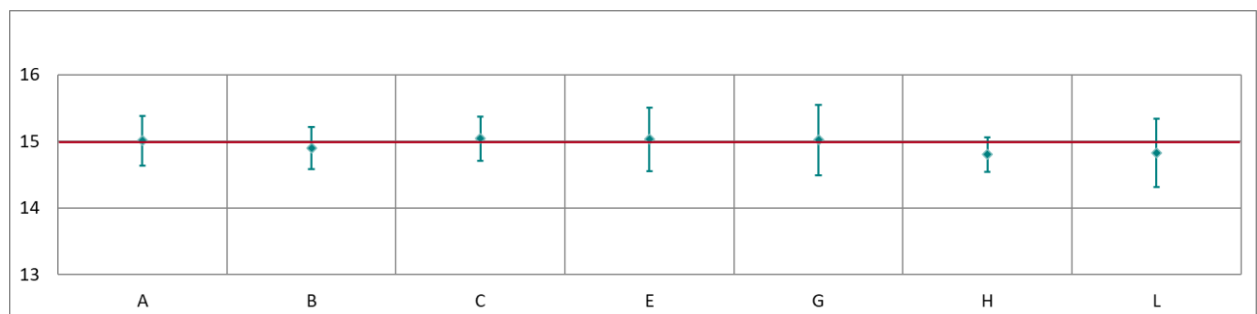


Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 29: Ergebnisse für CO bei Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 3 $x^* = 9,97$ $s^* = 0,078$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	10,02	9,94	10,04	9,98	10,04	9,89	9,89
$x_{i,2}$	10,02	9,94	10,04	9,98	10,05	9,90	9,90
$x_{i,3}$	10,02	9,94	10,04	9,97	10,06	9,90	9,89
X_i	10,02	9,94	10,04	9,98	10,04	9,89	9,89
S_i	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
$u(x_i)$	0,126	0,112	0,110	0,122	0,179	0,099	0,185
$U(x_i)$	0,252	0,224	0,220	0,244	0,357	0,198	0,370

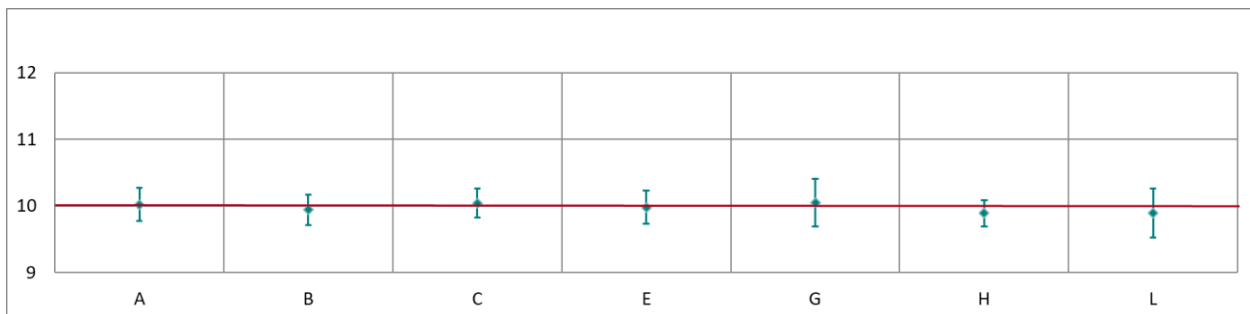


Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 3 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 30: Ergebnisse für CO bei Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 4 $x^* = 9,97$ $s^* = 0,083$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	10,01	9,94	10,04	9,95	10,07	9,91	9,89
$x_{i,2}$	10,00	9,94	10,04	9,95	10,07	9,91	9,89
$x_{i,3}$	10,00	9,94	10,04	9,94	10,07	9,91	9,88
X_i	10,00	9,94	10,04	9,95	10,07	9,91	9,89
S_i	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,126	0,112	0,110	0,122	0,179	0,099	0,185
$U(x_i)$	0,251	0,224	0,220	0,244	0,358	0,198	0,370

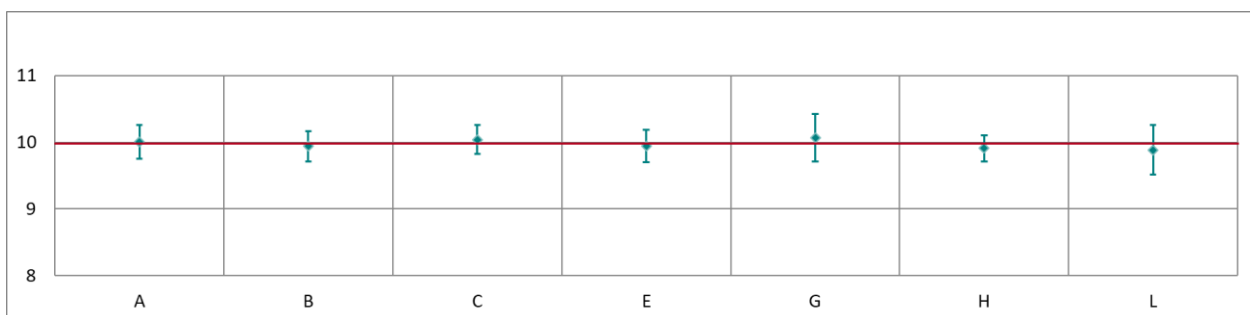


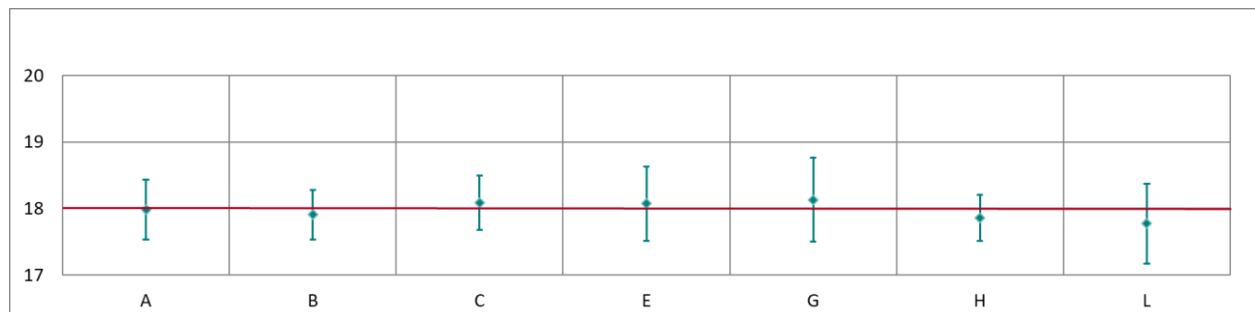
Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 4 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 31: Ergebnisse für CO bei Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 5

 $x^* = 17,97$ $s^* = 0,165$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	17,98	17,91	18,08	18,07	18,12	17,85	17,77
$x_{i,2}$	17,98	17,90	18,08	18,07	18,13	17,85	17,77
$x_{i,3}$	17,98	17,91	18,09	18,07	18,14	17,86	17,77
X_i	17,98	17,91	18,08	18,07	18,13	17,85	17,77
S_i	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,225	0,187	0,203	0,280	0,318	0,173	0,300
$U(x_i)$	0,450	0,374	0,406	0,560	0,635	0,346	0,600

Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 5 (in $\mu\text{mol/mol}$).Tabelle 32: Ergebnisse für CO bei Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 6

 $x^* = 1,98$ $s^* = 0,036$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	1,97	1,96	1,99	1,99	2,03	1,96	1,97
$x_{i,2}$	1,97	1,95	1,99	2,00	2,04	1,96	1,96
$x_{i,3}$	1,97	1,95	1,99	2,00	2,04	1,96	1,96
X_i	1,97	1,95	1,99	2,00	2,04	1,96	1,96
S_i	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,028	0,050	0,024	0,122	0,047	0,041	0,101
$U(x_i)$	0,056	0,101	0,049	0,244	0,094	0,082	0,202

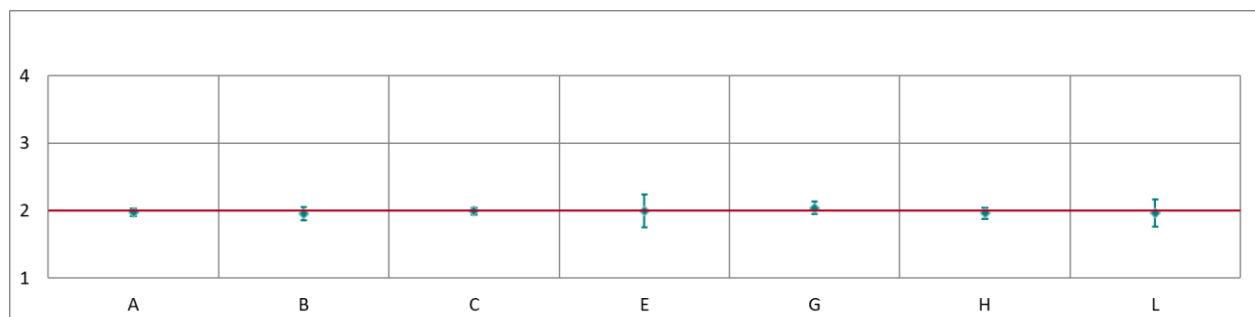
Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 6 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 33: Ergebnisse für CO bei Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 7 $x^* = 5,98$ $s^* = 0,071$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	5,96	5,95	6,02	5,96	6,08	5,95	5,91
$x_{i,2}$	5,96	5,95	6,02	5,95	6,08	5,94	5,91
$x_{i,3}$	5,97	5,95	6,02	5,95	6,09	5,94	5,91
$X_{i,}$	5,96	5,95	6,02	5,95	6,08	5,94	5,91
$S_{i,}$	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00
$u(x_i)$	0,076	0,078	0,068	0,122	0,111	0,069	0,135
$U(x_i)$	0,152	0,157	0,136	0,244	0,222	0,138	0,270

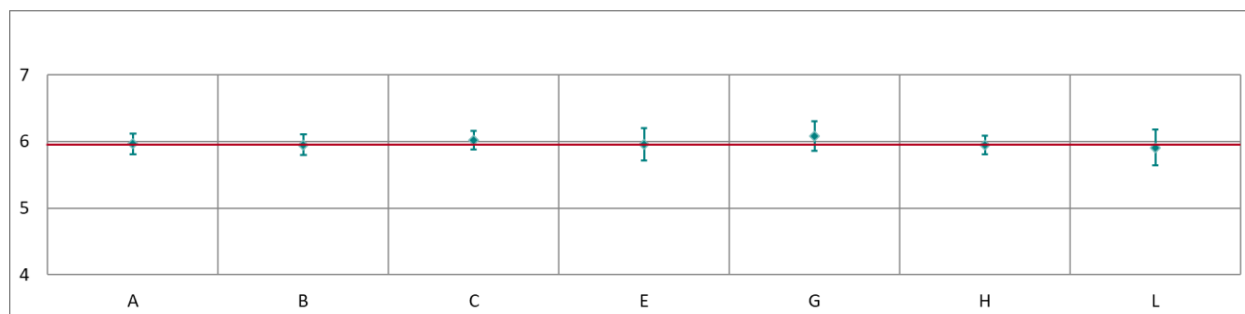


Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 7 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 34: Ergebnisse für CO bei Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 8 $x^* = 11,98$ $s^* = 0,133$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	11,97	11,95	12,07	11,95	12,16	11,91	11,83
$x_{i,2}$	11,96	11,95	12,06	11,95	12,16	11,91	11,82
$x_{i,3}$	11,95	11,95	12,06	11,94	12,15	11,92	11,82
$X_{i,}$	11,96	11,95	12,06	11,95	12,15	11,91	11,82
$S_{i,}$	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
$u(x_i)$	0,150	0,130	0,135	0,192	0,214	0,111	0,212
$U(x_i)$	0,301	0,260	0,270	0,384	0,427	0,222	0,424

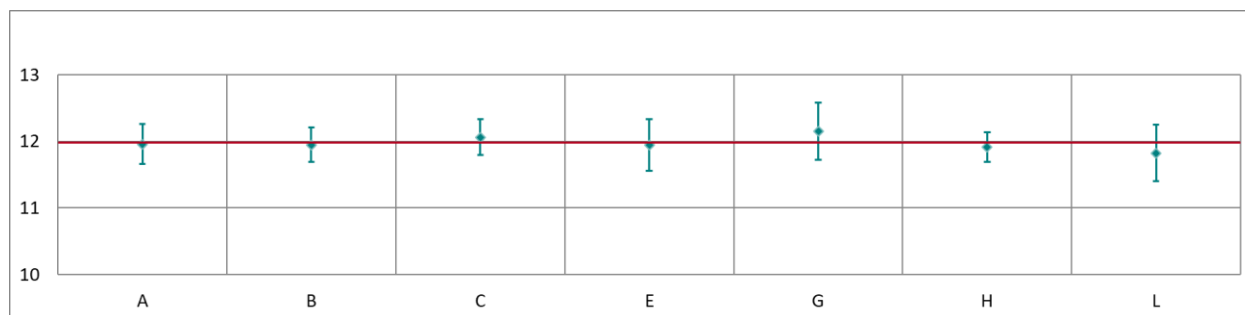


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 8 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 35: Ergebnisse für CO bei Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 9 $x^* = 7,97$ $s^* = 0,099$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	7,94	7,95	8,02	7,88	8,11	7,94	7,86
$x_{i,2}$	7,93	7,94	8,02	7,91	8,11	7,95	7,85
$x_{i,3}$	7,93	7,94	8,01	7,98	8,11	7,95	7,85
X_i	7,93	7,94	8,02	7,92	8,11	7,95	7,85
S_i	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00	0,01	0,01
$u(x_i)$	0,101	0,095	0,090	0,132	0,145	0,079	0,158
$U(x_i)$	0,201	0,189	0,180	0,264	0,290	0,158	0,316

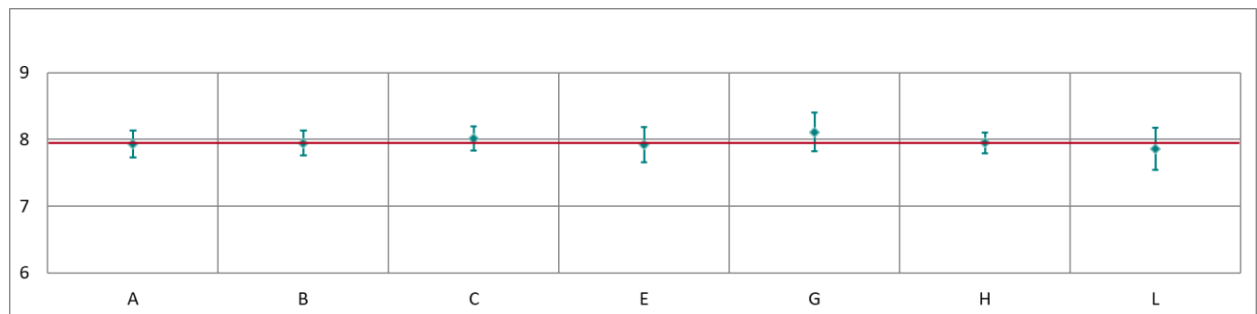


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den CO-Durchgang 9 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Tabelle 36: Ergebnisse für CO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in $\mu\text{mol/mol}$).

Parameter: CO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,01$ $s^* = 0,016$

	Teilnehmer						
	A	B	C	E	G	H	L
$x_{i,1}$	-0,03	-0,01	0,00	0,06	0,07	0,00	0,01
$x_{i,2}$	-0,03	-0,01	0,00	0,06	0,07	0,00	0,02
X_i	-0,03	-0,01	0,00	0,06	0,07	0,00	0,02
S_i	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
$u(x_i)$	0,024	0,050	0,020	0,100	0,050	0,030	0,096
$U(x_i)$	0,048	0,100	0,040	0,200	0,100	0,060	0,192

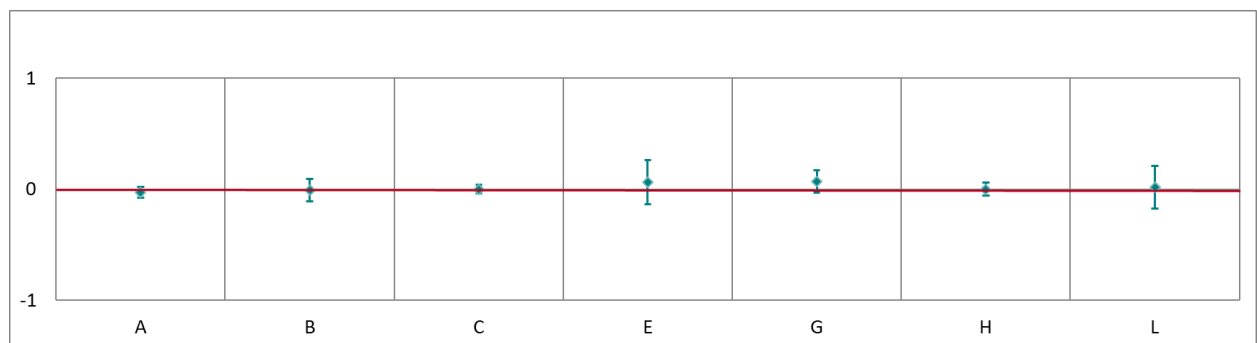


Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in $\mu\text{mol/mol}$).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 37: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 $x^* = 0,2$ $s^* = 0,31$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	-0,3	0,0	0,0	0,2	0,4	-0,4	0,5	
$x_{i,2}$	-0,2	0,0	0,0	0,2	0,4	-0,4	0,4	
X_i	-0,3	0,0	0,0	0,2	0,4	-0,4	0,5	
S_i	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,07	
$u(x_i)$	0,52	0,10	0,40	0,46	0,41	0,50	0,83	
$U(x_i)$	1,04	0,21	0,80	0,91	0,82	1,00	1,67	

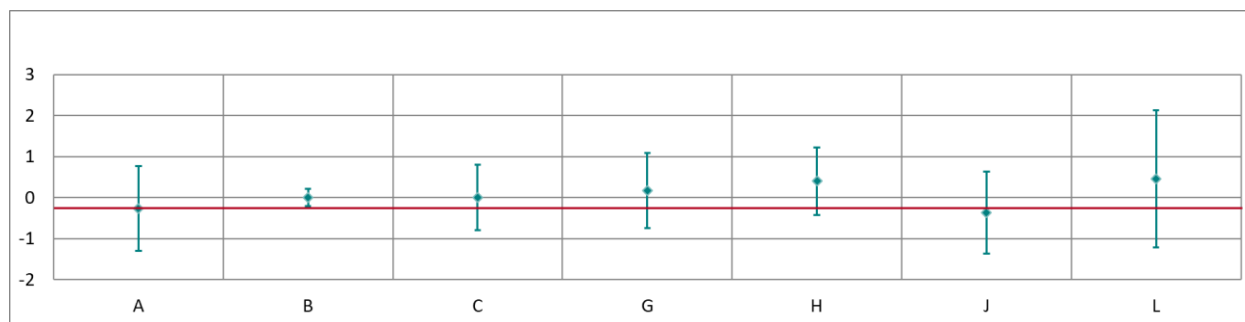


Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 480,2$ $s^* = 3,21$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	479,8		479,9	479,0	482,0	483,4	476,2	
$x_{i,2}$	479,3		480,0	479,0	482,6	483,5	476,4	
$x_{i,3}$	479,3		480,1	478,9	482,3	483,2	476,0	
X_i	479,5		480,0	479,0	482,3	483,4	476,2	
S_i	0,31		0,10	0,02	0,30	0,14	0,20	
$u(x_i)$	6,01		5,38	8,39	5,28	5,65	5,89	
$U(x_i)$	12,02		10,76	16,78	10,56	11,30	11,79	

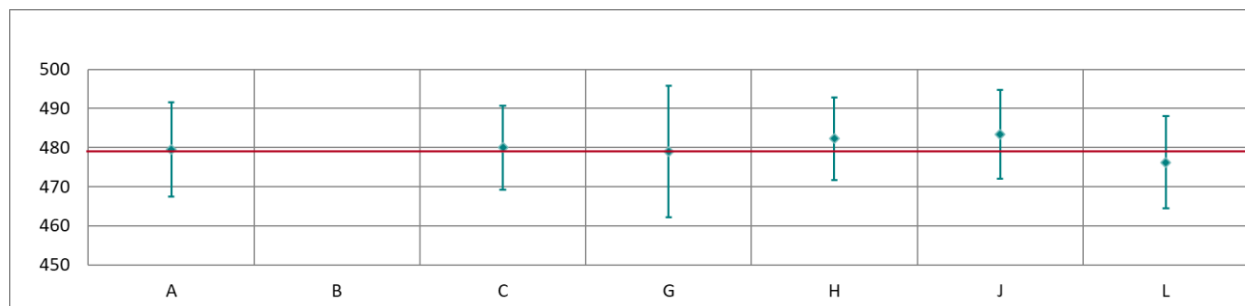


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 429,1$ $s^* = 2,92$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	428,4		428,3	428,8	430,8	0,0	425,1
$x_{i,2}$	428,5		428,6	429,1	431,1	431,5	425,2
$x_{i,3}$	428,9		428,6	429,2	431,7	431,9	425,4
X_i	428,6		428,5	429,0	431,2	287,8	425,2
S_i	0,28		0,17	0,19	0,46	249,25	0,15
$u(x_i)$	5,37		4,80	7,52	4,97	5,04	5,28
$U(x_i)$	10,74		9,59	15,03	9,94	10,09	10,55

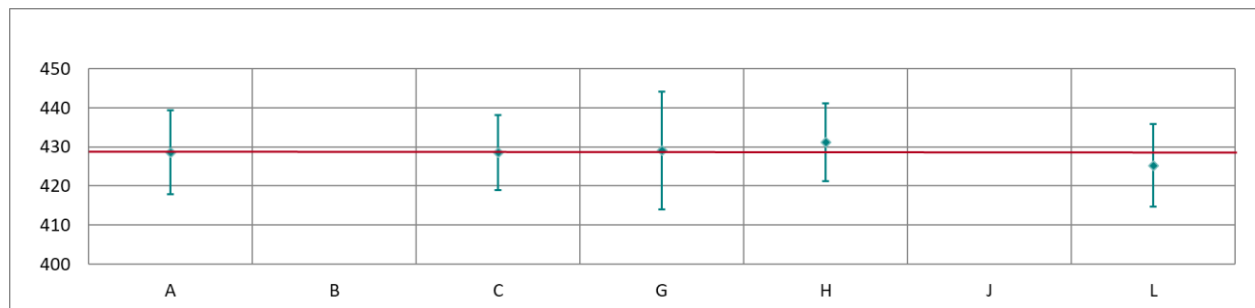


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 370,8$ $s^* = 2,81$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	371,2		370,4	370,1	374,2	373,7	368,2
$x_{i,2}$	370,9		369,7	369,8	373,5	373,1	367,6
$x_{i,3}$	370,2		369,1	370,1	372,8	372,8	367,2
X_i	370,7		369,7	370,0	373,5	373,2	367,7
S_i	0,53		0,65	0,16	0,70	0,43	0,50
$u(x_i)$	4,65		4,16	6,49	4,05	4,37	4,58
$U(x_i)$	9,29		8,31	12,98	8,10	8,73	9,17

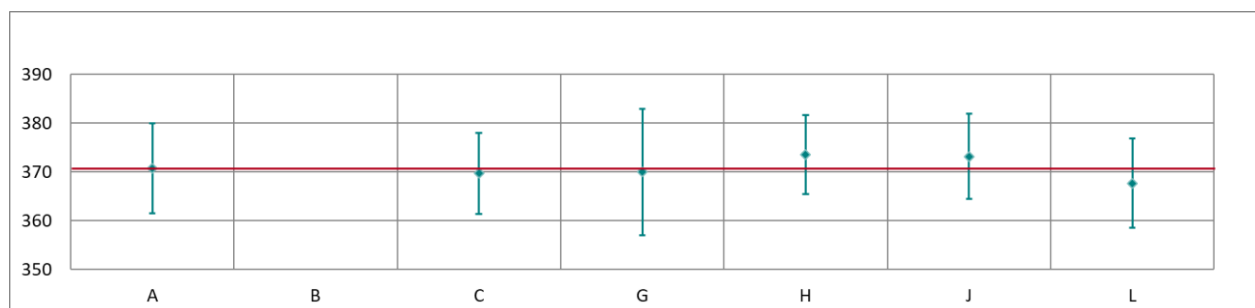


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 479,0$ $s^* = 3,71$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	479,9		477,9	477,1	482,1	482,2	475,0
$x_{i,2}$	480,5		478,0	476,8	482,9	482,4	475,3
$x_{i,3}$	480,6		478,3	476,5	482,6	482,3	475,6
X_i	480,3		478,1	476,8	482,5	482,3	475,3
S_i	0,35		0,21	0,31	0,40	0,11	0,30
$u(x_i)$	6,02		5,36	8,35	5,23	5,65	5,88
$U(x_i)$	12,05		10,72	16,71	10,46	11,30	11,77

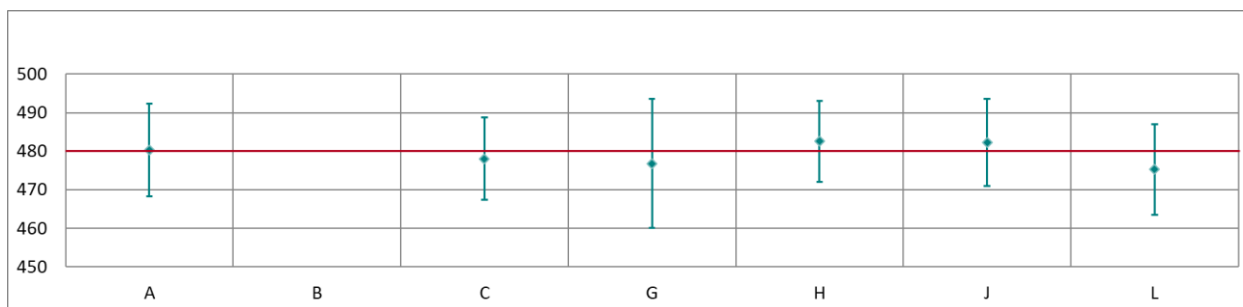


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 42: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 376,9$ $s^* = 2,82$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	378,1		376,3	374,7	379,5	379,2	374,2
$x_{i,2}$	378,6		376,6	374,6	379,9	379,3	374,7
$x_{i,3}$	378,7		376,6	374,7	380,1	379,0	374,4
X_i	378,3		376,5	374,7	379,7	379,2	374,5
S_i	0,34		0,21	0,03	0,28	0,03	0,35
$u(x_i)$	4,74		4,21	6,57	4,30	4,43	4,66
$U(x_i)$	9,47		8,43	13,13	8,60	8,86	9,33

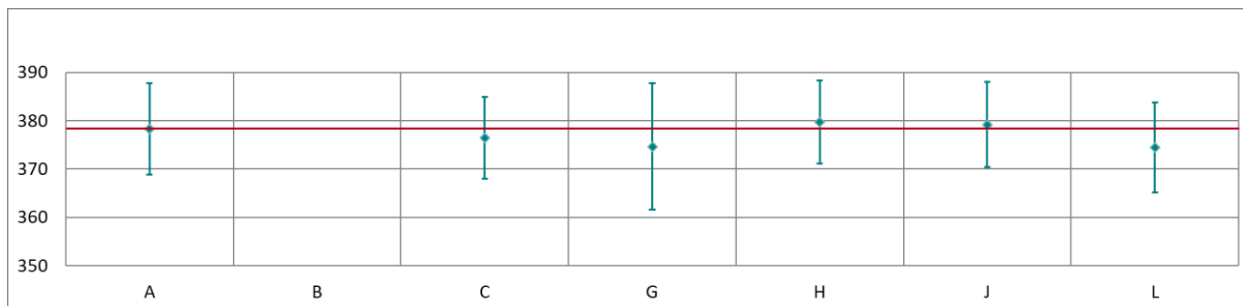


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 43: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6

 $x^* = 241,0$ $s^* = 2,13$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	242,8		241,0	239,5	243,9	242,4	239,4
$x_{i,2}$	242,6		240,7	239,1	243,7	241,6	239,2
$x_{i,3}$	242,5		240,7	239,2	243,6	241,5	239,3
X_i	242,6		240,8	239,2	243,7	241,8	239,3
S_i	0,15		0,17	0,21	0,15	0,52	0,10
$u(x_i)$	3,04		2,71	4,20	2,42	2,83	3,05
$U(x_i)$	6,08		5,42	8,41	4,84	5,66	6,10

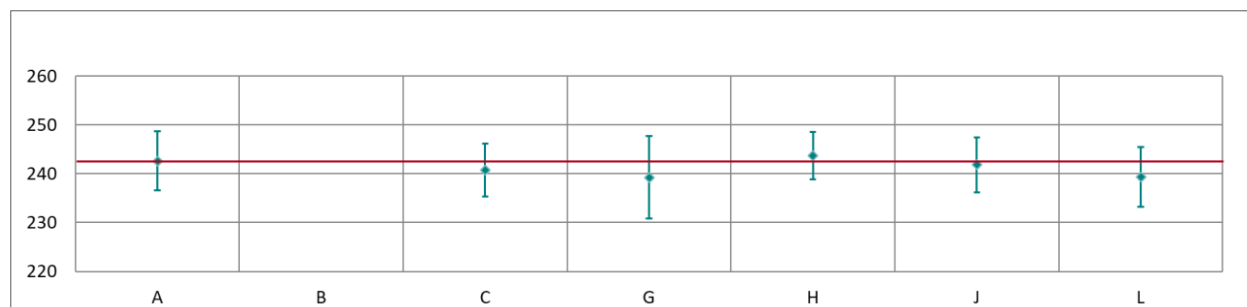


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7

 $x^* = 205,0$ $s^* = 2,24$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	205,1	212,0	204,3	203,5	206,1	205,1	203,1
$x_{i,2}$	205,1	212,1	204,2	203,3	206,2	204,8	203,2
$x_{i,3}$	205,1	212,7	204,2	203,3	206,1	204,4	203,1
X_i	205,1	212,3	204,2	203,4	206,1	204,8	203,1
S_i	0,03	0,38	0,06	0,14	0,06	0,39	0,06
$u(x_i)$	2,57	3,68	2,30	3,57	2,13	2,42	2,62
$U(x_i)$	5,15	7,36	4,60	7,15	4,26	4,84	5,25

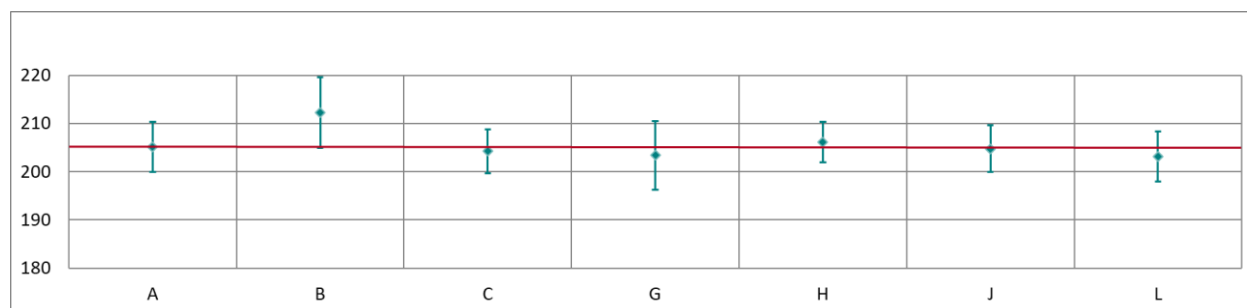


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 114,3$ $s^* = 1,76$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	114,9	116,7	114,3	112,2	115,7	114,0	113,5	
$x_{i,2}$	114,9	116,4	114,1	112,0	115,5	114,3	113,5	
$x_{i,3}$	114,8	116,3	114,0	111,9	115,4	113,9	113,3	
$X_{i,}$	114,9	116,5	114,1	112,1	115,5	114,1	113,4	
$S_{i,}$	0,03	0,21	0,15	0,14	0,15	0,18	0,12	
$u(x_i)$	1,45	3,24	1,31	1,98	1,14	1,35	1,62	
$U(x_i)$	2,90	6,49	2,62	3,97	2,28	2,69	3,25	

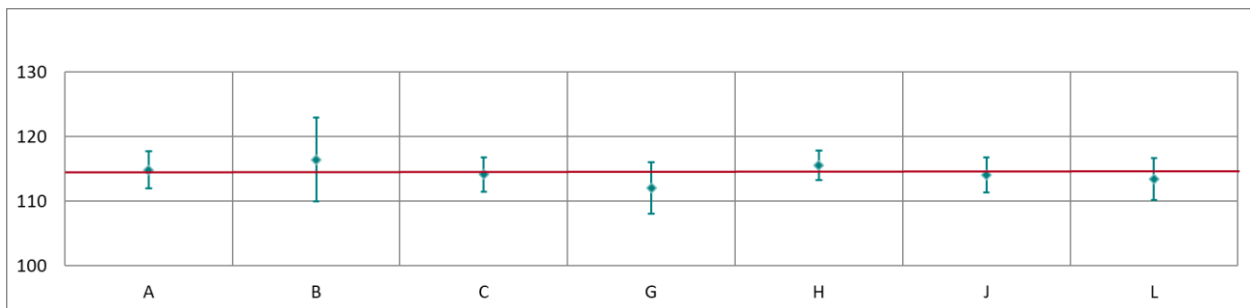


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9 $x^* = 28,8$ $s^* = 0,35$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	28,4	28,5	29,0	28,5	29,3	28,5	28,8	
$x_{i,2}$	28,4	28,5	28,9	28,4	29,2	28,5	28,8	
$x_{i,3}$	28,5	28,5	29,0	28,5	29,2	28,6	28,9	
$X_{i,}$	28,5	28,5	29,0	28,5	29,2	28,5	28,8	
$S_{i,}$	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,47	0,14	0,50	0,58	0,61	0,50	0,90	
$U(x_i)$	0,93	0,29	1,00	1,16	1,22	1,00	1,79	

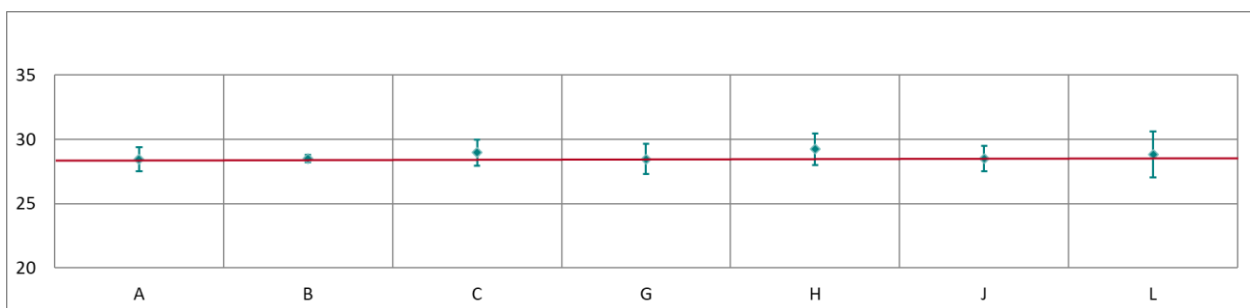


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10

 $x^* = 168,6$ $s^* = 2,57$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	169,6	172,1	167,9	165,9	170,4	167,8	167,0	
$x_{i,2}$	169,7	172,0	168,0	166,0	170,4	167,9	167,0	
$x_{i,3}$	169,7	172,1	168,0	165,9	170,4	168,0	167,1	
X_i	169,6	172,1	168,0	166,0	170,4	167,9	167,0	
S_i	0,06	0,06	0,06	0,07	0,00	0,05	0,06	
$u(x_i)$	2,13	3,46	1,90	2,92	2,11	1,97	2,21	
$U(x_i)$	4,26	6,91	3,80	5,84	4,22	3,94	4,42	

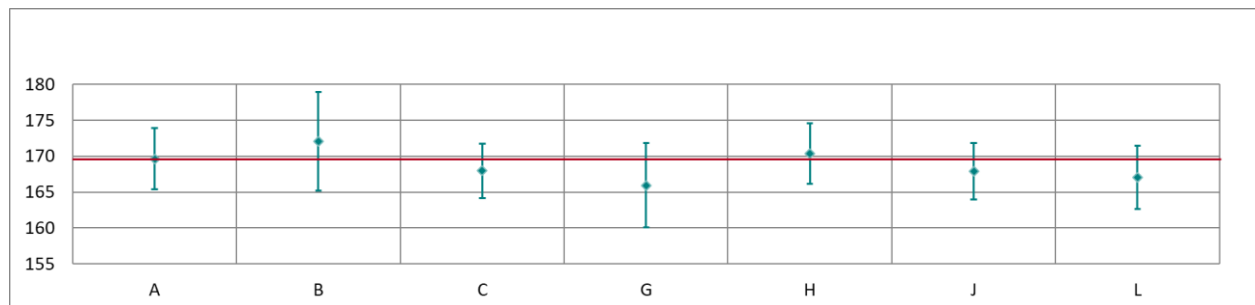


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11

 $x^* = 40,7$ $s^* = 0,41$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	40,4	40,6	41,1	40,3	41,3	40,6	40,8	
$x_{i,2}$	40,3	40,5	40,8	40,2	41,2	40,4	40,6	
$x_{i,3}$	40,4	40,5	40,9	40,1	41,2	40,4	40,6	
X_i	40,3	40,5	40,9	40,2	41,2	40,5	40,7	
S_i	0,02	0,06	0,15	0,10	0,06	0,13	0,12	
$u(x_i)$	0,60	0,15	0,55	0,76	0,89	0,50	0,97	
$U(x_i)$	1,20	0,31	1,10	1,52	1,78	1,00	1,94	

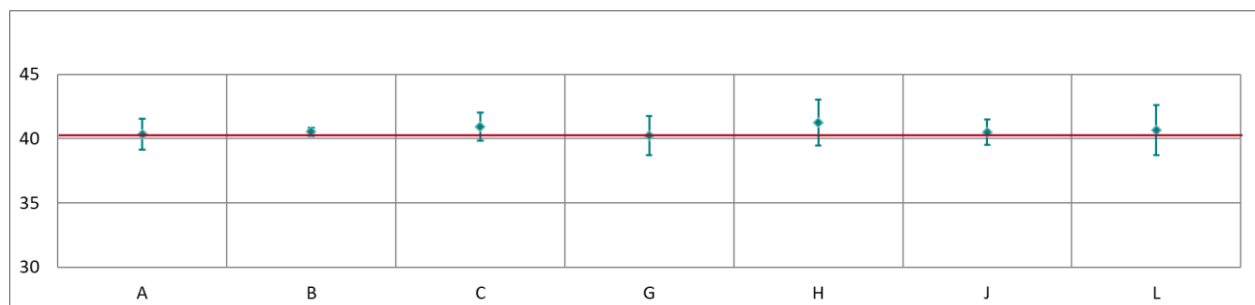


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12 $x^* = 296,1$ $s^* = 2,04$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	297,5		296,4	295,1	298,8	296,7	293,8
$x_{i,2}$	297,4		296,2	295,0	298,6	296,4	293,9
$x_{i,3}$	297,5		296,3	295,2	298,7	296,0	293,8
$X_{i,}$	297,5		296,3	295,1	298,7	296,4	293,8
$S_{i,}$	0,08		0,10	0,11	0,10	0,34	0,06
$u(x_i)$	3,75		3,32	5,17	2,87	3,46	3,70
$U(x_i)$	7,49		6,65	10,35	5,74	6,93	7,39

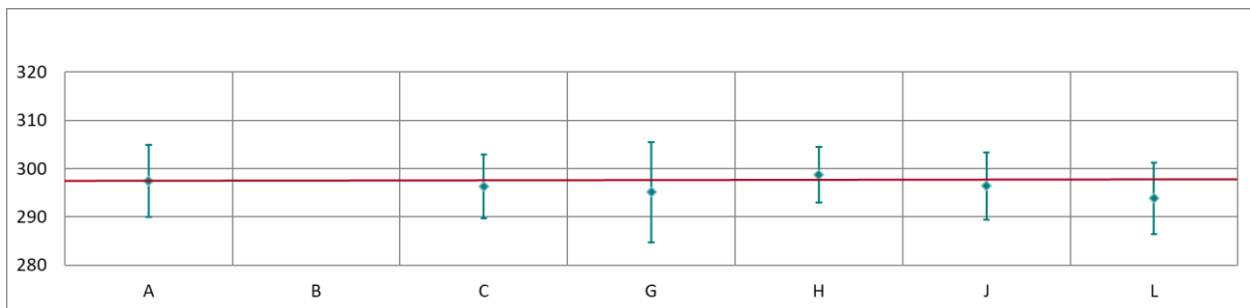


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13 $x^* = 408,8$ $s^* = 2,89$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	411,4		409,4	407,6	412,4	409,0	405,4
$x_{i,2}$	411,5		409,5	407,8	412,4	409,4	405,4
$x_{i,3}$	411,0		409,3	408,0	412,4	409,1	405,4
$X_{i,}$	411,3		409,4	407,8	412,4	409,2	405,4
$S_{i,}$	0,00		-1,88	-3,49	1,12	-2,13	-5,88
$u(x_i)$	5,15		4,58	7,15	4,89	4,78	5,03
$U(x_i)$	10,29		9,17	14,29	9,78	9,57	10,07

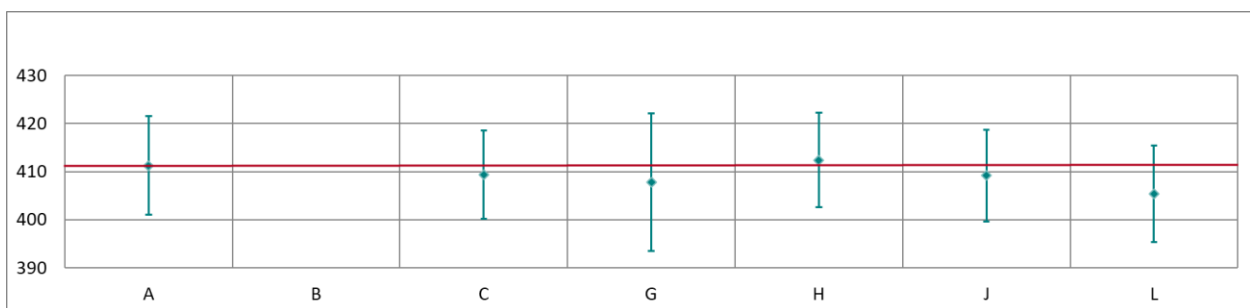


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 31,1$ $s^* = 0,34$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	30,8	31,0	31,4	30,8	31,7	31,0	31,3
$x_{i,2}$	30,7	31,0	31,4	30,7	31,6	31,1	31,1
$x_{i,3}$	30,8	31,0	31,3	30,6	31,5	31,0	31,3
X_i	30,8	31,0	31,4	30,7	31,6	31,0	31,2
S_i	0,03	0,00	0,06	0,09	0,10	0,08	0,12
$u(x_i)$	0,48	0,14	0,50	0,62	0,62	0,50	0,92
$U(x_i)$	0,96	0,27	1,00	1,23	1,24	1,00	1,85

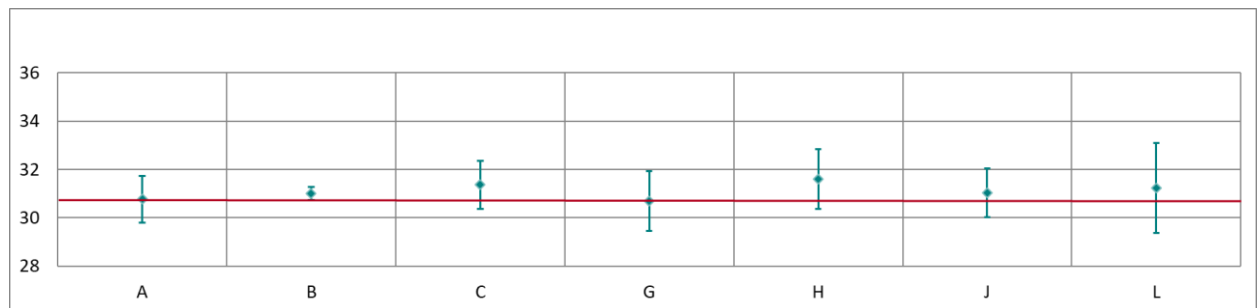


Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,2$ $s^* = 0,24$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	-0,3	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,9
X_i	-0,3	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,9
S_i							
$u(x_i)$	0,67	0,12	0,40	0,48	0,40	0,50	0,86
$U(x_i)$	1,34	0,25	0,80	0,95	0,80	1,00	1,72

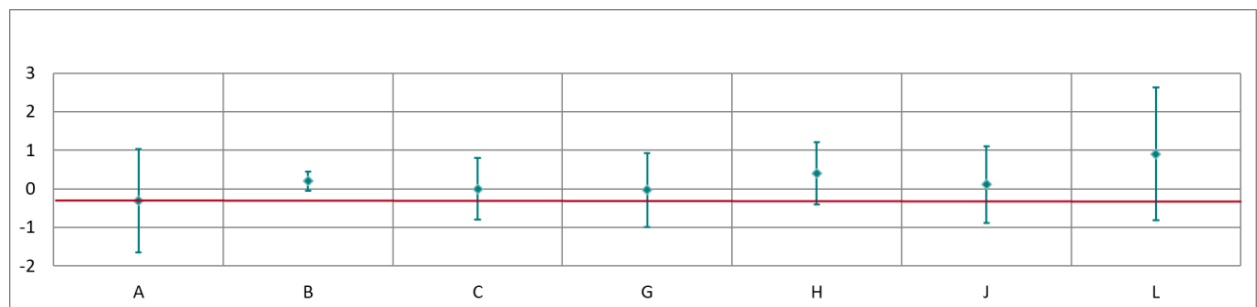


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂

Tabelle 53: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	-0,1	
$x_{i,2}$	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	-0,1	
X_i	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	-0,1	
S_i	0,11	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	
$u(x_i)$	0,89	0,20	0,70	0,77	0,41	0,75	0,82	
$U(x_i)$	1,77	0,40	1,40	1,54	0,82	1,50	1,65	

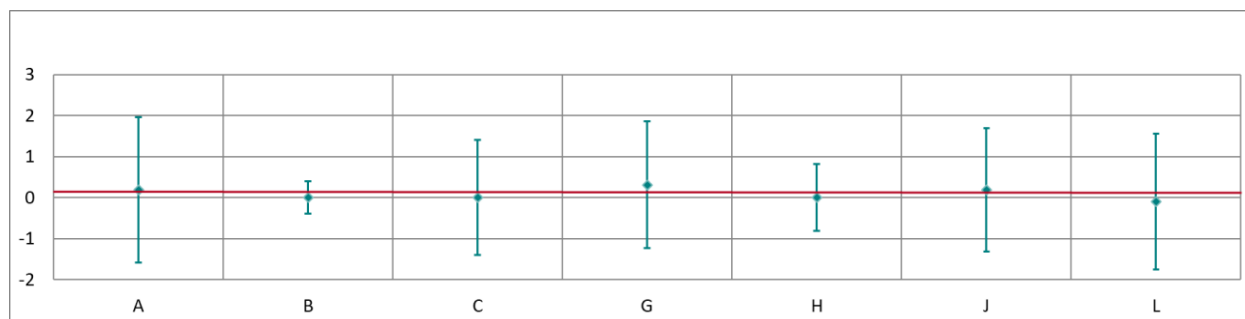


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 1 $x^* = 19,4$ $s^* = 1,00$

	Teilnehmer							
	A	B	G	L	H	J	C	
$x_{i,1}$	18,6		19,2	18,9	18,8	20,5	18,4	
$x_{i,2}$	19,3		19,4	19,3	19,1	21,4	18,8	
$x_{i,3}$	18,8		19,5	19,2	19,1	21,1	18,7	
X_i	18,9		19,4	19,2	19,0	21,0	18,6	
S_i	0,36		0,15	0,20	0,17	0,43	0,21	
$u(x_i)$	0,66		0,70	0,90	0,70	0,75	1,22	
$U(x_i)$	1,32		1,40	1,79	1,40	1,50	2,44	

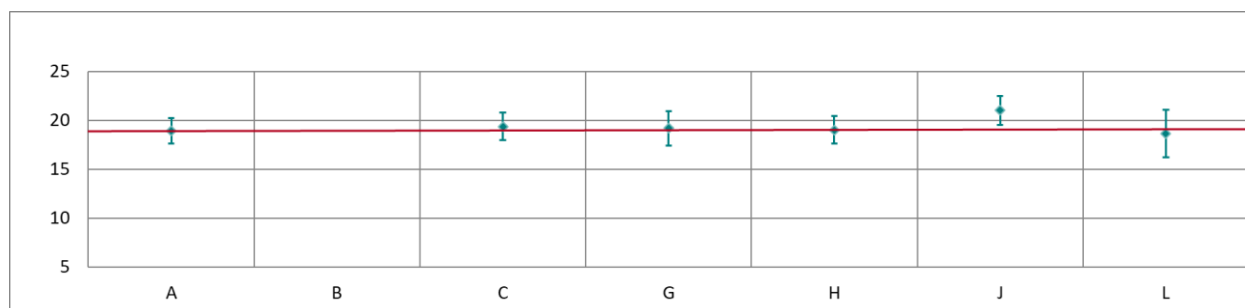


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 70,4$ $s^* = 0,83$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	69,7		70,5	69,8	70,5	72,2	69,9
$x_{i,2}$	69,7		70,4	69,9	70,3	71,4	69,8
$x_{i,3}$	69,8		70,6	70,1	70,1	71,9	69,6
X_i	69,7		70,5	69,9	70,3	71,8	69,8
S_i	0,03		0,10	0,18	0,20	0,41	0,15
$u(x_i)$	1,03		1,04	1,32	0,98	1,04	1,90
$U(x_i)$	2,06		2,07	2,65	1,96	2,08	3,81

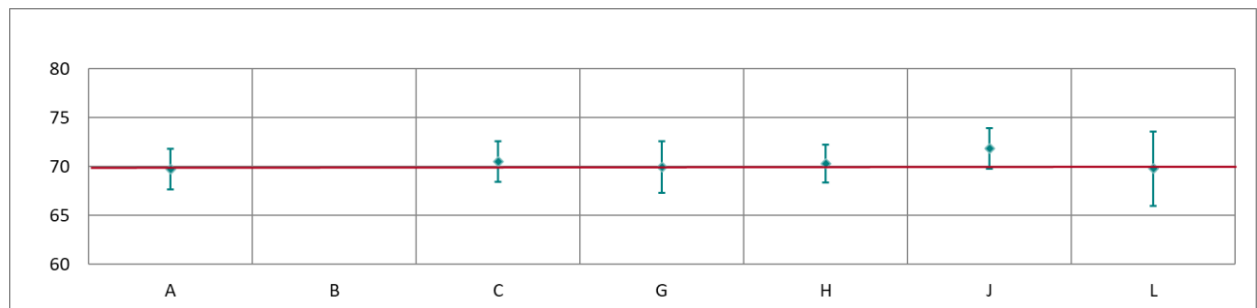


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 56: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 128,0$ $s^* = 1,00$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	126,9		127,7	127,3	127,3	129,8	127,0
$x_{i,2}$	127,1		128,1	127,8	127,3	129,1	127,4
$x_{i,3}$	127,1		128,1	128,2	127,3	129,5	127,5
X_i	127,0		128,0	127,8	127,3	129,5	127,3
S_i	0,12		0,23	0,44	0,00	0,39	0,26
$u(x_i)$	1,66		1,54	2,32	1,37	1,88	3,03
$U(x_i)$	3,32		3,08	4,65	2,74	3,75	6,06

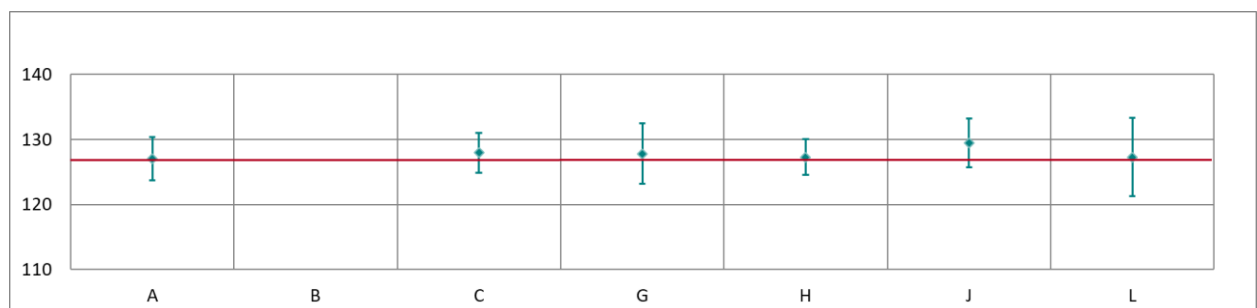


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 4 $x^* = 19,3$ $s^* = 1,28$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	18,4		19,1	20,3	17,5	20,7		18,8
$x_{i,2}$	18,4		19,3	20,4	17,7	20,1		19,0
$x_{i,3}$	18,5		19,3	20,3	17,6	20,1		19,1
X_i	18,4		19,2	20,3	17,6	20,3		19,0
S_i	0,08		0,12	0,07	0,10	0,35		0,15
$u(x_i)$	0,66		0,70	0,94	0,70	0,75		1,22
$U(x_i)$	1,35		1,40	1,87	1,40	1,50		2,43

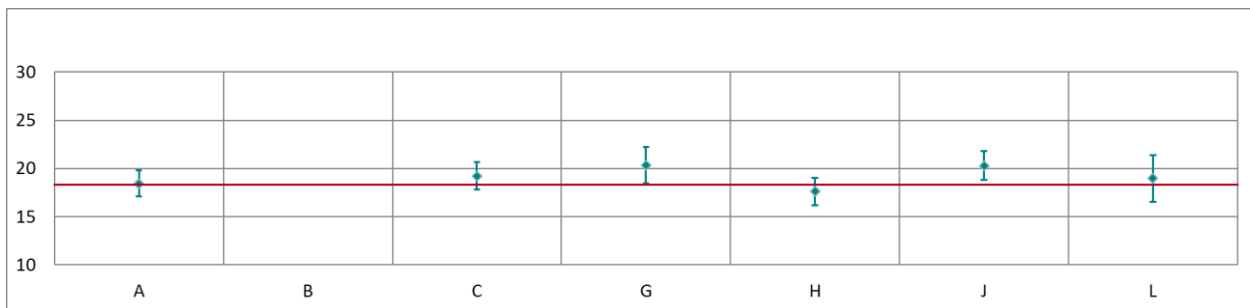


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 5 $x^* = 49,0$ $s^* = 1,13$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	48,5		49,2	49,4	47,6	50,0		48,9
$x_{i,2}$	48,5		49,2	49,3	47,4	50,2		48,8
$x_{i,3}$	48,5		49,2	49,2	47,2	50,2		48,8
X_i	48,5		49,2	49,4	47,5	50,1		48,9
S_i	0,00		0,00	0,02	0,14	0,11		0,07
$u(x_i)$	0,71		0,69	0,98	0,88	0,75		1,50
$U(x_i)$	1,41		1,39	1,95	1,76	1,50		3,00

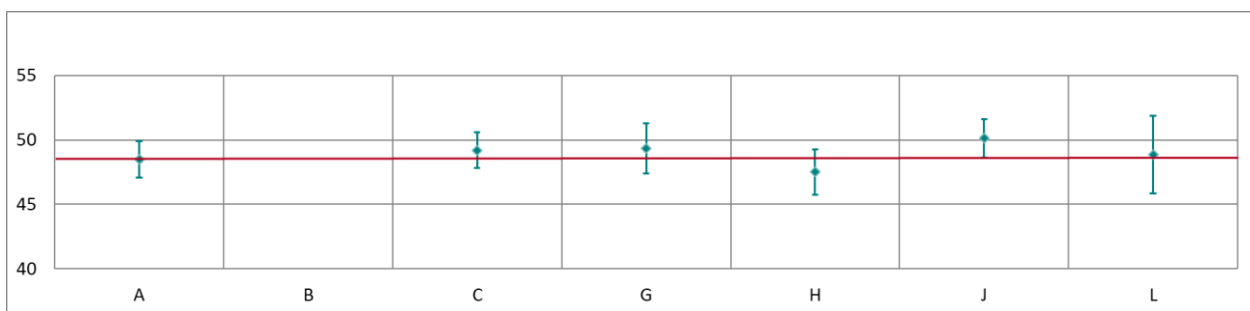
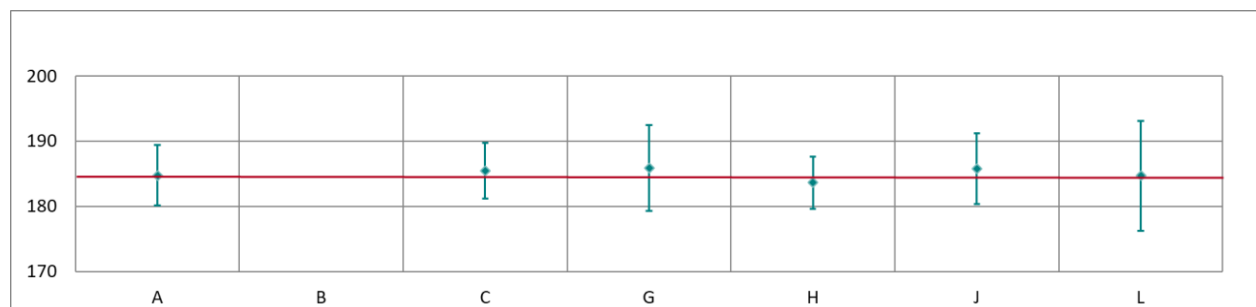


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 185,1$ $s^* = 1,06$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	184,5		185,1	185,6	183,4	185,7	184,3
$x_{i,2}$	184,8		185,6	186,0	183,8	185,9	184,8
$x_{i,3}$	184,9		185,7	186,0	183,7	185,7	184,9
X_i	184,8		185,5	185,9	183,6	185,8	184,7
S_i	0,23		0,32	0,26	0,21	0,13	0,32
$u(x_i)$	2,34		2,12	3,30	2,01	2,69	4,23
$U(x_i)$	4,68		4,24	6,59	4,02	5,39	8,47

Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).Tabelle 60: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 14,0$ $s^* = 0,61$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	13,6	14,3	14,2	13,7	12,6	14,2	13,9
$x_{i,2}$	13,8	14,4	14,2	13,8	12,7	14,6	13,9
$x_{i,3}$	13,8	14,5	14,3	13,7	12,9	14,8	13,9
X_i	13,7	14,4	14,2	13,7	12,7	14,5	13,9
S_i	0,11	0,10	0,06	0,07	0,15	0,28	0,00
$u(x_i)$	0,77	0,39	0,70	0,84	0,59	0,75	0,95
$U(x_i)$	1,54	0,77	1,40	1,68	1,18	1,50	1,90

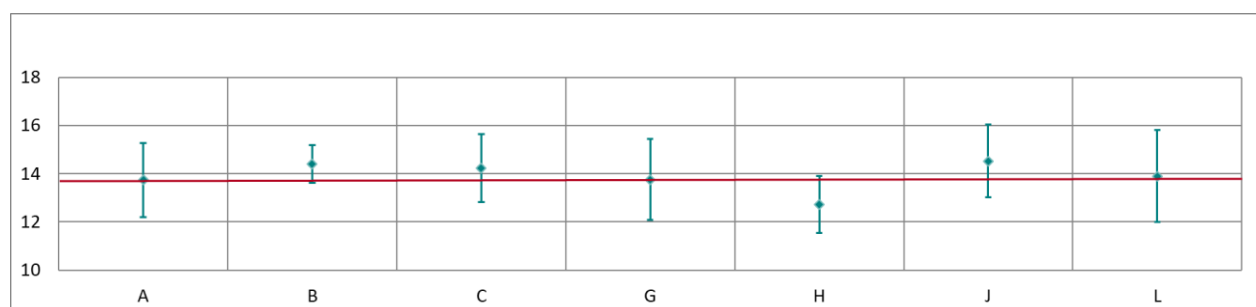
Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 104,5$ $s^* = 1,19$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	104,3	109,1	104,5	104,6	103,0	104,7	103,7	
$x_{i,2}$	104,3	108,8	104,6	104,8	103,2	104,2	103,7	
$x_{i,3}$	104,5	109,0	104,8	104,7	103,4	104,4	104,0	
$X_{i,}$	104,4	109,0	104,6	104,7	103,2	104,4	103,8	
$S_{i,}$	0,15	0,15	0,15	0,06	0,20	0,23	0,17	
$u(x_i)$	1,34	3,24	1,24	1,88	1,09	1,52	2,47	
$U(x_i)$	2,68	6,47	2,49	3,76	2,18	3,05	4,95	

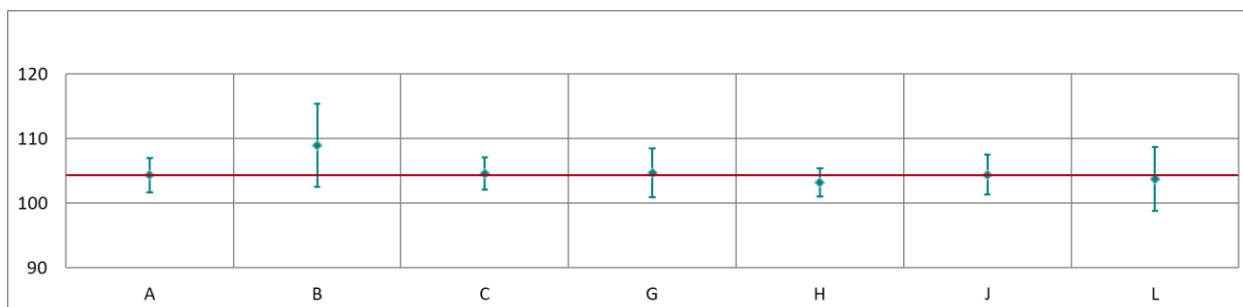


Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 33,9$ $s^* = 0,52$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	34,1	34,5	34,2	34,3	33,3	34,0	33,7	
$x_{i,2}$	33,9	34,5	34,2	34,4	33,3	33,9	33,6	
$x_{i,3}$	33,9	34,4	34,0	34,3	33,2	33,7	33,5	
$X_{i,}$	34,0	34,5	34,1	34,3	33,3	33,9	33,6	
$S_{i,}$	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,55	0,26	0,50	0,72	0,63	0,75	1,12	
$U(x_i)$	1,11	0,52	1,00	1,44	1,26	1,50	2,24	

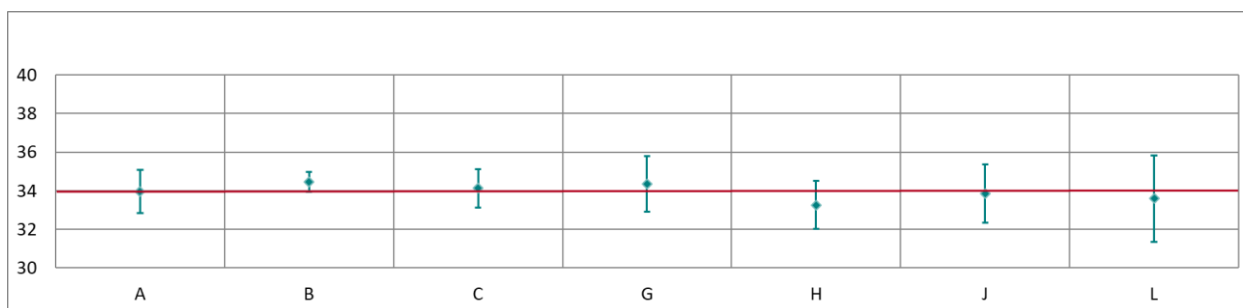
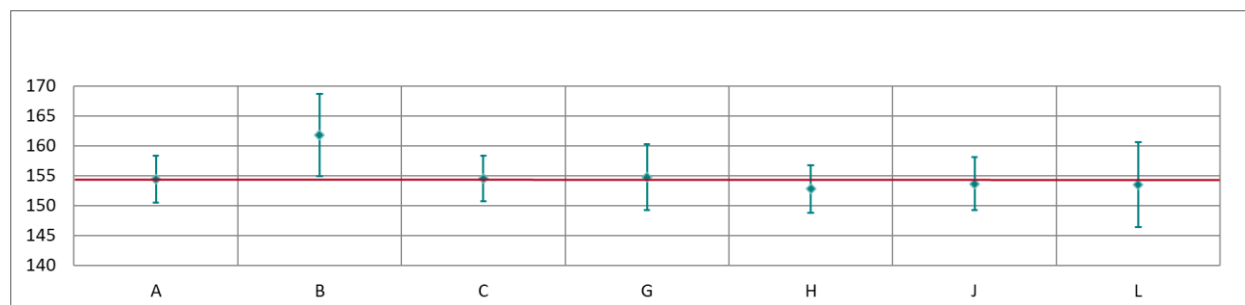


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 63: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 154,3$ $s^* = 1,53$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	154,4	162,1	154,6	154,6	152,9	153,7	153,4	
$x_{i,2}$	154,5	161,8	154,5	154,7	152,7	153,7	153,5	
$x_{i,3}$	154,5	161,6	154,5	155,1	152,8	153,6	153,5	
X_i	154,5	161,8	154,5	154,8	152,8	153,6	153,5	
S_i	0,05	0,25	0,06	0,26	0,10	0,05	0,06	
$u(x_i)$	1,96	3,44	1,93	2,75	1,99	2,23	3,54	
$U(x_i)$	3,92	6,87	3,85	5,50	3,98	4,46	7,09	

Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).Tabelle 64: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 11 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 11 $x^* = 21,7$ $s^* = 0,59$

	Teilnehmer							
	A	B	C	G	H	J	L	
$x_{i,1}$	22,1	22,2	22,2	20,9	21,3	22,0	21,7	
$x_{i,2}$	22,1	22,2	22,2	20,9	21,3	22,0	21,8	
$x_{i,3}$	22,1	22,2	22,2	20,8	21,3	21,8	21,8	
X_i	22,1	22,2	22,2	20,9	21,3	21,9	21,8	
S_i	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,09	0,06	
$u(x_i)$	0,84	0,25	0,50	0,86	0,65	0,75	0,96	
$U(x_i)$	1,69	0,51	1,00	1,71	1,30	1,50	1,93	

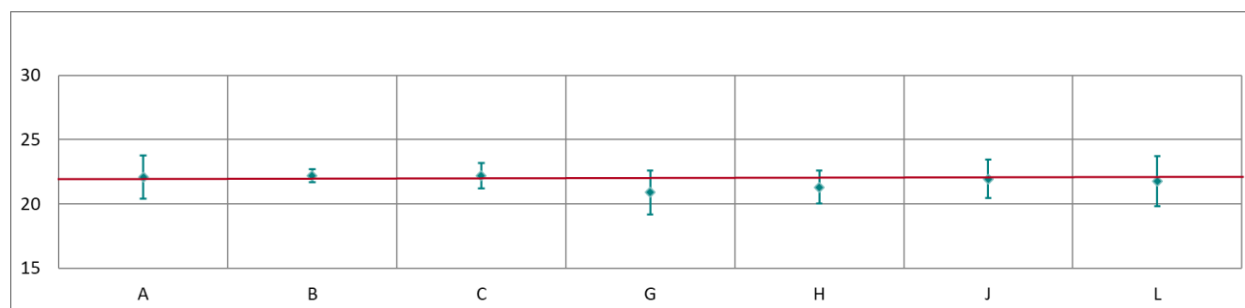
Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 65: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 12 $x^* = 26,4$ $s^* = 0,74$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	26,2		26,9	26,3	25,2	27,2	26,3
$x_{i,2}$	26,2		26,9	26,4	25,6	27,0	26,3
$x_{i,3}$	26,1		26,9	26,5	25,5	27,1	26,3
$X_{i,}$	26,2		26,9	26,4	25,4	27,1	26,3
$S_{i,}$	0,05		0,00	0,10	0,21	0,07	0,00
$u(x_i)$	0,72		0,52	0,94	0,70	0,75	1,13
$U(x_i)$	1,44		1,04	1,89	1,40	1,50	2,26

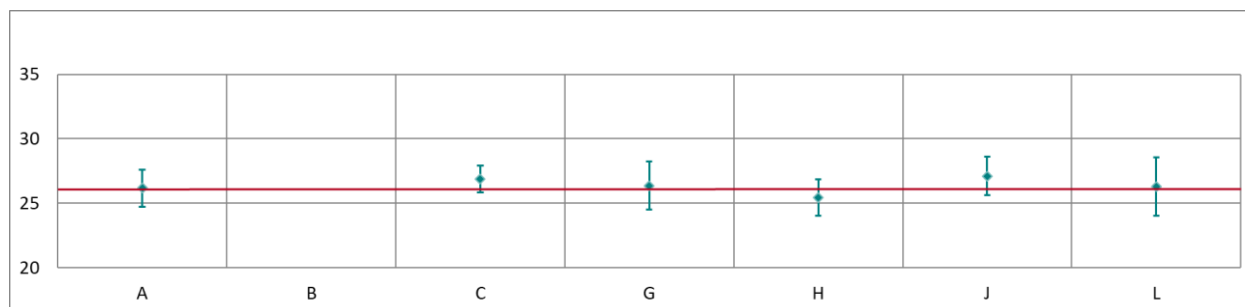


Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 66: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 13 $x^* = 17,8$ $s^* = 0,58$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	17,3		18,1	18,3	17,0	18,1	17,5
$x_{i,2}$	17,3		18,1	18,1	17,0	18,0	17,7
$x_{i,3}$	17,5		18,3	17,8	17,0	18,5	17,6
$X_{i,}$	17,4		18,2	18,1	17,0	18,2	17,6
$S_{i,}$	0,11		0,12	0,25	0,00	0,24	0,10
$u(x_i)$	0,80		0,70	0,93	0,68	0,75	1,14
$U(x_i)$	1,59		1,40	1,85	1,36	1,50	2,27

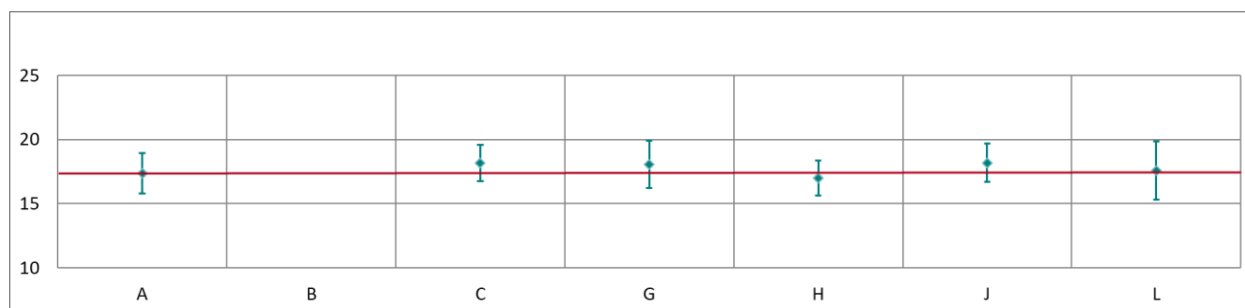


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 67: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 16,0$ $s^* = 0,45$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	16,0	16,1	16,3	16,6	15,5	15,9	15,7
$x_{i,2}$	16,0	16,1	16,2	16,6	15,5	15,9	15,7
$x_{i,3}$	15,9	16,0	16,2	16,6	15,5	16,1	15,5
X_i	16,0	16,1	16,2	16,6	15,5	16,0	15,6
S_i	0,04	0,06	0,06	0,04	0,00	0,09	0,12
$u(x_i)$	0,82	0,25	0,70	0,84	0,56	0,75	0,91
$U(x_i)$	1,64	0,50	1,40	1,68	1,12	1,50	1,81

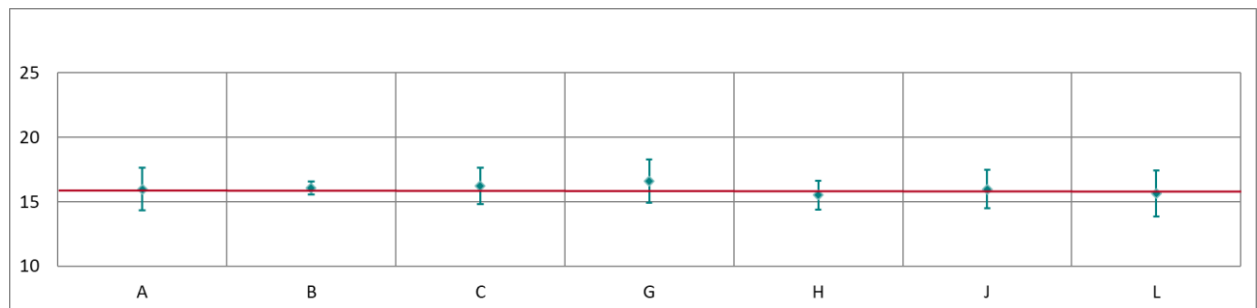


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 68: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,15$

	Teilnehmer						
	A	B	C	G	H	J	L
$x_{i,1}$	0,2	0,2	0,0	0,7	0,0	0,1	-0,1
X_i	0,2	0,2	0,0	0,7	0,0	0,1	-0,1
S_i							
$u(x_i)$	1,01	0,56	0,70	0,81	0,40	0,75	0,86
$U(x_i)$	2,02	1,11	1,40	1,62	0,80	1,50	1,73

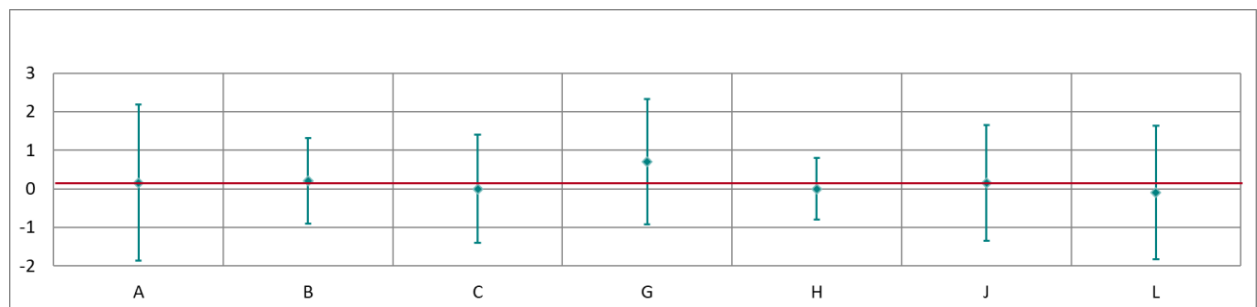


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Anhang D: FRAGEBÖGEN

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

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO

5. bis 8. Oktober 2020

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Umweltbundesamt GmbH / Messnetz

Namen der Teilnehmer: Franz Zimmerl

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)	154,0/154,0
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,00 nmol/mol NO
Hersteller	Messer Schweiz # 5748F
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Nein

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

Kalibrierschein 059/2020 vom 09.06.2020 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

Tragbare Nullluftanlage

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 #1151 770 018

Baujahr: 09/2015

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

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

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile SO ₂ (in nmol/mol)	158,4
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,38 nmol/mol
Hersteller	Messer Schweiz # D 358510
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Nein

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

Kalibrierschein 060/2020 vom 10.06.2020 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

Tragbare Nullluftanlage

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Fisher

Modell: TEI 43iTL # 131 4057 778

Baujahr: 07/2013

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:

$U_{SO_2} = \text{Wurzel} (u^2_{Kal} + u^2_{repeat} + u^2_{LoF})$

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

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile CO (in $\mu\text{mol/mol}$)	1,51
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,100 $\mu\text{mol/mol}$
Hersteller	Air liquide # DOTHE
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Nein

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

Kalibrierschein 065/2020 vom 22.06.2020 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

Tragbare Nullluftanlage

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 370 # LGL3 ANAN

Baujahr: 04/2010

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

2

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

linear

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

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

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 5. bis 8. Oktober 2020

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?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	0 | 782,4 nmol/mol NO, 786,8 nmol/mol NO _x
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0 | 11,74 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 # APEX1257578, Zertifikat Nr. C1662310.02

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 2256

Baujahr: 2016

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 (0 | 782,4 nmol/mol)

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Erweiterte Messunsicherheit NO:

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

Erweiterte Messunsicherheit NO₂:

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

$u_{(rep.NO)}$	...Messunsicherheit des jeweiligen NO HMW	
$u_{(rep.NO_x)}$	...Messunsicherheit des jeweiligen NO _x HMW	
$u_{(cal)}$	...Messunsicherheit Kalibrator (siehe Prüfschein)	... 0,78%
$u_{(lin.NO)}$	...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO	... 0,71 %
$u_{(lin.NO_x)}$	...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO _x	... 0,85 %
$u_{(technik)}$	...Messunsicherheit Techniker und restliche Umwelteinflüsse	... 0,50 %

Minimale Messunsicherheit (unter anderem für den Nullpunkt) wurden mit 0,5 nmol/mol für NO und 0,75 nmol/mol NO₂ angenommen.

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

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

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach 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:

3 SO₂**3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

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

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

Verwendetes Nullgas:

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

Proficiency testing round for NO/NO₂ SO₂ and CO from 5th to 8th October 2020

Questionnaire on instruments and calibration standards

organisation: Orion SRL
name of participant: Elisa Spano/ Andrea Oro
contact/address: Via A. Volta 25/B 35030 Veggiano (PD) - Italy
telephone number: +39 049.9006911
email: e.spano@orion-srl.it

1 NO/NO₂*

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

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

Amount of NO/NO _x (in nmol/mol)	
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	
Manufacturer	
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	
Dilution method (if yes which/no)	

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

Zero gas used:

1.2 Procedure at the proficiency testing round:

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

1.3 Which analyzer was used?

Manufacturer:

Modell:

Year of construction:

1.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points:

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

The uncertainty of the results is based on following calculation:

2 SO₂**2.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?**

Amount of SO ₂ (in nmol/mol)	36
	72
	108
	144
	171
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	3%
Manufacturer	SIAD
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	SIAD, Laboratorio di Metrologia. S.S. 525 del Brembo, 1 24040 Osio Sopra (BG)
Dilution method (if yes which/no)	Dilution of 15,00 µmol/mol SO ₂ with zero gas by Thermo 146iQ

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

Calibration of mass flow controllers (mass flow controllers in Thermo 146iQ SGS certified Accredia LAT SGS No. 159-1352-1410).

Calibration of gas mixture (pressure cylinder used with Thermo 146iQ SIAD certified Accredia RMP No. 143 C009420).

Used zero gas: silica gel, active carbon, Purafil, Pt based catalyst

2.2 Procedure at the proficiency testing round:

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

2.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: Thermo Scientific

Modell: 43iQ

Year of construction: 2019

2.4 Evaluation of the results:

Number of calibration points: 6

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

The uncertainty of the results is based on following calculation:

$$USO_{2k=2} = 2 \cdot \sqrt{u_{cal}^2 + u_{lin}^2 + u_s^2}$$

3 CO

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

Amount of CO (in µmol/mol)	4
	8
	12
	16
	19
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	3%
Manufacturer	SIAD
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	SIAD, Laboratorio di Metrologia. S.S. 525 del Brembo, 1 24040 Osio Sopra (BG)
Dilution method (if yes which/no)	Dilution of 1500,3 µmol/mol CO with zero gas by Thermo 146iQ

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

Calibration of mass flow controllers (mass flow controllers in Thermo 146iQ SGS certified Accredia LAT SGS No. 159-1352-1410).

Calibration of gas mixture (pressure cylinder used with Thermo 146iQ SIAD certified Accredia RMP No. 143 C009720).

Used zero gas: silica gel, active carbon, Purafil, Pt based catalyst

3.2. Procedure at the proficiency testing round:

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

3.3. Which analyzer was used?

Manufacturer: Thermo Scientific

Modell: 48iQ

Year of construction: 2019

3.4. Evaluation of the results:

Number of calibration points: 6

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

The uncertainty of the results is based on following calculation:

$$UCO_{k=2} = 2 \cdot \sqrt{u_{Cal}^2 + u_{Lin}^2 + u_s^2}$$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 5. bis 8. Oktober 2020

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Landesagentur für Umwelt – Labor für Luftanalysen und Strahlenschutz
Namen der Teilnehmer: Günther Kerschbaumer und Oswald Vigl
Kontakt: Amba Alagi Straße 5 – 39100 Bozen (I)
Telefonnummer: +390471417140
E-Mail: guenther.kerschbaumer@provinz.bz.it – oswald.vigl@provinz.bz.it

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	799,9/800,5 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+/- 1,1%
Hersteller	SIAD
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Accredia LAT143 cert.#G009919
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).

SIAD, Flasche #544627, Kalibrierschein cert.#G009919 Accredia LAT

Verwendetes Nullgas:

Nullluftgenerator Teledyne API T701 int.sn. Nr.19 mit angeschlossenem CO-Converter, Taupunktsensor EE371 und Bypass.

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370 – sn WXW99A82 interne S.Nr.30

Baujahr: 2015

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero / Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

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

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile SO ₂ (in nmol/mol)	198,6 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,0%
Hersteller	Air Liquide #7403F
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Abgleich an LfU Bozen mittels dynamischer Verdünnung VSL PRM + Molbox1#1016
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	nein

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

Verwendetes Nullgas:

Nullluftgenerator Teledyne API T701 int.sn. Nr.19 mit angeschlossenem CO-Converter, Taupunktsensor EE371 und Bypass.

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: TEI43i-TLE sn. 06262176 (int.sn.04 Labor Referenzgerät)

Baujahr: 2007

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero / Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (CO in µmol/mol)	15,20 µmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in µmol/mol od. %	2 %
Hersteller	Messer #A9073
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Zertifiziert durch UBA Wien Kalibrierschein nr. 069/2019
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).

Zertifiziert durch UBA Wien Kalibrierschein nr. 069/2019

Verwendetes Nullgas:

Nullluftgenerator Teledyne API T701 int.sn. Nr.19 mit angeschlossenem CO-Converter, Taupunktsensor EE371 und Bypass.

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 360 sn 205006 (int.sn.10 Labor Referenzgerät)

Baujahr: 2003

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: Zero / Span

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

Eignungsprüfung für NO/NO₂, SO₂ und CO 5. bis 8. Oktober 2020

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 (HA0603) 888/894nmol/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 027/2020 vom 19.02.2020

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

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (SO ₂ in nmol/mol)	Transferkalibrator (HA0602) 163 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,5% (k=2)
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt GmbH Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnung mit SO ₂ Permeation

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 019/2020 vom 13.02.2020

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2012

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_{SO_2} = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{rNO}^2}$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

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

Rückführung Umweltbundesamt GmbH Wien Kalibrierschein 010/2020 vom 05.02.2020

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA 360

Baujahr: 2001

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_{\text{CO}} = \text{Wurzel}(u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{r NO}}^2)$

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 5. bis 8. Oktober 2020

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für 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)	873,2nmol/mol/ 879,4nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0,75%
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja interne Nullluft

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

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

1.2 Vorgehen 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: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

2 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung?

Stoffmengenanteile SO ₂ (in nmol/mol)	169,6 nmol/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: intrene Nullluft

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APSA-370

Baujahr: 2009

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \text{Wurzel}(u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_r^2)$

3 CO

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung?

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	22,99 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,75%
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja interne Nullluft

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

Verwendetes Nullgas: intrene Nullluft

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APMA-370

Baujahr: 2009

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Ringversuch für NO/NO₂, SO₂ und CO 5. bis 8. Oktober 2020

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für 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)	781,5/786,2
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,7nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nullluftherzeugung

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

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts, Kalibrierschein 026/2020

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 SO₂

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile SO ₂ (in nmol/mol)	139,2
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,33
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Permeation und interner Nulllufferzeugung

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

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts, Kalibrierschein 021/2020

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

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APSA 370

Baujahr: 2011

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

3 CO**3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

Stoffmengenanteile (CO in $\mu\text{mol/mol}$)	16,42
Erweiterte Unsicherheit (U) in $\mu\text{mol/mol}$ od. %	0,246
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nullluftherzeugung

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

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts, Kalibrierschein 023/2020

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

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APMA 370

Baujahr: 2011

3.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Erfahrungswerte der letzten Jahre

ANHANG E: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

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

E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

- O₃: (auch zur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung):
Platz 1: TEI 49C, S/N 64071-341
Platz 14: TEI 49i, S/N 1317957903

- SO₂: Platz 1: TEI 43 cTL, S/N 61892-333
Platz 14: TEI 43 iTLE S/N: 1182920003

- CO: Platz 1: APMA 360CE, S/N 8907040114
Platz 14: APMA 370, S/N F0R0BX0T

- NO: Platz 1: Horiba APNA 370, S/N: TLK34DAG
Platz 14: Horiba APNA 370, S/N: 300DPVAE

E2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2020 eingesetzt:

Tabelle 62: Eingesetzte Verdünnungsgase bei der Eignungsprüfung 2020.

	Hersteller	Stoffmengenanteil	Analysetoleranz des Herstellers	Trägergas
NO	Air Liquide (AL) CL9TL	135 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂
SO₂	Messer A2370	40,5 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂
CO	Air Liquide (AL) D6GAH	4879 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂

E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen

Während der Eignungsprüfung wurden die Temperaturwerte im Messraum und im Raum der Gasmischanlage gemessen und aufgezeichnet. Zusätzlich wurden der barometrische Luftdruck und die Taupunkttemperatur des Trägergases im Raum der Gasmischanlage gemessen und dokumentiert. Die durchschnittliche Raumtemperatur betrug 23,7°C. Aufgrund der für diesen Ringversuch geltenden Corona-Maßnahmen wurden untertags im Messraum die oberen Fenster geöffnet um einen dementsprechenden Luftaustausch zu gewährleisten, die Klimaanlage musste daher nicht eingeschaltet werden. Es wurde eine Minimaltemperatur von 21,5°C und eine Maximaltemperatur von 26,4°C aufgezeichnet. Aufgrund der Temperaturbandbreite, in der die Immissionsmessgeräte bei der Typprüfung getestet werden (5°C – 40 °C) stellen die gemessenen Maximaltemperaturen naturgemäß kein Problem dar. Der mittlere barometrische Luftdruck betrug 99436 Pa, maximal wurden 100270 Pa, minimal 98803 Pa gemessen. Die mittlere Taupunkttemperatur des Trägergases lag knapp unter -60°C. Deswegen wurden wegen Messbereichsunterschreitung der Datenerfassung mit Ausnahme der letzten 1,5 Stunden -59,64°C bis -59,76°C keine Daten erfasst.

E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität

Homogenität bzw. Stabilität von Prüfgegenständen können an einer Ringversuchsanlage nur durch Messungen am Beginn und am Ende der Leitung sichergestellt werden.

Die Überprüfung der Ringleitung auf Verunreinigungen erfolgt mit Ozon, da diese Komponente am empfindlichsten auf Verunreinigungen reagiert. Dazu wird über einen bestimmten Zeitraum (zumindest 2 Stunden) ein Stoffmengenanteil in der Größenordnung von 150–200 nmol/mol Ozon erzeugt und mit den kalibrierten Messgeräten auf Platz 1 und auf Platz 14 gemessen. Diese Messwerte werden als Minutenmittelwerte aufgezeichnet und über den gesamten Zeitraum der Messung verglichen. Der absolute Verlust von Ozon darf einen Wert von kleiner gleich 1 nmol/mol nicht übersteigen.

Bei der Überprüfung der Ringleitung auf Verunreinigungen am 02. Oktober 2020, wurden keine Verunreinigungen festgestellt und die Anforderungen wurden eingehalten.

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

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

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

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2020 eingehalten.

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

SO₂: 1,43 nmol/mol

CO: 0,05 µmol/mol

NO, NO₂: 2,24 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 TeilnehmerInnen. Daher sollten diese so gering wie möglich gehalten werden.

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

SO₂: < 1 % oder 2,5 nmol/mol

CO: < 1 % oder 0,3 µmol/mol

NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2020 eingehalten.

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

SO₂: 0,2 nmol/mol

CO: 0,03 µmol/mol

NO, NO₂: 0,7/0,7 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 %.

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:

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

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:

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

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteilen von NO₂ wird, da es aus (NO_x-NO) gebildet wird, die doppelte Streuung des NO₂-Signals als zufälliger Beitrag herangezogen.

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + (4u)_{repeatNO_2}^2 + u_{LoF}^2)} \quad \text{Formel 6}$$

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

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

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

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