

**Eignungsprüfung zur
Immissionsmessung 2019
Auswertung der Eignungsprüfung
für NO/NO₂ und O₃**

**Proficiency Testing for
Gaseous Air Pollutants 2019
Evaluation for NO/NO₂ and O₃**

BERICHT/REPORT

Ausgabe/Edition 1 – 31.03.2020

Dieser Report umfasst 115 Seiten.
This report comprises 115 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

Siegmond Böhmer

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

Koordination Eignungsprüfungen

Marina Fröhlich

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

Genehmigung/Freigabe des Berichts

Leitung Eignungsprüfungen: Siegmond Böhmer

Art des Berichts und Ausgabedatum:

Endbericht; März 2020

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

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 En-Nummer Auswertung	25
5.3 Bias und Messunsicherheit.....	31
6 LITERATURVERZEICHNIS.....	42
ANHÄNGE	43
ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	44
A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit	45
A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen	45
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	46
ANHANG C: VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON CHEMILUMINESZENZ- UND CAPS-MESSUNGEN FÜR NO ₂	48
ANHANG D: BERICHTETE WERTE.....	50
ANHANG E: FRAGEBÖGEN ZUR EIGNUNGSPRÜFUNG.....	75
ANHANG F: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	112
F1 Eingesetzte Referenzmessgeräte	112
F2 Herstellung der Prüfgegenstände.....	112
F3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen	112
F4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität.....	113
F5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte	114

ZUSAMMENFASSUNG

Mitte Oktober 2019 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 Ozon (O₃) und Stickstoffoxide (NO und NO₂) durchgeführt.

Eignungsprüfung zur Immissionsmessung

Die Ergebnisse aller 12 TeilnehmerInnen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37.

Auswerteverfahren

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

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

Bewertungskriterien

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2019 sind insgesamt sehr zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der TeilnehmerInnen wieder.

Für die Komponente O₃ wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten; die Ergebnisse waren vollkommen zufriedenstellend bis zufriedenstellend. Nur zwei aller teilnehmende Organisationen hatten insgesamt drei a3-Bewertungen erhalten; eine teilnehmende Organisation wurde bei den drei Nullgasdurchgängen immer mit a2 bewertet.

Ergebnisse Komponente O₃

Die vorgegebenen Leistungskriterien bei allen Stoffmengenanteilen wurden auch bei der Komponente NO von allen Messgeräten eingehalten. Eine teilnehmende Organisation wurde bei geringen NO Stoffmengenanteilen mehrmals mit a2-bewertet.

Ergebnisse Komponente NO

Für die Komponente NO₂ haben alle Messgeräte vollkommen bis sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Nur eine teilnehmende Organisation hat bei einem hohen Stoffmengenanteil eine a2 Bewertungen erhalten.

Komponente NO₂

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 2020 ist die nächste Eignungsprüfungsrunde für die Luftschadstoffe NO, NO₂, SO₂ und CO geplant.

nächste Eignungsprüfung im Herbst 2020

SUMMARY

- interlaboratory comparison** Mid-October 2019 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparisons for air quality network operators. The test was undertaken at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants ozone (O₃) and nitrogen oxides (NO and NO₂).
- evaluation of measurement results** The results of all 12 participating organisations were interpreted using the same statistical evaluations as they are foreseen for interlaboratory comparisons of the European Air Quality Reference Laboratories – according the AQUILA document N37 „Protocol for intercomparisons exercises”.
- The reference value of each run was assessed by Umweltbundesamt; its robustness was evaluated against the participant’s results (according to ISO 13528).
- criteria for evaluation** The compliance with a common criterion (z'-score) and an individual criterion (E_n-number as well as the measurement uncertainty were evaluated.
- Overall, the results of the proficiency testing of 2019 are highly satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.
- results of O₃** For O₃ all measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations and provided fully satisfactory to satisfactory results. Just two of all participating organizations obtained three a3-evaluations; one participating organization received by all three zero concentrations a2 evaluations.
- results of NO** All NO measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations; One participating organization obtained by low amounts several times a2-evaluations.
- results of NO₂** All NO₂ measurement results complied with the required performance criteria at all concentrations. Almost all analyzers achieved very satisfactory NO₂ results; just one participating organizations received one a2 evaluation by high amounts of NO₂.
- 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 and CO will take place in October 2020.

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 14. bis 17. Oktober 2019 wurden die Messsysteme von 12 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. Anhang C beschreibt den Vergleich der NO₂-Messergebnisse eines Chemilumineszenz-Messgerätes, Horiba APNA-370 und eines CAPS-Messgerätes, einem Teledyne T500U. In Anhang D und Anhang E sind die berichteten Werte und die von den Mitwirkenden ausgefüllten Fragebögen wiedergegeben. Anhang F behandelt die Vorbereitung der Ringversuchsanlage für gasförmige Luftschadstoffe bei der Eignungsprüfung.

Die Identität, die Ergebnisse und die übermittelten technischen Informationen (Anhang E – 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 2019 fand an der Ringanlage des Umweltbundesamtes am Standort Handelskai 102–112 im 20. Wiener Gemeindebezirk statt.

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



TeilnehmerInnen

An der Eignungsprüfung nahmen MesstechnikerInnen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Salzburg, Steiermark, Kärnten, Tirol 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 des 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
iC consulenten Ziviltechniker GesmbH	3	C
Orion SRL	4	D
LfU Bozen	5	E
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	6	F
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	7	G
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	8	H
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	9	I
Amt der Tiroler Landesregierung	10	J
Amt der Burgenländischen Landesregierung	11	K
Amt der Kärntner Landesregierung	12	L
Amt der Salzburger Landesregierung	13	M
Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)	14	N

Ablauf und Aufbau der Eignungsprüfung

Die teilnehmenden Organisationen zogen per Los ihren nummerierten Arbeitsplatz an der Ringversuchsanlage (siehe Tabelle 1). Durch das Verteilen von Fragebögen wurden Angaben zu den verwendeten Messgeräten und Kalibrierstandards eingeholt. Vor dem Messbeginn jeder Komponente der Eignungsprüfung hatten die TeilnehmerInnen Gelegenheit, die Messgeräte mit ihren Standards

zu kalibrieren. Alle verwendeten ihre eigene unabhängige Datenerfassung, wie sie auch im normalen Messbetrieb eingesetzt wird.

Am Arbeitsplatz 1 und 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut und betrieben. Am Messplatz 1 wurden der NO/NO₂-Referenzwert, sowie der O₃-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 O₃
Umweltbundesamt (Referenz Platz 1)	APNA-370	TE 49i
Umweltbundesamt Messnetz	API T200U	API T400
iC consulenten Ziviltechniker GesmbH	API	-
Orion SRL	TE 42i	TE 49i
LfU Bozen	APNA-370 TELEDYNE T500U	TE 49c
Amt der Steiermärkischen Landesregierung	APNA-370	APSA-370
Amt der Niederösterreichischen Landesregierung	APNA-370	APOA-370
Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien	APNA-370	API T400
Amt der Oberösterreichischen Landesregierung	APNA-370	TE 49i
Amt der Tiroler Landesregierung	APNA-370	APOA-370
Amt der Burgenländischen Landesregierung	APNA-370	API T400
Amt der Kärntner Landesregierung	TE 42i	TE 49 I
Amt der Salzburger Landesregierung	APNA-370	API 400
Umweltbundesamt (Homogenität, Platz 14)	APNA-370	TE 49c



*Abbildung 2:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
und Personal der
Eignungsprüfungsstelle.
(© 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 und O₃ beschickt wurde. Den detaillierten zeitlichen Ablauf der Eignungsprüfung gibt Tabelle 3 wieder.

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



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



Abbildung 5:
VertreterInnen der
teilnehmenden
Organisationen
während der
Eignungsprüfung.
(© Umweltbundesamt)





Abbildung 6:
Anordnung der
Arbeitsplätze
gewährleisten eine freie
Zugangsmöglichkeit zu
allen Anschlüssen an
der Geräterückseiten
(© Umweltbundesamt)



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



Abbildung 8:
VertreterInnen
der teilnehmenden
Organisationen
während der
Eignungsprüfung.
(© 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 (14.–17.10.2019).

Beginn	Bezeichnung	Dauer (h)		Nullgas	NO	NO ₂	NO _x	O ₃
				in nmol/mol				
14.10.2019 09:00			Aufbau Einlaufen					
14.10.2019 13:00			Besprechung/ Kalibrierung					
15.10.2019 11:00	NO/NO _x /O ₃ NG1	01:30	Start	0				
15.10.2019 12:30	NO/NO _x 1	02:00			470	10	480	
15.10.2019 14:30	NO/NO _x 2	02:00			420	60	480	
15.10.2019 16:30	NO/NO _x 3	02:00			360	120	480	
15.10.2019 18:30	NO/NO _x 4	02:00			470	10	480	
15.10.2019 20:30	NO/NO _x NG2, O ₃ NG1	01:30		0				
15.10.2019 22:00	NO/NO _x 5	02:00			450		450	
16.10.2019 00:00	NO/NO _x 6	02:00			250	200	450	
16.10.2019 02:00	O ₃ 1	02:00						200
16.10.2019 04:00	NO/NO _x 7	02:00			250		250	
16.10.2019 06:00	NO/NO _x 8	02:00			130	120	250	
16.10.2019 08:00	O ₃ 2	02:00						120
16.10.2019 10:00	NO/NO _x 9	02:00			125		125	
16.10.2019 12:00	NO/NO _x 10	02:00			35	90	125	
16.10.2019 14:00	O ₃ 3	02:00						90
16.10.2019 16:00	NO/NO _x 11	02:00			80		80	
16.10.2019 18:00	NO/NO _x 12	02:00			35	45	80	
16.10.2019 20:00	O ₃ 4	02:00						45
16.10.2019 22:00	NO/NO _x 13	02:00			40		40	
16.10.2019 00:00	NO/NO _x 14	02:00			20	20	40	
17.10.2019 02:00	O ₃ 5	02:00						20
17.10.2019 04:00	NO/NO _x 15	02:00			10	10	20	
17.10.2019 08:00	NO/NO _x 16	02:00			20		20	
17.10.2019 10:00	NO/NO _x 17, O ₃ 6	02:00				20	20	40
17.10.2019 12:00	NO/NO _x NG3 O ₃ NG3	01:30		0				
17.10.2019 13:30		01:30	Ende/Kalibrierung					
17.10.2019 15:00		02:00						

Herstellung der Gasmischungen

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

4 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema in Form eines Flussschemas 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/Teilnehmern berichtete Messunsicherheit kleiner als die Vorgabe, so wird das bestmögliche Resultat in der Eignungsprüfung erzielt.

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

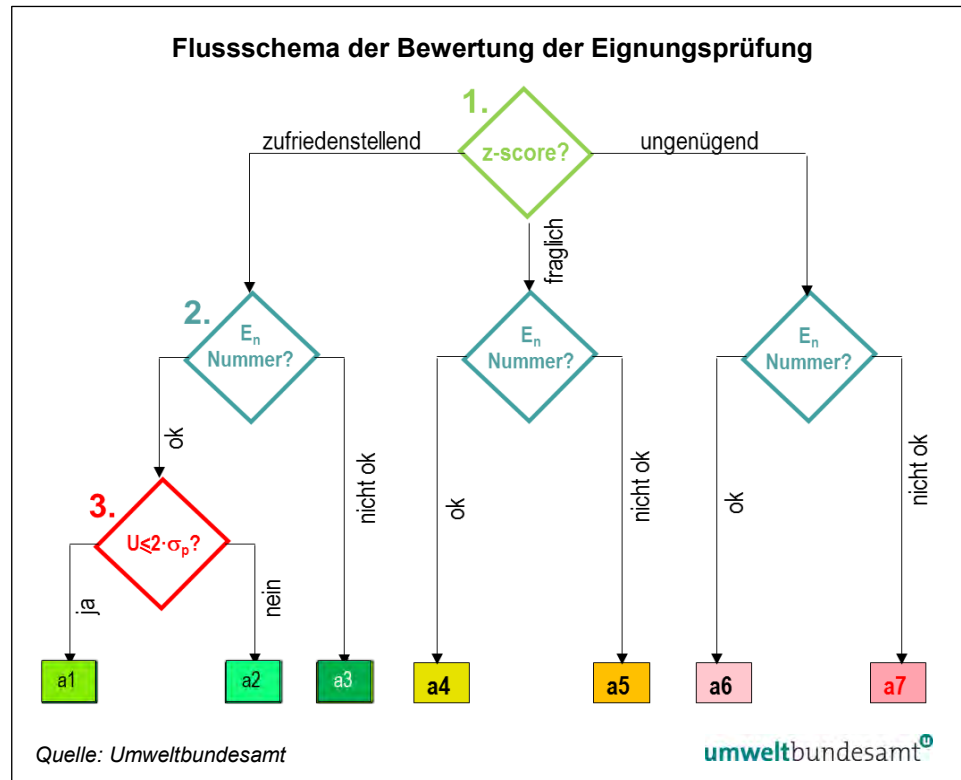
$2\sigma_p$ wird mit der erweiterten Messunsicherheit des Teilnehmers/der Teilnehmerin verglichen.

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

Die Ergebnisse der TeilnehmerInnen der Eignungsprüfung 2019 sind für alle Komponenten und die für die Bewertung herangezogenen Stoffmengenanteile in den folgenden Tabellen dargestellt.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NO (nmol/mol)	NG1	-0,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 1	475,7	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 2	419,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 3	361,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO4	475,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NG2	-0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 5	449,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 6	260,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 7	250,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 8	131,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 9	124,7	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 10	34,1	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 11	79,4	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 12	32,8	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 13	39,3	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 14	17,9	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 15	9,7	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO 16	14,7	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO 17	-0,3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
NG3	-0,4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 5:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO-Messungen der
Eignungsprüfung 2019.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
NO ₂ (nmol/mol)	NG1	0,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 1	14,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 2	70,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 3	127,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 4	15,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NG2	0,4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 5	9,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 6	197,3	a1	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 7	5,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 8	125,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 9	2,6	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 10	93,2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 11	1,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 12	48,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 13	1,1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 14	22,5	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 15	10,9	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
	NO ₂ 16	5,8	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1
NO ₂ 17	20,0	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
NG3	0,4	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	

Tabelle 6:
Evaluierung der
Ergebnisse der
NO₂-Messungen der
Eignungsprüfung 2019.

Tabelle 7:
Evaluierung der
Ergebnisse der
O₃-Messungen der
Eignungsprüfung 2019.

	Lauf Nummer	Referenz wert	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
O ₃ (nmol/mol)	NG1	0,20	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1			a1	a1	
	NG2	0,15	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1			a1	a1	
	O ₃ 1	186,20	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1			a1	a1	
	O ₃ 2	117,63	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1		a1	a1	
	O ₃ 3	88,83	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a3	a1	a1	
	O ₃ 4	45,77	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	O ₃ 5	21,13	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	O ₃ 6	20,13	a1	a1	a1	a3	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	
	NG3	0,15	a1	a2	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1	a1

Ergebnisse Bei der Eignungsprüfung 2019 haben die TeilnehmerInnen G, H, I, L und M durchgehend für alle Komponenten und Stoffmengenanteile die Bewertung a1 erhalten. TeilnehmerIn C hat nur für die Komponente NO und NO₂ teilgenommen und durchgehend für alle Stoffmengenanteile 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 Teilnehmer B durchgehend für alle Komponenten und Stoffmengenanteile a1 Bewertungen. Auch für die Komponente Ozon hat TeilnehmerIn B durchgehend a1-Bewertungen erhalten.

TeilnehmerIn E hat ausschließlich a1-Bewertungen bei O₃ und NO und eine a2-Bewertung bei NO₂ bei hohem Stoffmengenanteil.

TeilnehmerInnen J hat für alle Komponenten und Stoffmengenanteile die bestmögliche Bewertung erhalten; für O₃ waren NG1 bis O₃ 1 Datenausfälle zu verzeichnen. Auch TeilnehmerIn K weist neben durchgehenden a1-Bewertungen für NO und NO₂ bei Ozon zu Messbeginn vier Datenausfälle und eine a3-Bewertung auf.

TeilnehmerIn F hat, neben zwei a3-Bewertungen bei O₃ bei niedrigen Stoffmengenanteilen, bei NO und NO₂ ausnahmslos a1-Bewertungen.

TeilnehmerIn D überschätzte bei NO im niedrigen Stoffmengenanteil die Messunsicherheit ($> \sigma_{PT}$), was zu mehreren a2-Bewertungen führte. Für die Komponente NO₂ wurde nicht teilgenommen. Die Komponente O₃ wurde bei allen drei Nullgasdurchgängen mit a2 bewertet. *Participant D overestimated the measurement uncertainty for NO in low concentrations ($> \sigma_{PT}$), consequently evaluated as a2. Concerning NO₂ candidate D did not participate in that component. O₃ was evaluated by all three zero gas runs with a2.*

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

Komponente O₃ Für die Komponente O₃ wurden die vorgegebenen Leistungskriterien von allen Messgeräten bei allen Stoffmengenanteilen eingehalten; die Ergebnisse waren vollkommen zufriedenstellend bis zufriedenstellend (siehe Tabelle 7).

Für die Komponente NO wurden die vorgegebenen Leistungskriterien bei allen Stoffmengenanteilen von allen Messgeräten eingehalten; Eine teilnehmende Organisation wurde bei geringen NO Stoffmengenanteilen mehrmals mit a2 bewertet (siehe Tabelle 5).

Komponente NO

Für die Komponente NO₂ haben alle Messgeräte vollkommen bis sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt. Nur eine teilnehmende Organisation hat bei einem hohen Stoffmengenanteil eine a2 Bewertungen erhalten. (siehe Tabelle 6).

Komponente NO₂

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.

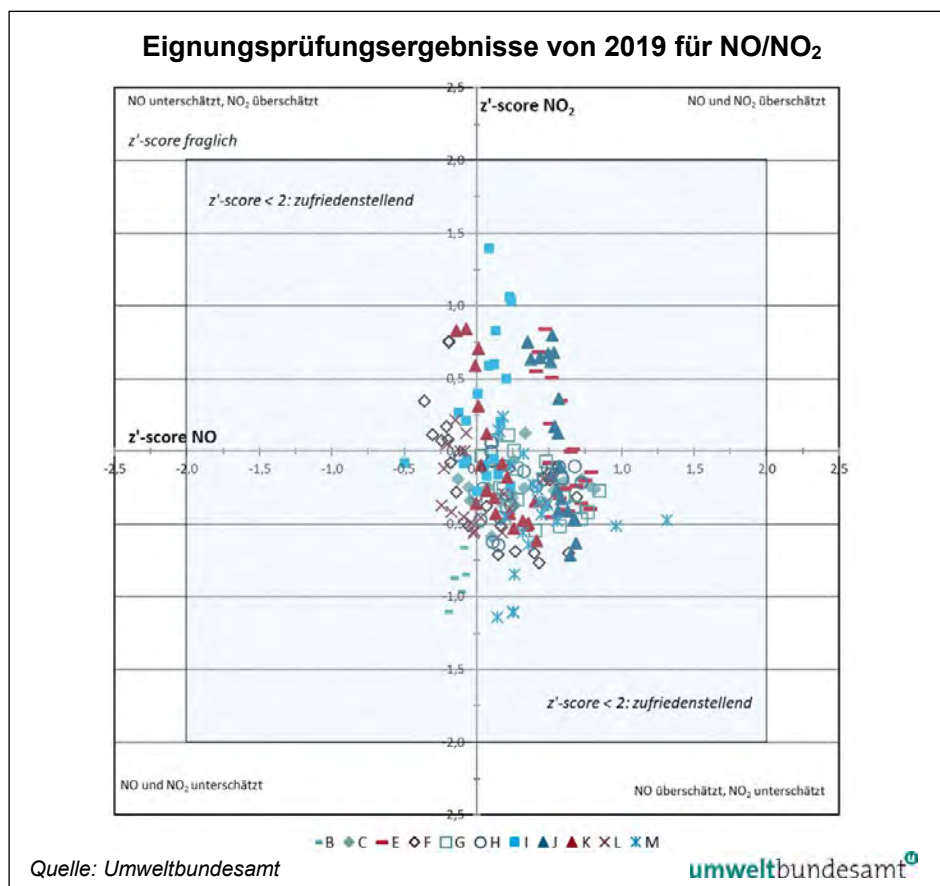


Abbildung 10:
Eignungsprüfungsergebnisse von 2019 für NO/NO₂ – dargestellt in Form des Youden Plot.

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2019 ist hervorragend: Die z'-scores liegen bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von –2 bis +2. Das sehr gute Gesamtergebnis ist auch grafisch gut ersichtlich, da der größte Anteil der Ergebnisse der teilnehmenden Organisationen 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 8:
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 O₃, 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 20).

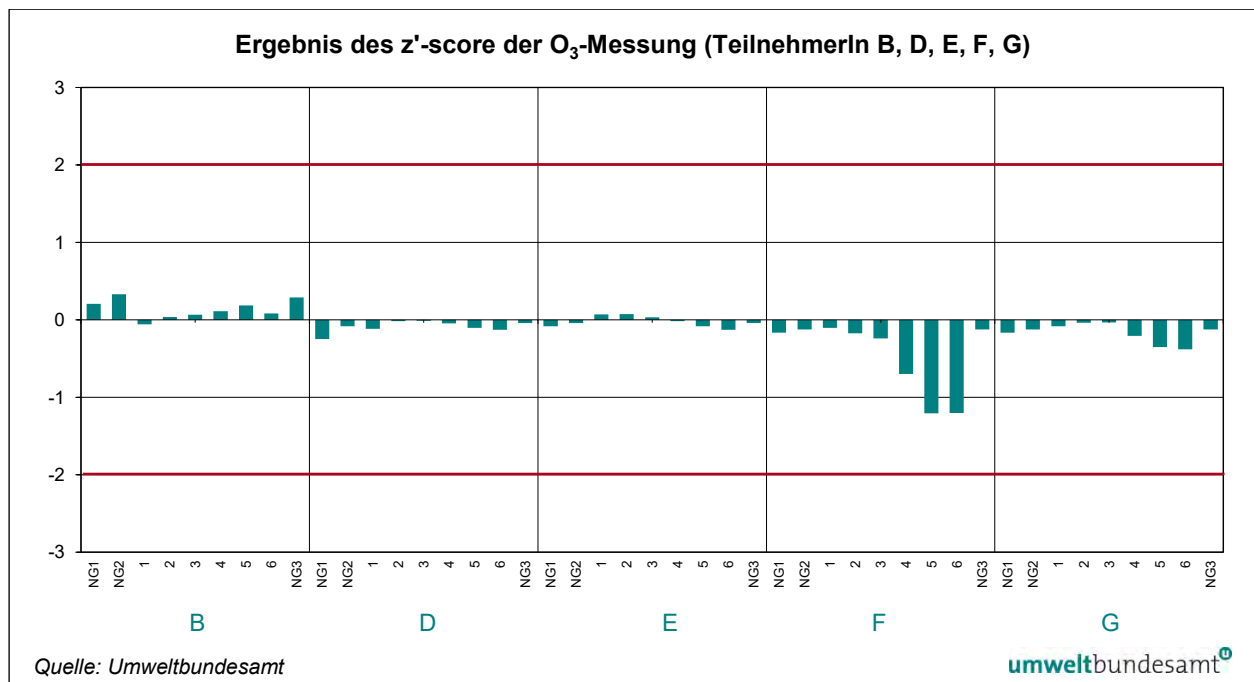


Abbildung 11: Ergebnisse des z'-score der O₃-Messungen (TeilnehmerIn B, D, E, F, G).

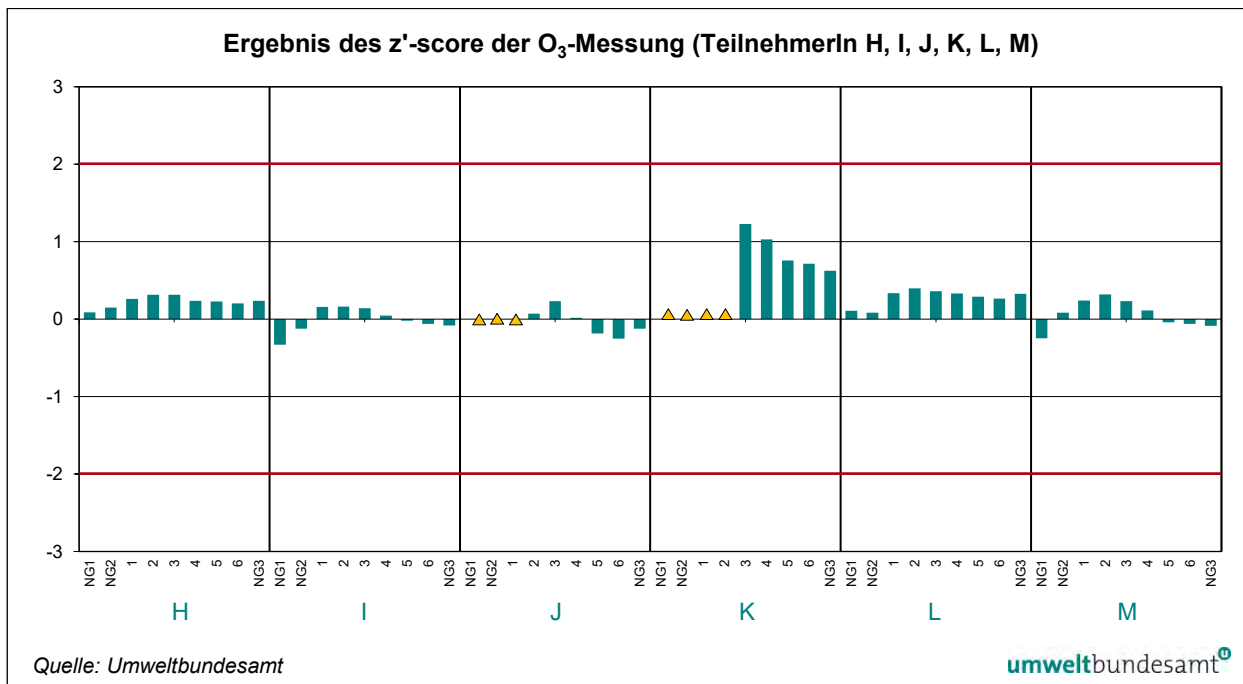


Abbildung 12: Ergebnisse des z'-score der O₃-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J, K, L, M).

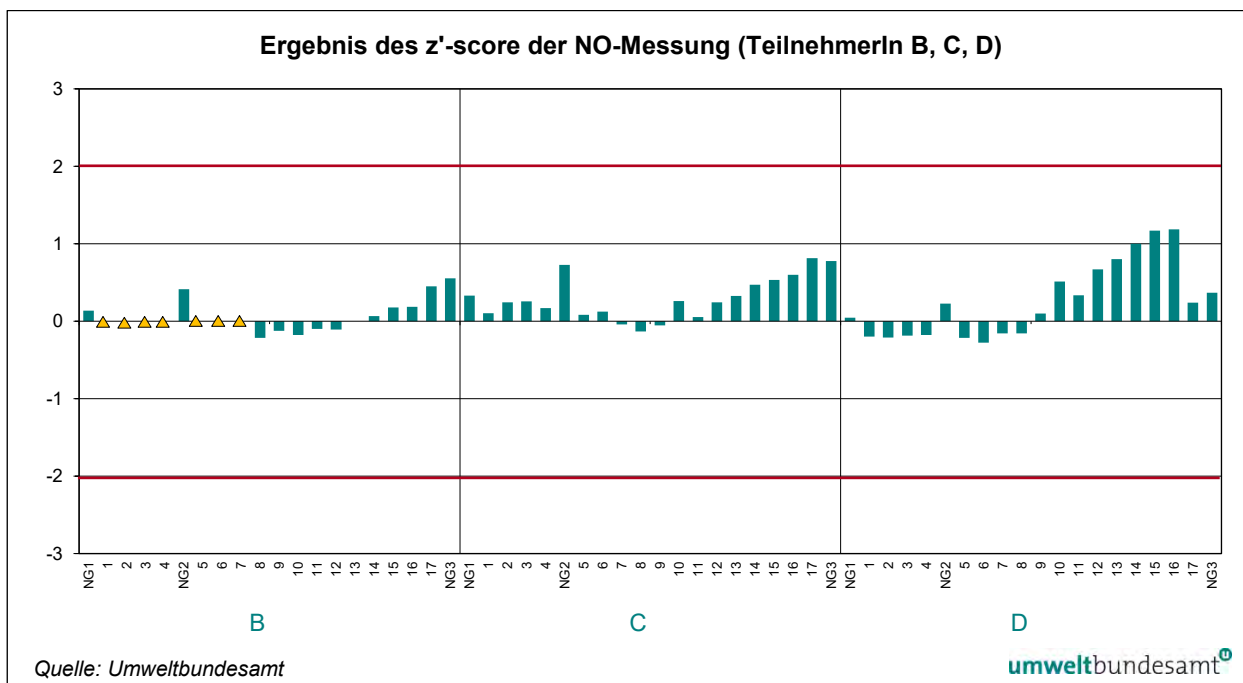


Abbildung 13: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, D).

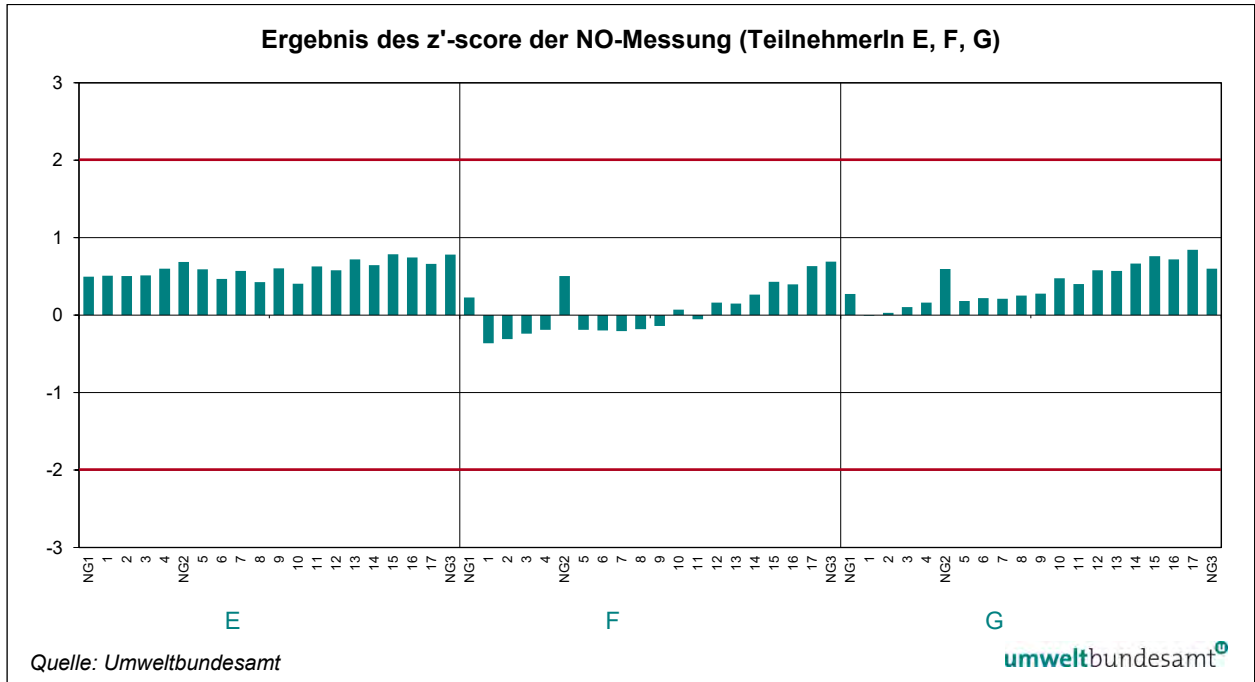


Abbildung 14: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn E, F, G).

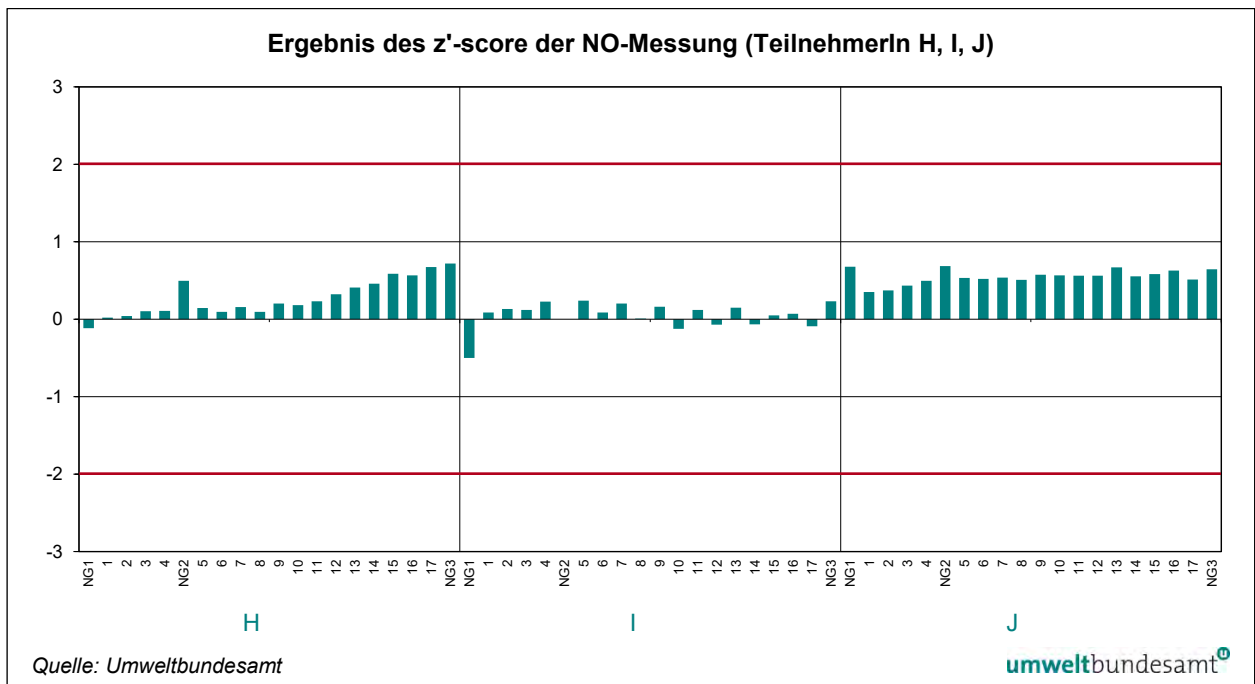


Abbildung 15: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J).

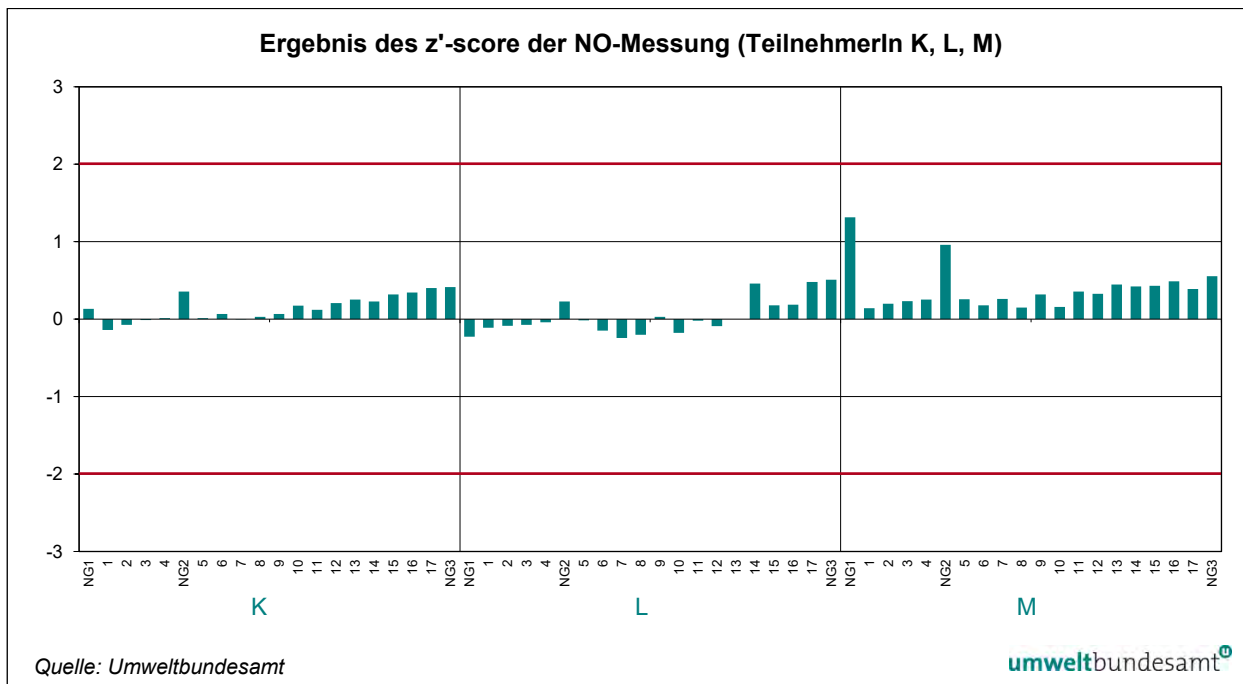


Abbildung 16: Ergebnisse des z'-score der NO-Messungen (TeilnehmerIn K, L, M).

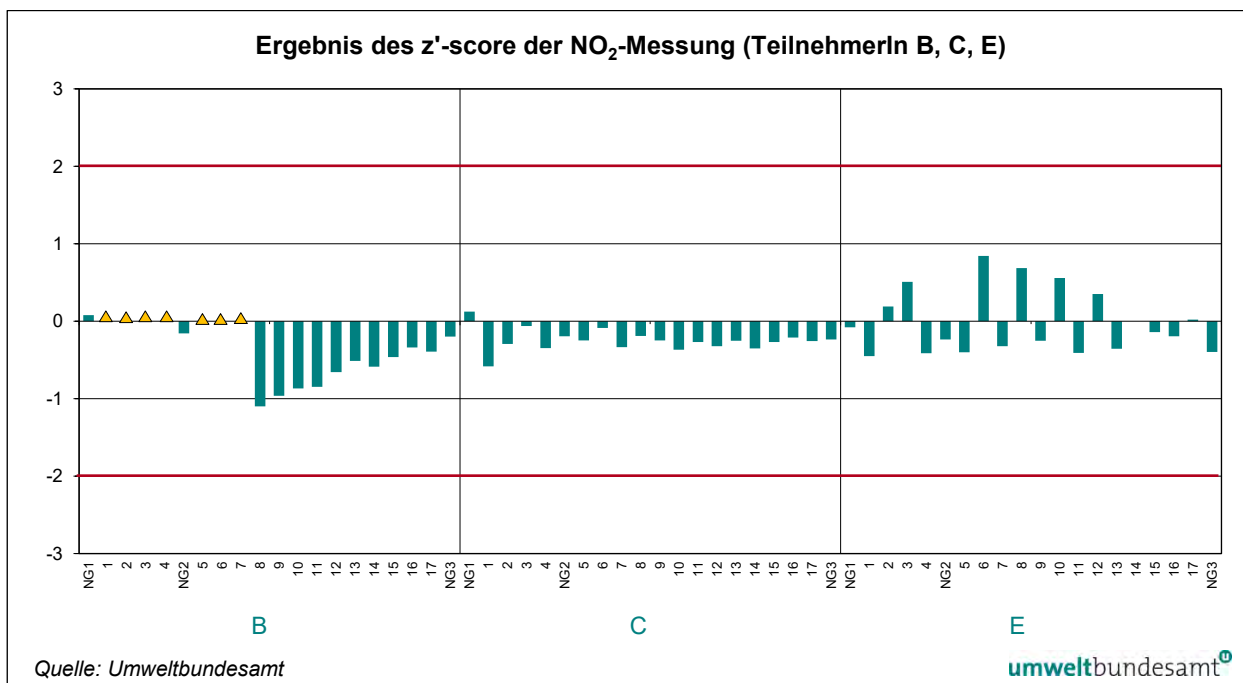


Abbildung 17: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E).

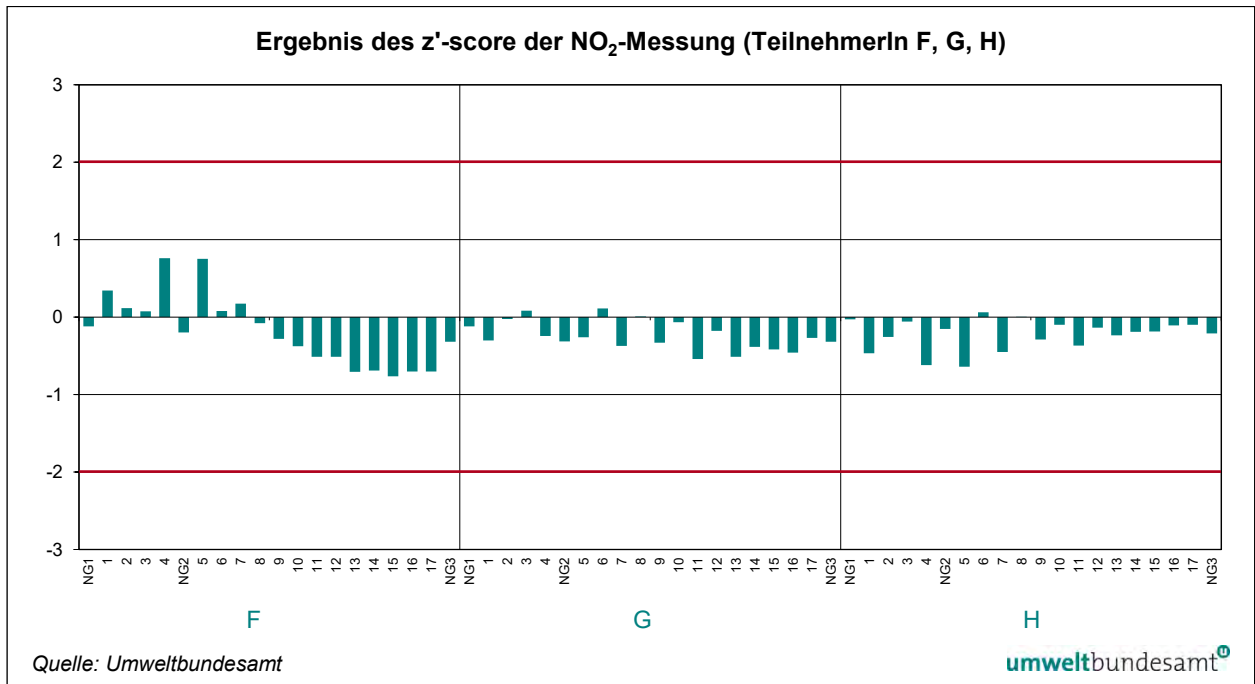


Abbildung 18: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn F, G, H).

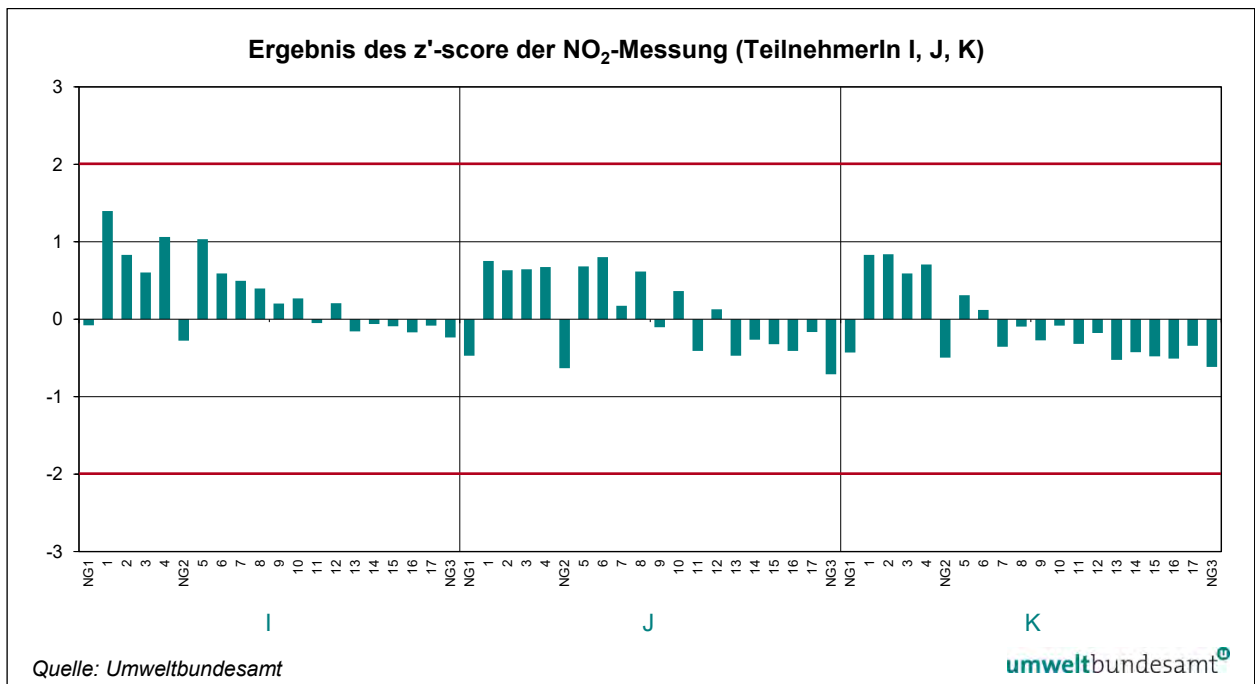


Abbildung 19: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn I, J, K).

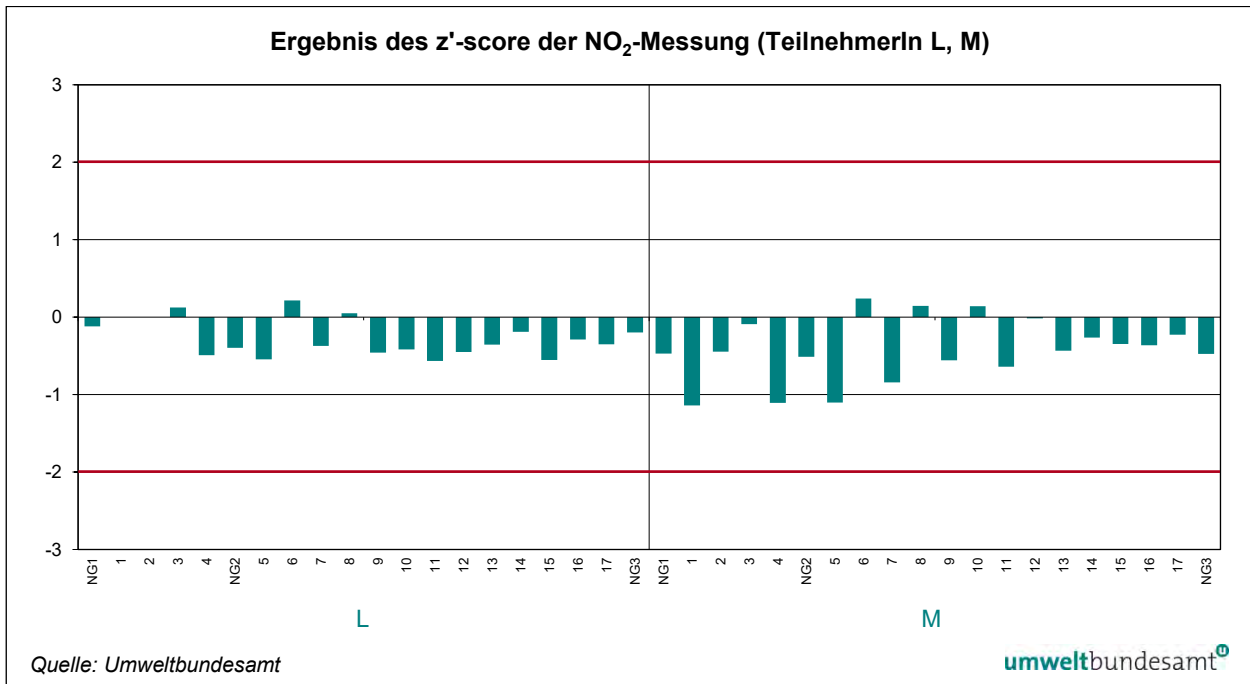


Abbildung 20: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, M).

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.

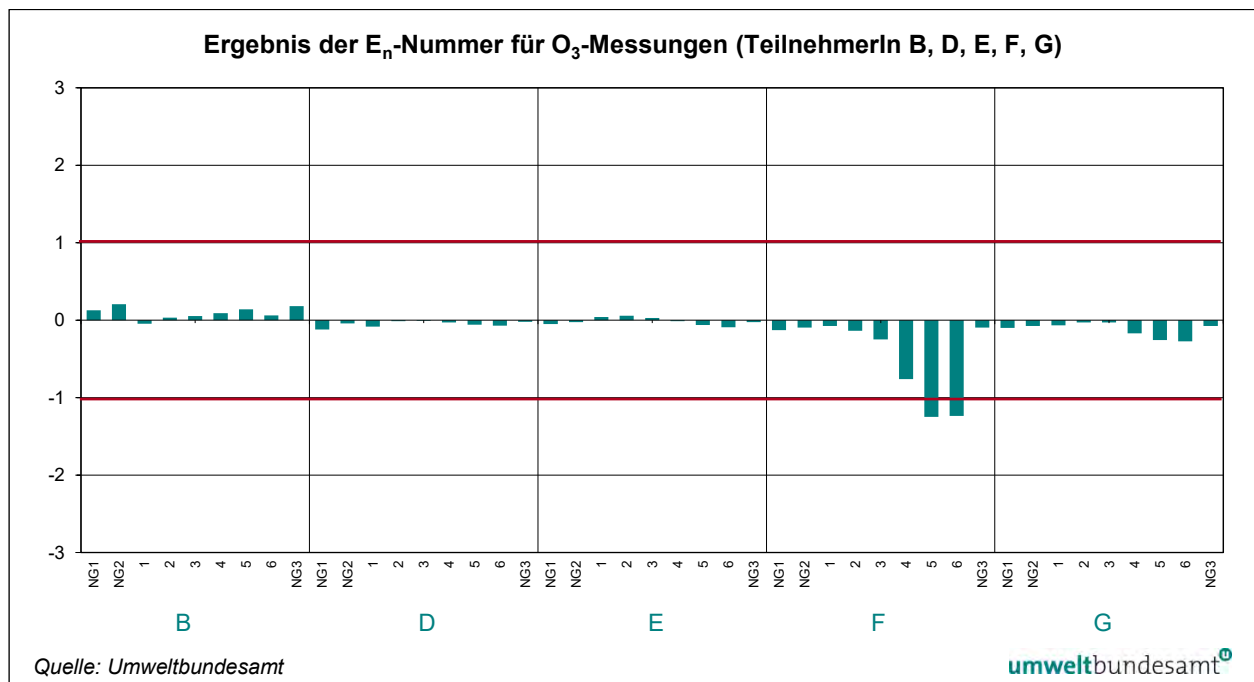


Abbildung 21: Ergebnisse der E_n-Nummer für O₃-Messungen (TeilnehmerIn B, D, E, F, G).

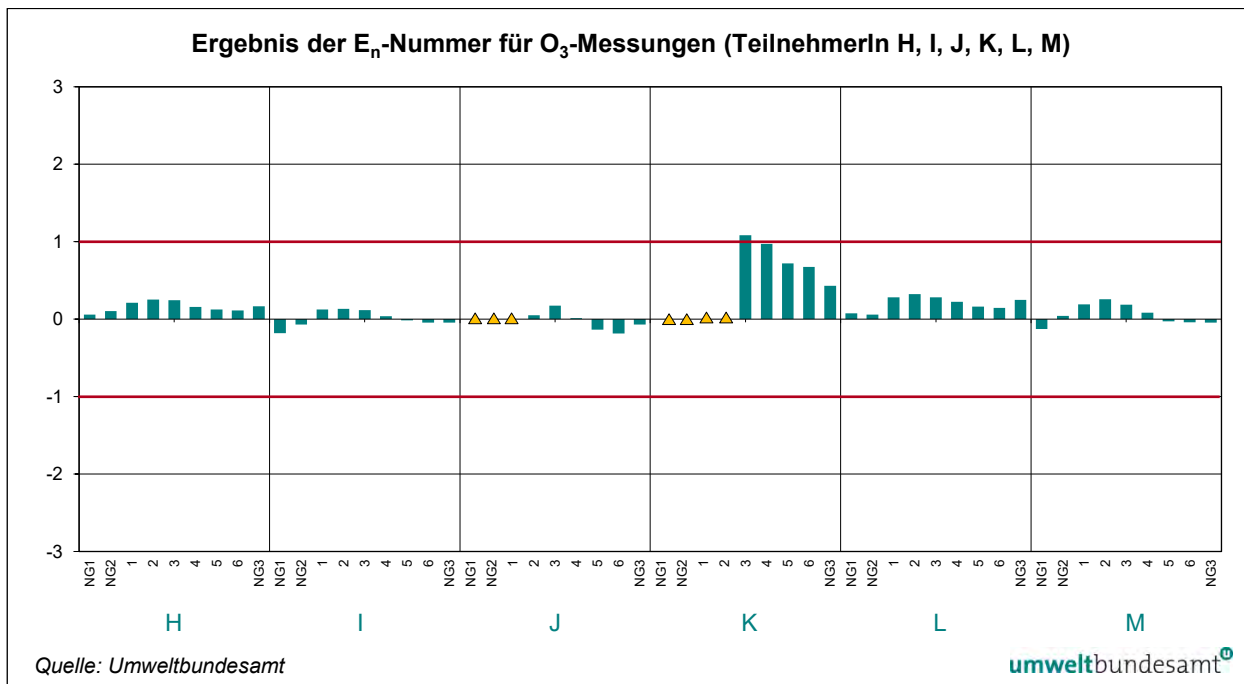


Abbildung 22: Ergebnisse der E_n-Nummer für O₃-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J, K, L, M).

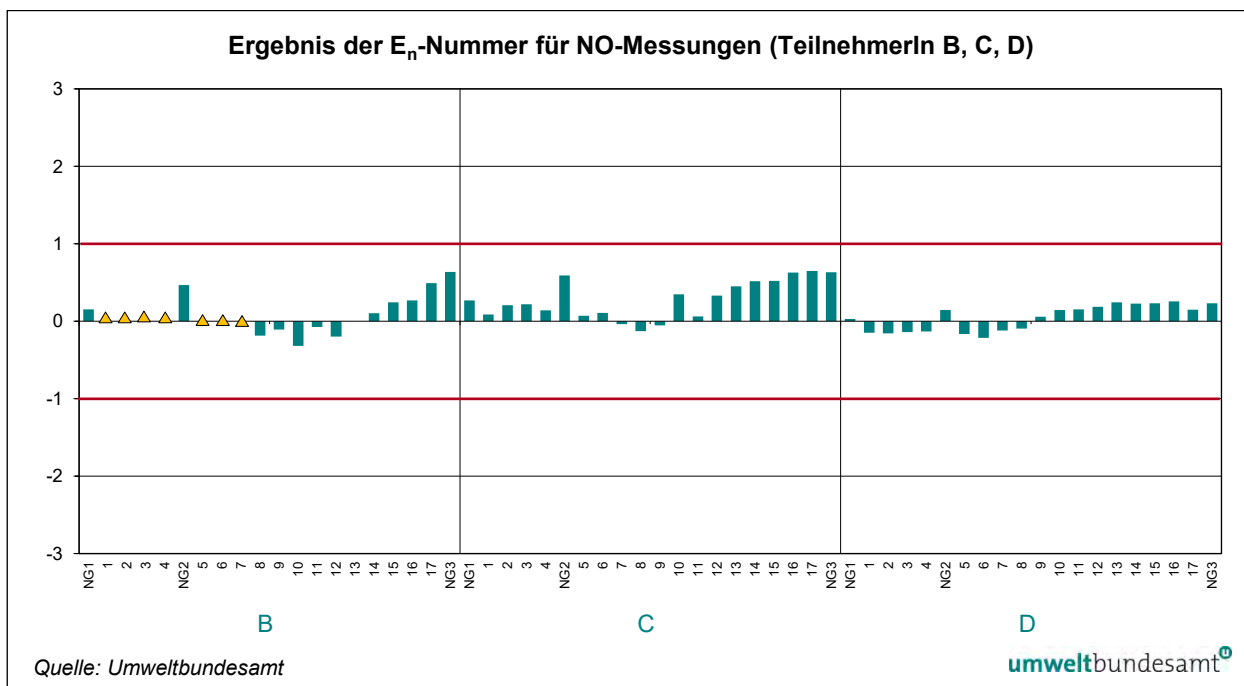


Abbildung 23: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, D).

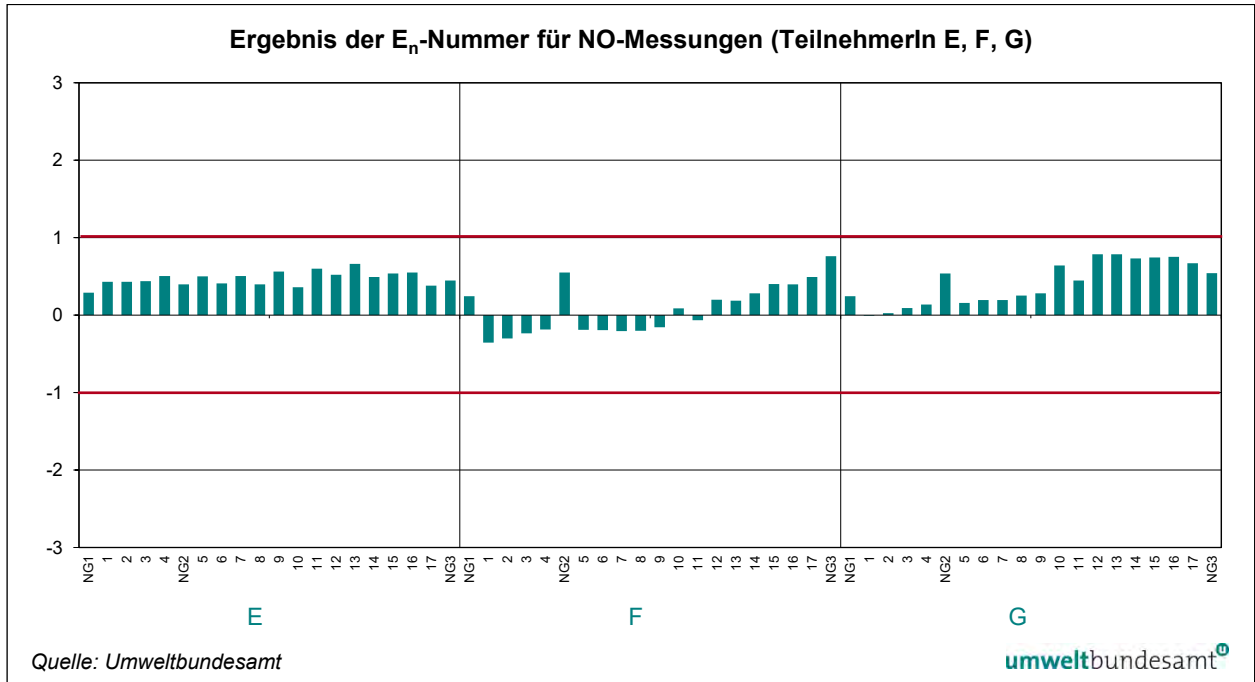


Abbildung 24: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn E, F, G).

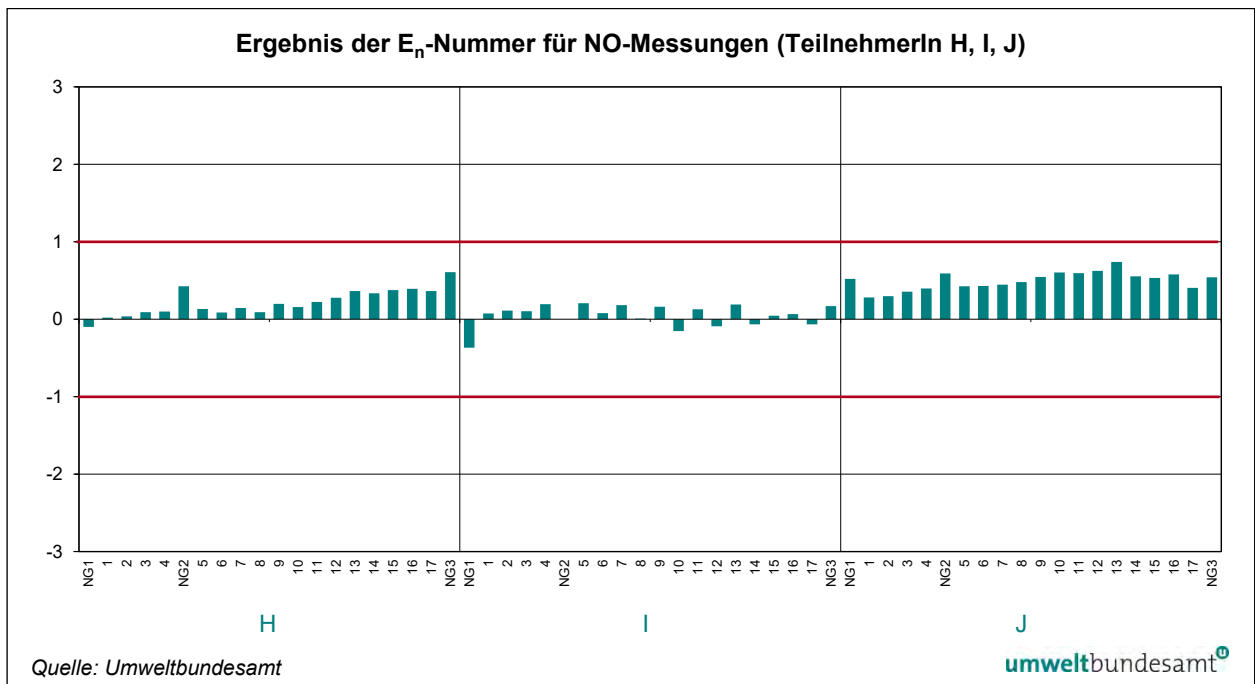


Abbildung 25: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J).

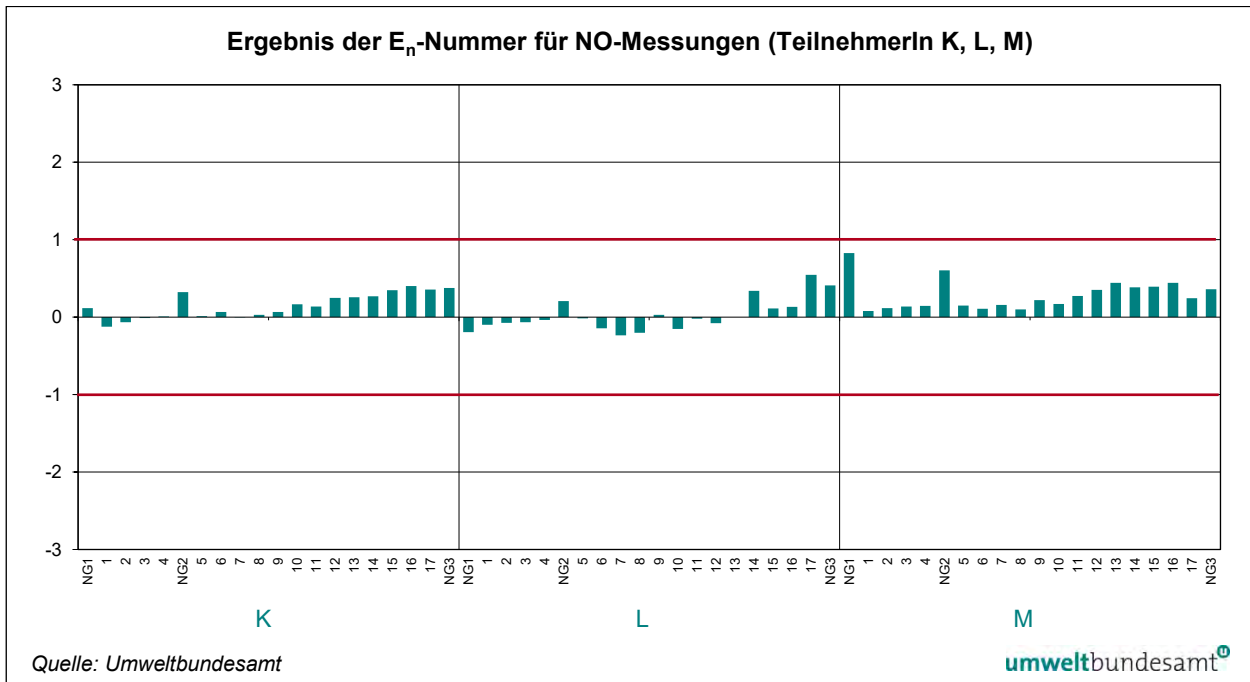


Abbildung 26: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn K, L, M).

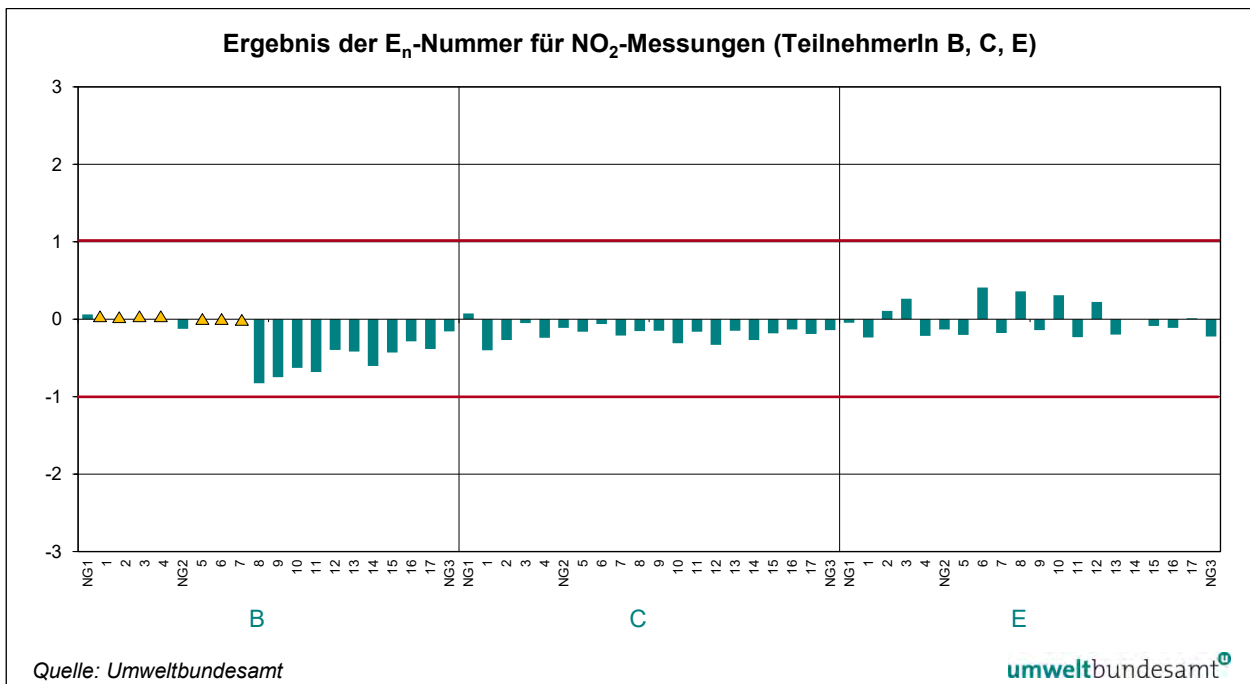


Abbildung 27: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E).

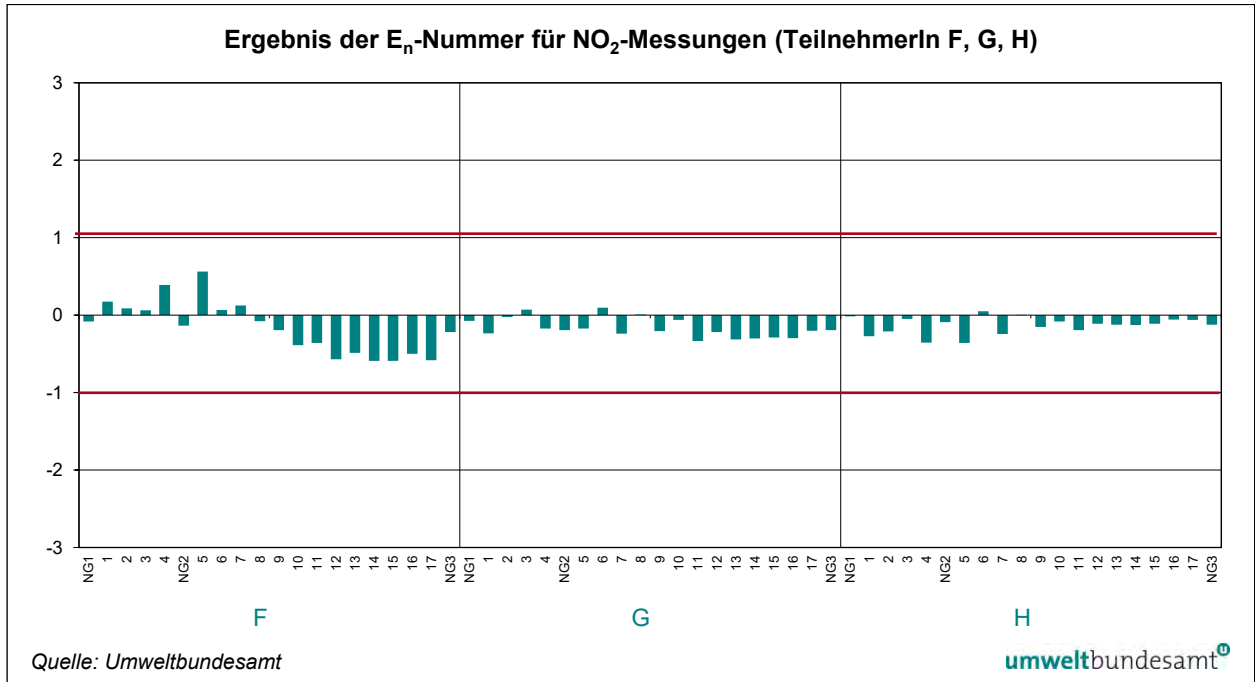


Abbildung 28: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (TeilnehmerIn F, G, H).

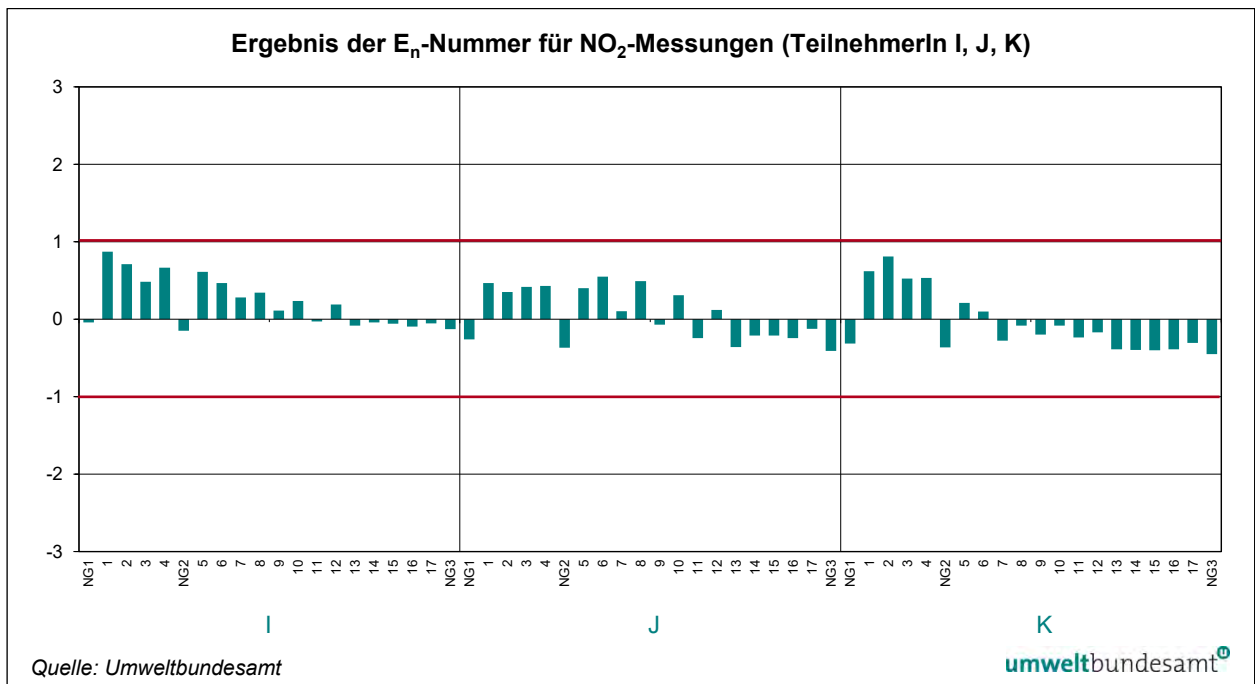


Abbildung 29: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO_2 -Messungen (TeilnehmerIn I, J, K).

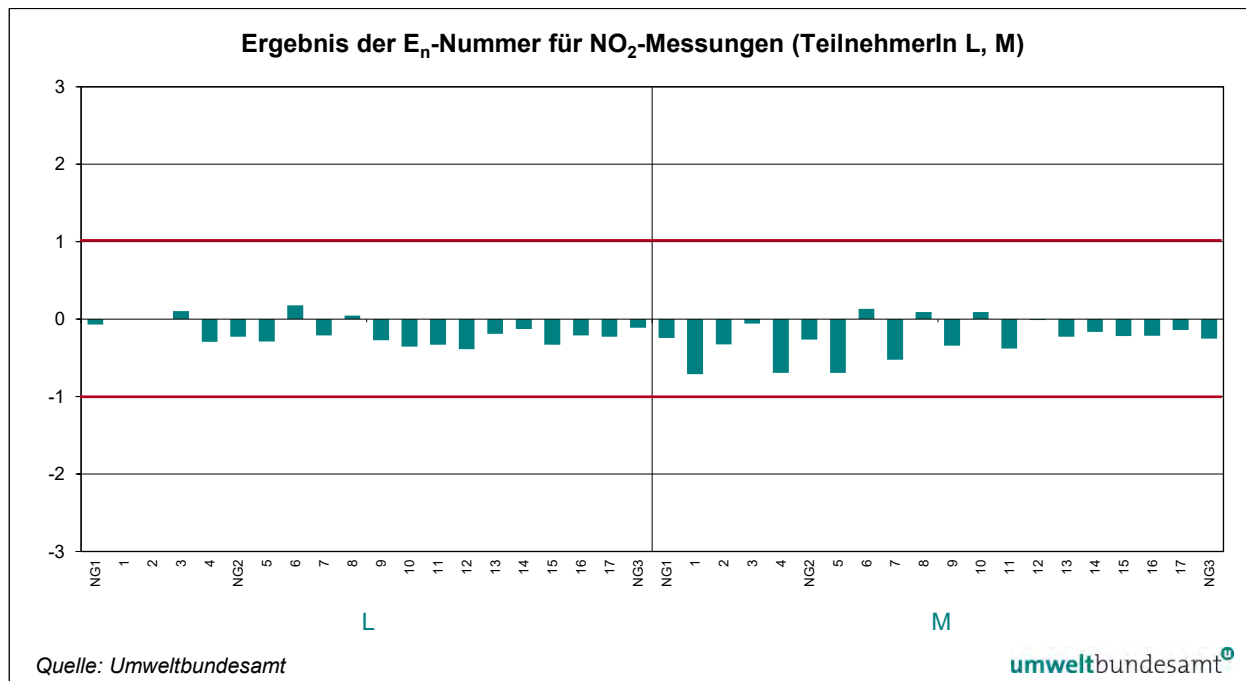


Abbildung 30: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, M).

Bei O₃ liegen zwei Messgeräte außerhalb des E_n-Kriteriums, wobei ein Messgerät zweimal (siehe Abbildung 21; -1,24 und -1,25) und eines einmal (siehe Abbildung 22; 1,08) außerhalb des E_n-Kriteriums liegen. Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E_n-Kriterium für O₃ eingehalten.

Bei NO und NO₂ liegen alle Messgeräte bei allen Durchgängen innerhalb des E_n-Kriteriums (siehe Abbildung 23 bis Abbildung 30).

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 O₃ und auch die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind im Allgemeinen plausibel und unterscheiden sich nur geringfügig. Bei zwei Messgeräten ist für O₃ eine Unterschätzung der Referenzwerte bei eher niedrigeren Stoffmengenanteilen ersichtlich (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32).

Die Ergebnisse von NO und die angegebenen Messunsicherheiten sind ebenfalls gut. Von zwei Messgeräten wird NO bei hohen Stoffmengenanteilen überschätzt (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34) und es kommt zu unrealistisch großen Bereichen, in denen das Ergebnis liegt.

Obwohl die korrekte Messung von NO₂ (siehe Abbildung 37 bis Abbildung 40) 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 hohen Stoffmengenanteilen überschätzt (siehe Abbildung 37).

**Fehlerindikatoren
zur Darstellung der
Messunsicherheit**

**Ergebnisse der
Auswertungen**

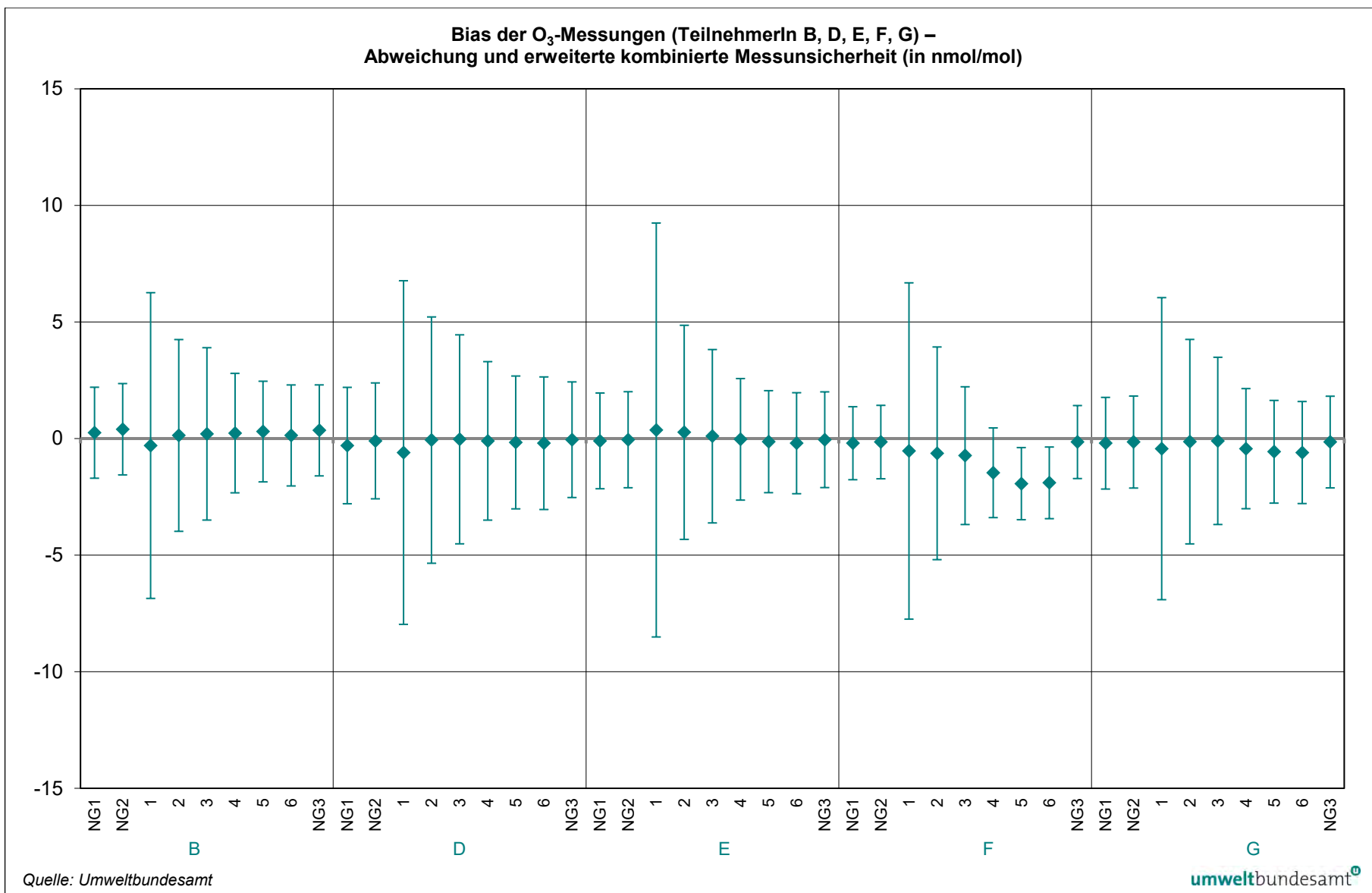


Abbildung 31: Bias der O₃-Messungen (TeilnehmerIn B, D, E, F, G) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

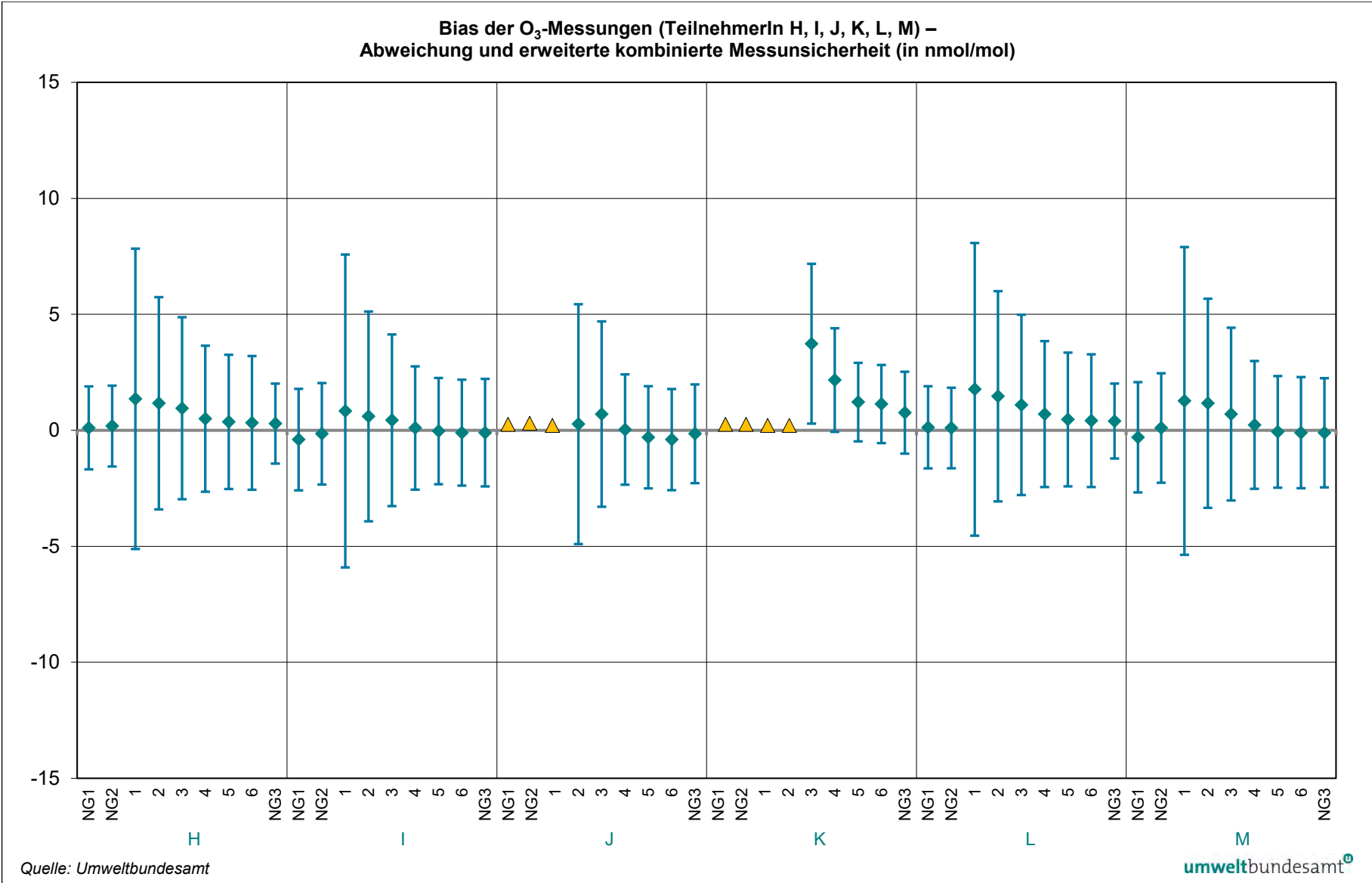


Abbildung 32: Bias der O₃-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J, K, L, M) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in $\mu\text{mol/mol}$).

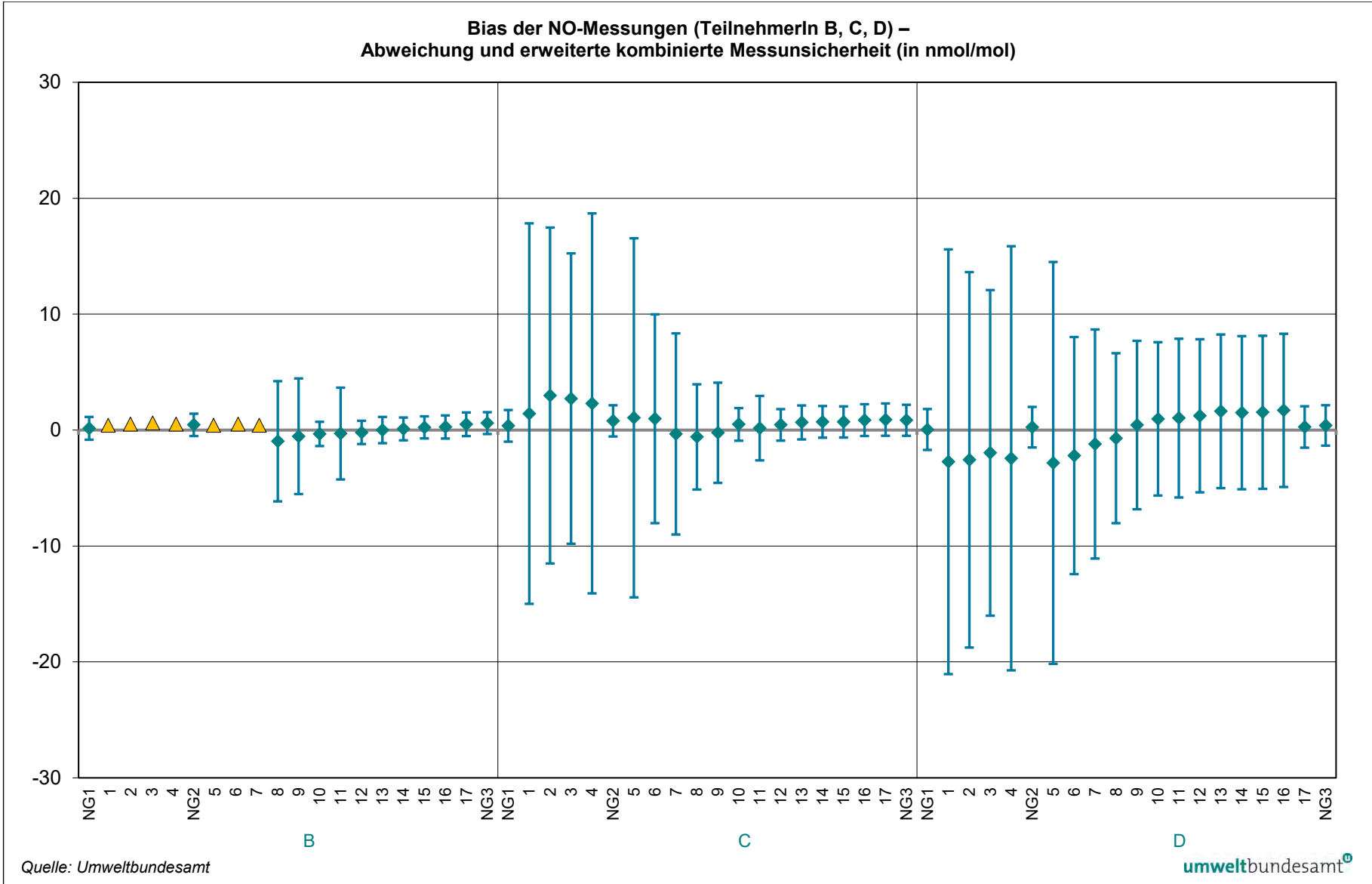


Abbildung 33: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn B, C, D) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

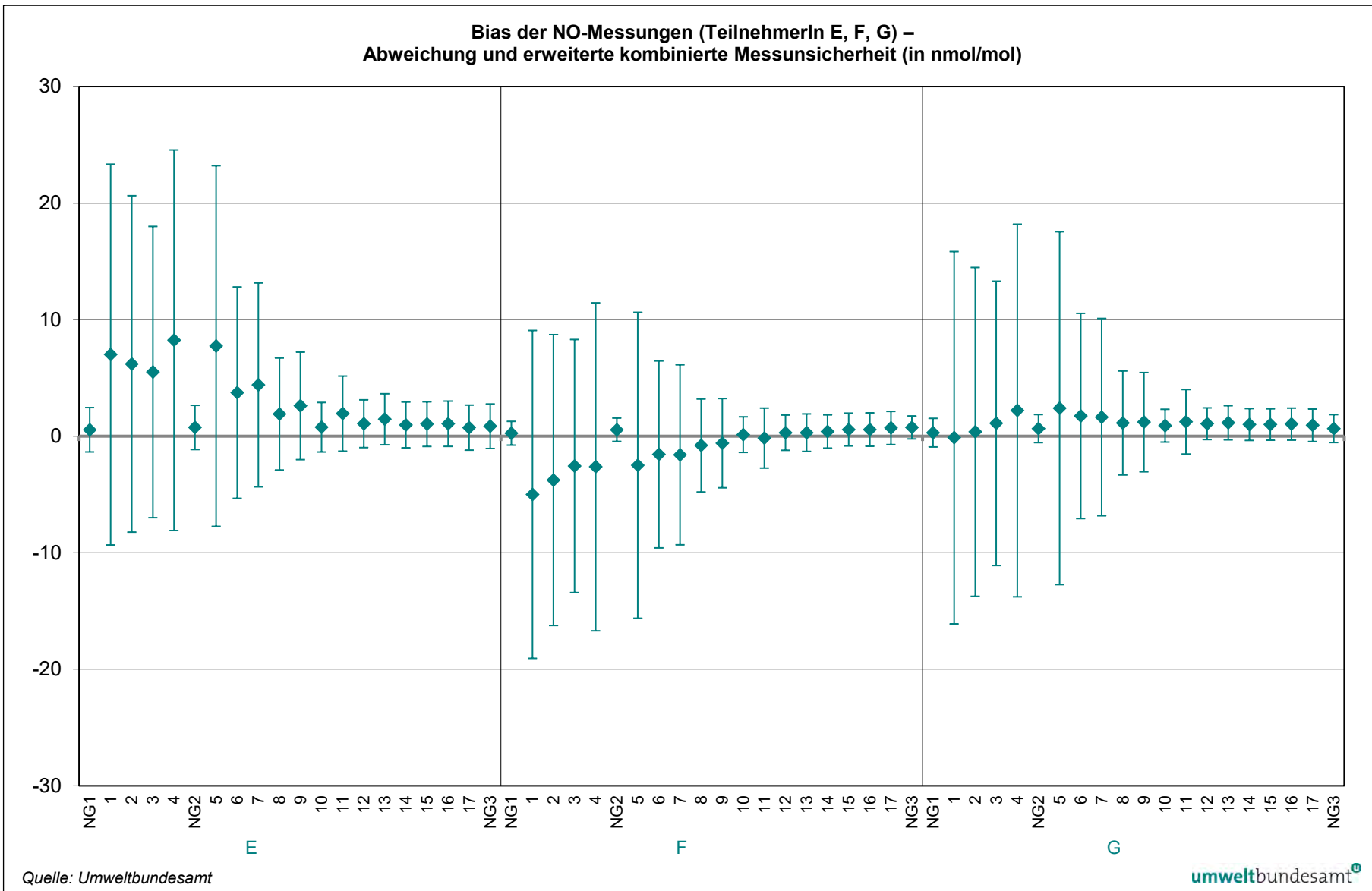


Abbildung 34: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn E, F, G) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

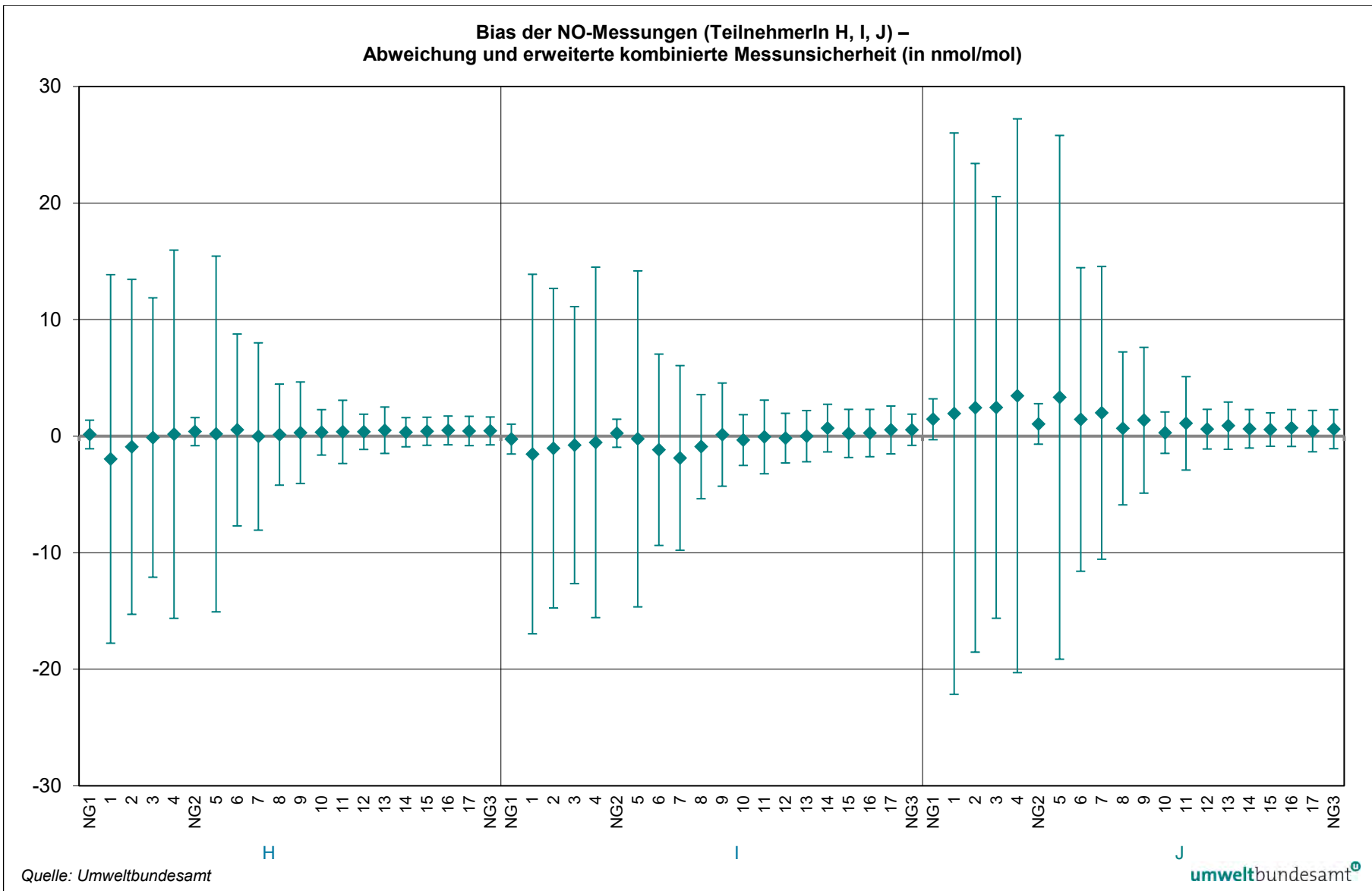


Abbildung 35: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn H, I, J) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

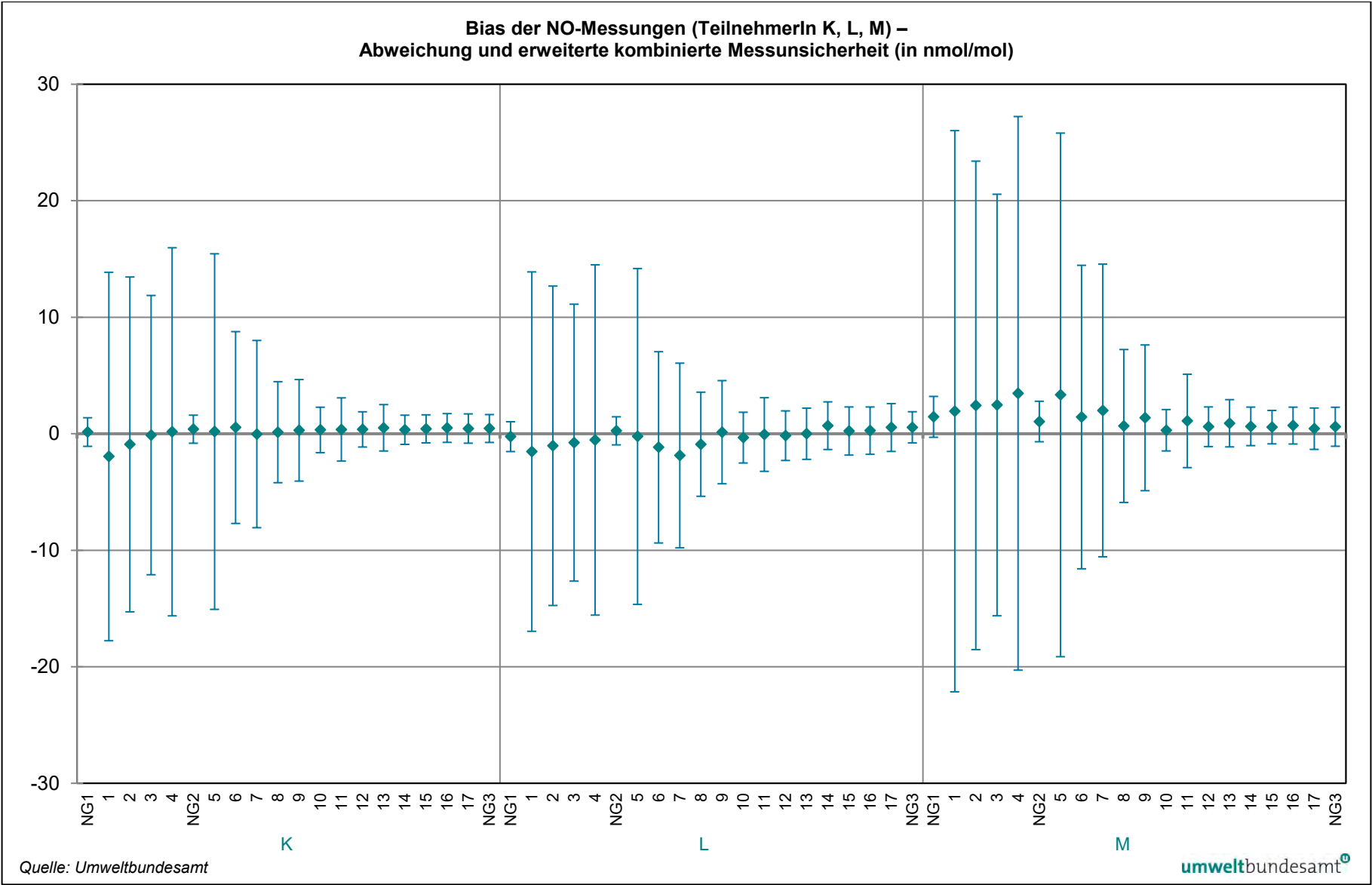


Abbildung 36: Bias der NO-Messungen (TeilnehmerIn K, L, M) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

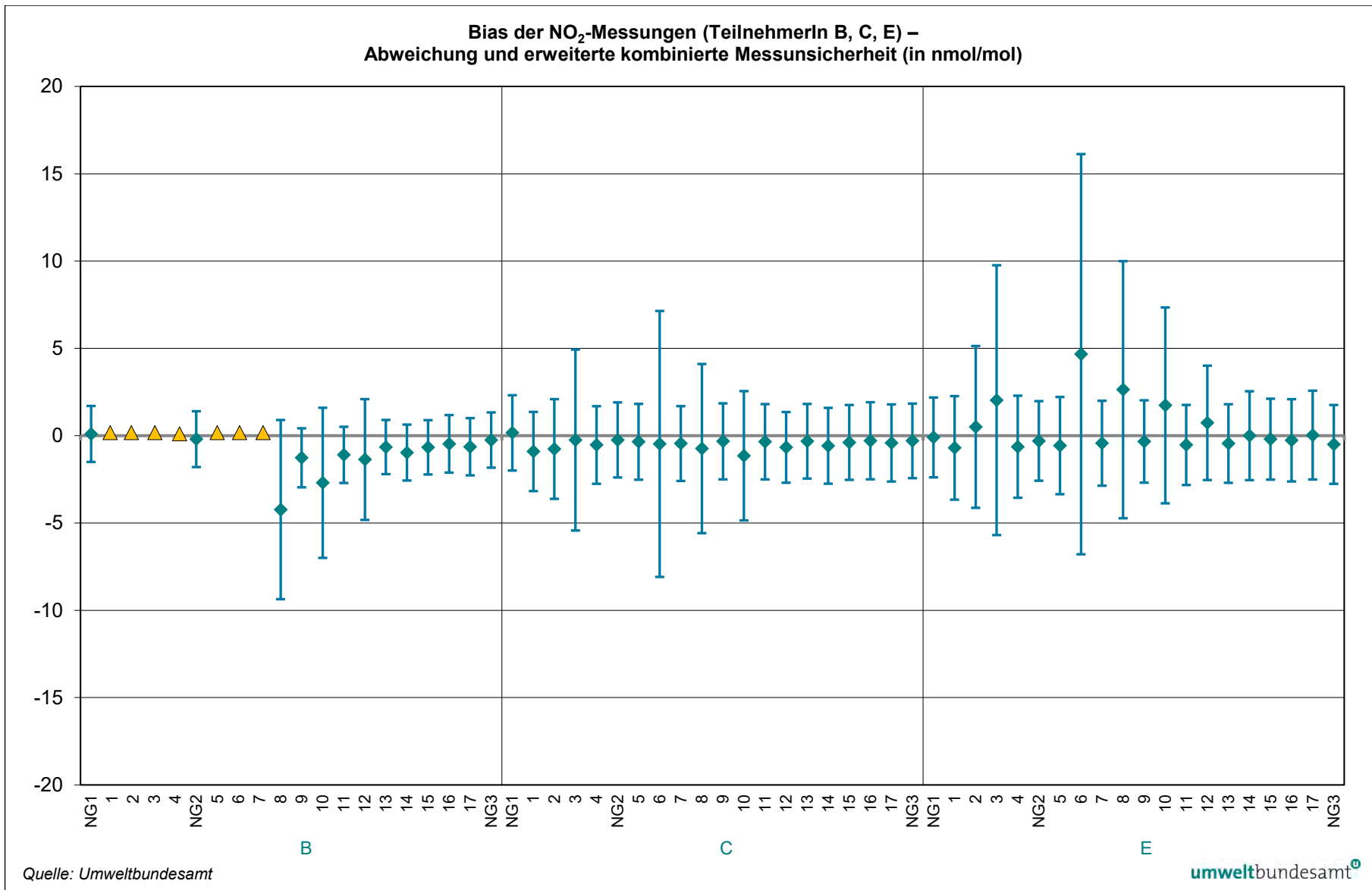


Abbildung 37: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn B, C, E) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

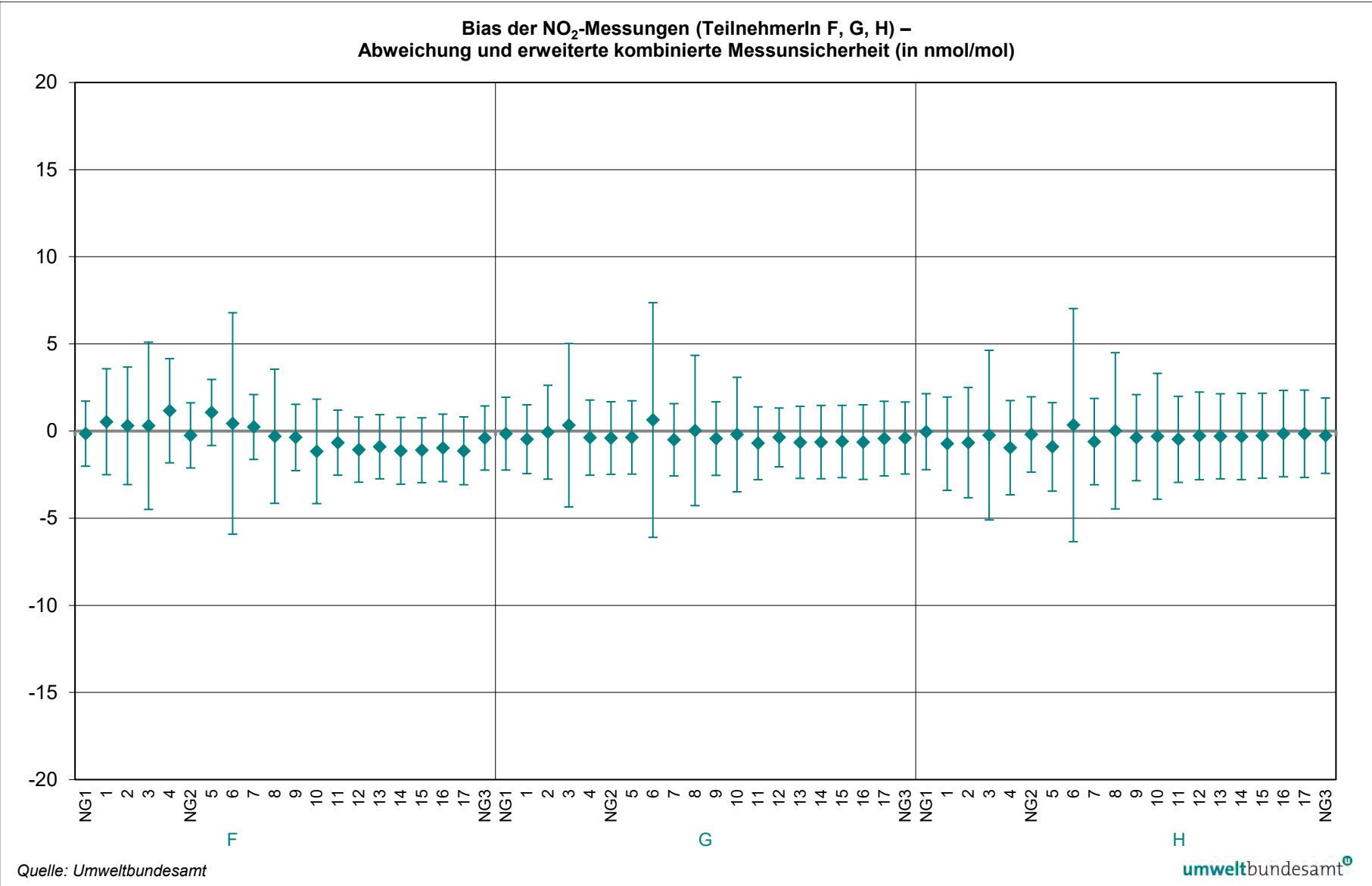


Abbildung 38: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn F, G, H) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

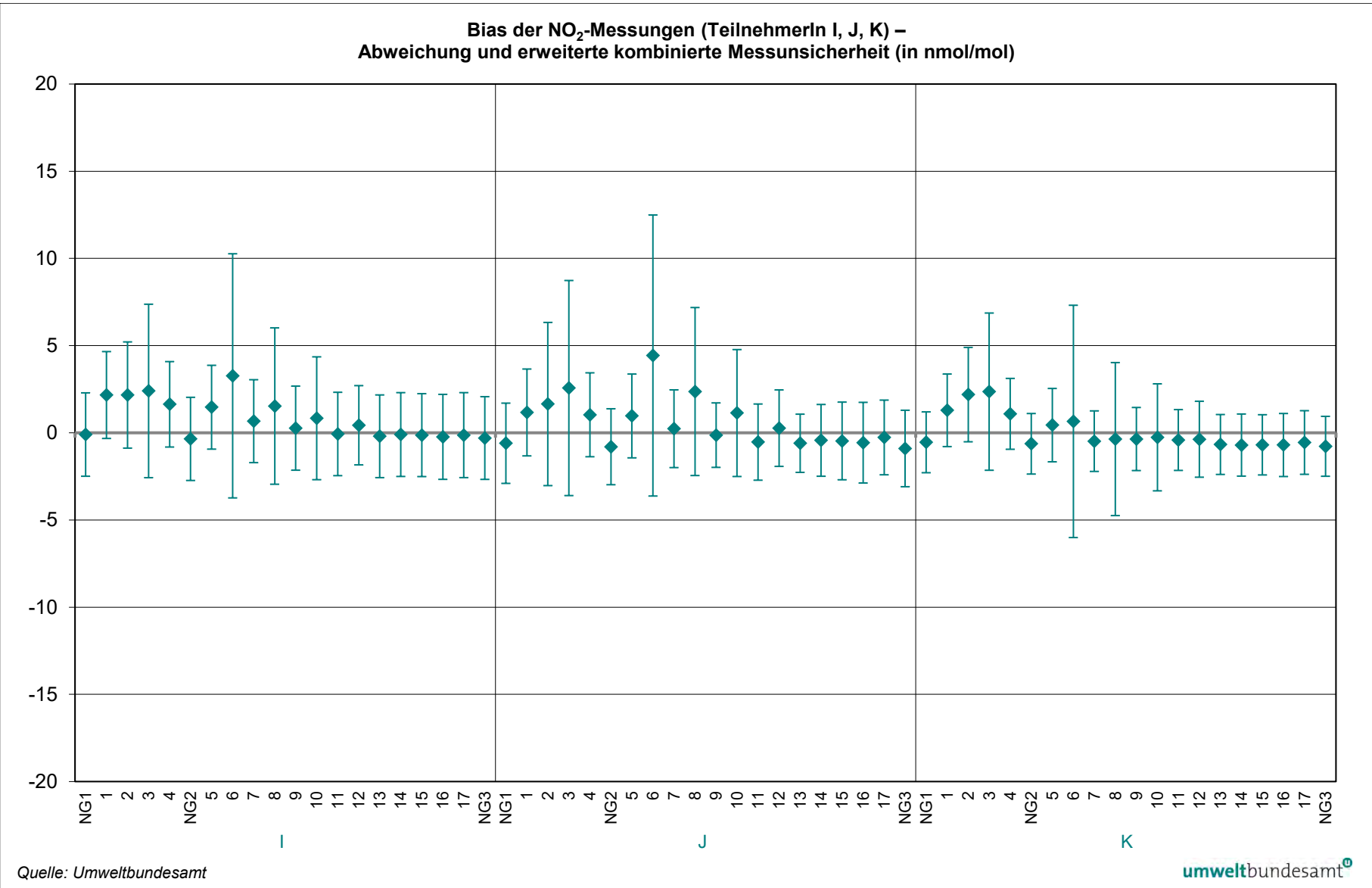


Abbildung 39: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn I, J, K) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

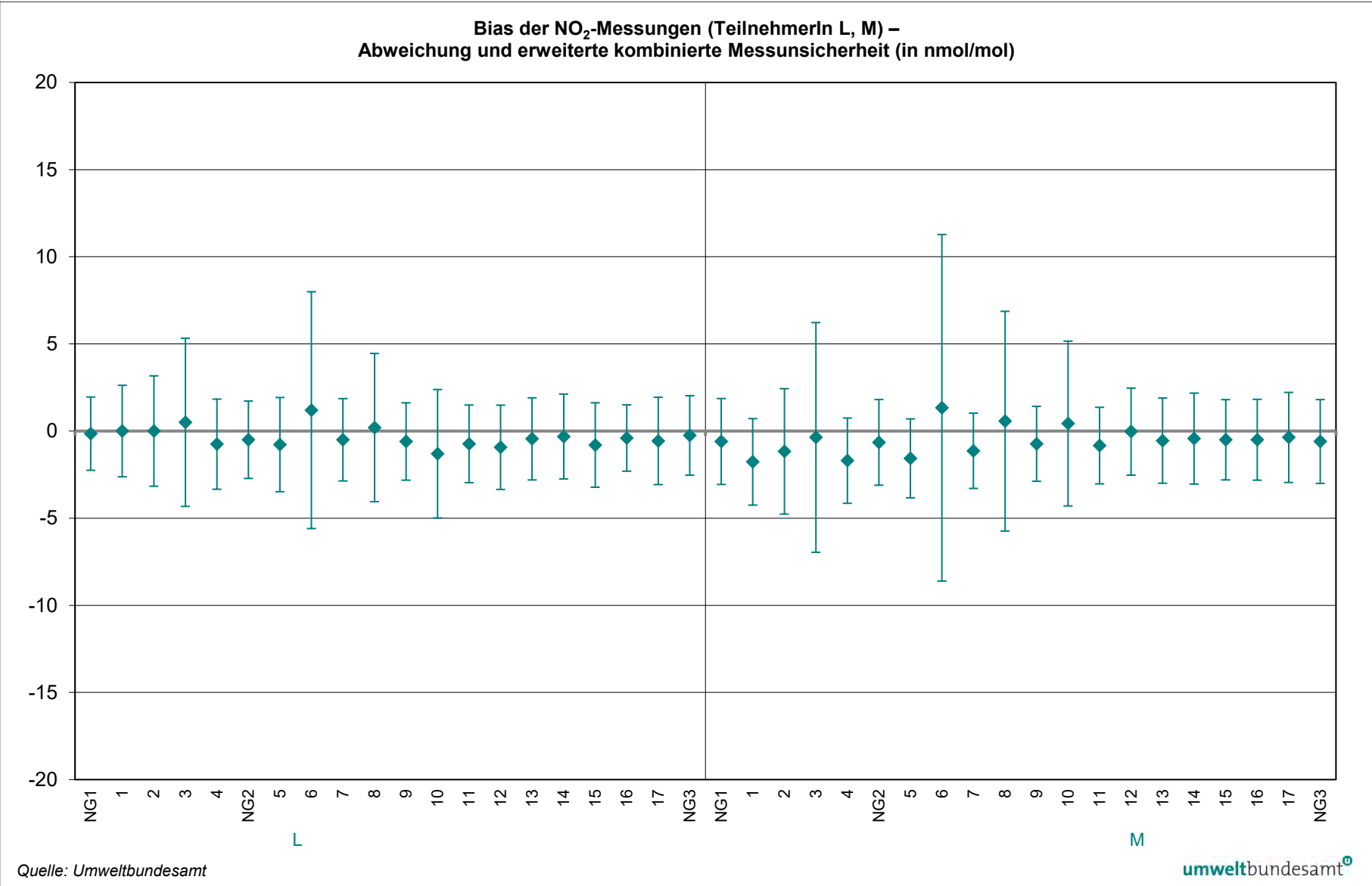


Abbildung 40: Bias der NO₂-Messungen (TeilnehmerIn L, M) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

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.

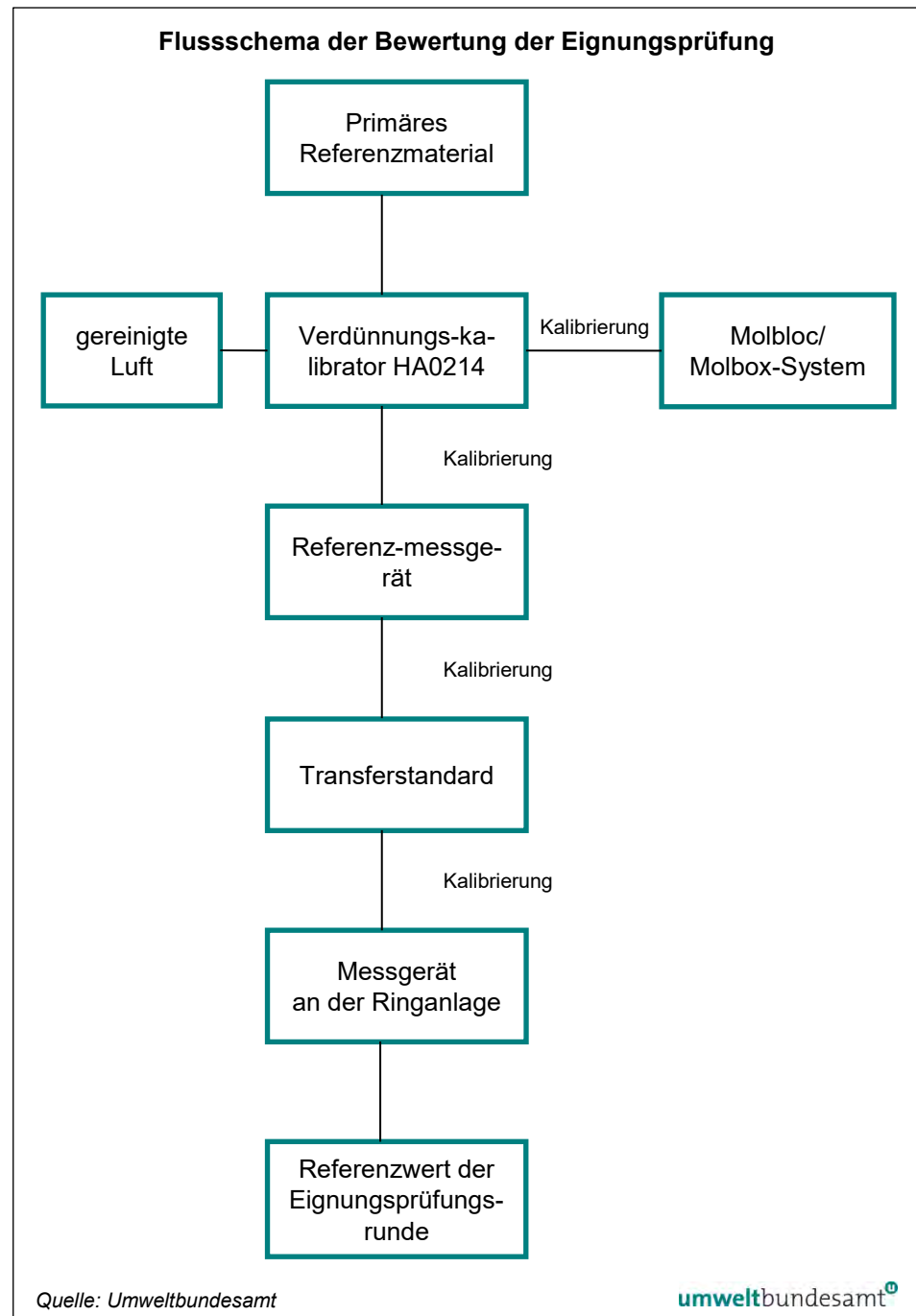
ANHÄNGE

ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE	44
ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE	46
ANHANG C: VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON CHEMILUMINESZENZ- UND CAPS-MESSUNGEN FÜR NO ₂	48
ANHANG D: BERICHTETE WERTE.....	50
ANHANG E: FRAGEBÖGEN ZUR EIGNUNGSPRÜFUNG.....	75
ANHANG F: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE	112

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 41:
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 2019 eingesetzt:

Platz 1			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO _x	HORIBA	APNA-370	TLK 34DAG
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49i	1317957903

*Tabelle 9:
Messgeräte zur
Ermittlung der
Referenzwerte.*

Platz 14			
Komponente	Hersteller	Modell	Seriennummer
NO _x	HORIBA	APNA-370	300DPVAE
O ₃ (nur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung)	TEI	49C	64071-341

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

Tabelle 10: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2019.

Komponente	Hersteller/ Flaschennummer	Matrix	Wert	erweiterte Messunsicherheit	Kalibrierschein- nummer
NO	Messer Schweiz/24796	NO in N ₂	772,5 nmol/mol	11,59 nmol/mol	105/2019

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).

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2019 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.

Prüfkriterium

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

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

Alle Referenzwerte haben das Prüfkriterium erfüllt (siehe Tabelle 11 bis Tabelle 13).

Tabelle 11:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für O₃.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,2	0,69	0,0	0,00	ok
NG 2	nmol/mol	0,2	0,69	0,1	0,16	ok
O ₃ 1	nmol/mol	186,4	2,26	186,8	1,04	ok
O ₃ 2	nmol/mol	117,6	1,52	118,1	0,76	ok
O ₃ 3	nmol/mol	88,8	1,23	89,3	0,68	ok
O ₃ 4	nmol/mol	45,8	0,87	45,9	0,52	ok
O ₃ 5	nmol/mol	21,1	0,74	21,1	0,52	ok
O ₃ 6	nmol/mol	20,1	0,73	20,1	0,51	ok
NG3	nmol/mol	0,2	0,69	0,1	0,17	ok

Tabelle 12:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO.

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	-0,1	0,47	0,1	0,05	ok
NO 1	nmol/mol	475,7	5,95	475,5	4,13	ok
NO 2	nmol/mol	419,5	5,25	420,0	3,83	ok
NO 3	nmol/mol	361,2	4,55	362,0	3,24	ok
NO 4	nmol/mol	475,0	5,95	476,4	4,28	ok
NG2	nmol/mol	-0,2	0,45	0,3	0,30	ok
NO 5	nmol/mol	449,9	5,63	451,8	3,79	ok
NO 6	nmol/mol	260,6	3,27	261,4	2,26	ok
NO 7	nmol/mol	250,9	3,14	251,8	2,42	ok
NO 8	nmol/mol	131,1	1,65	131,3	1,20	ok
NO 9	nmol/mol	124,7	1,58	125,4	1,16	ok
NO 10	nmol/mol	34,1	0,50	34,5	0,56	ok
NO 11	nmol/mol	79,4	1,02	80,1	0,83	ok
NO 12	nmol/mol	32,8	0,46	33,3	0,58	ok
NO 13	nmol/mol	39,3	0,53	40,0	0,63	ok

NO 14	nmol/mol	17,9	0,46	18,6	0,42	ok
NO 15	nmol/mol	9,7	0,45	10,4	0,40	ok
NO 16	nmol/mol	14,7	0,47	15,4	0,42	ok
NO 17	nmol/mol	-0,3	0,49	0,3	0,26	ok
NG2	nmol/mol	-0,4	0,44	0,3	0,19	ok

Bezeichnung	Einheit	X	u _x	x*	s*	Bewertung
NG1	nmol/mol	0,2	0,78	0,0	0,10	ok
NO ₂ 1	nmol/mol	14,9	0,85	14,8	1,45	ok
NO ₂ 2	nmol/mol	70,1	1,01	70,3	1,58	ok
NO ₂ 3	nmol/mol	127,8	1,81	128,5	1,59	ok
NO ₂ 4	nmol/mol	15,0	0,82	14,7	1,47	ok
NG2	nmol/mol	0,4	0,77	0,0	0,11	ok
NO ₂ 5	nmol/mol	9,0	0,79	8,9	1,12	ok
NO ₂ 6	nmol/mol	197,3	2,50	198,9	2,05	ok
NO ₂ 7	nmol/mol	5,1	0,77	4,8	0,56	ok
NO ₂ 8	nmol/mol	125,0	1,60	125,3	1,53	ok
NO ₂ 9	nmol/mol	2,6	0,79	2,2	0,27	ok
NO ₂ 10	nmol/mol	93,2	1,22	93,0	1,36	ok
NO ₂ 11	nmol/mol	1,9	0,78	1,3	0,24	ok
NO ₂ 12	nmol/mol	48,5	0,68	48,1	0,74	ok
NO ₂ 13	nmol/mol	1,1	0,76	0,5	0,22	ok
NO ₂ 14	nmol/mol	22,5	0,78	22,0	0,37	ok
NO ₂ 15	nmol/mol	10,9	0,77	10,4	0,29	ok
NO ₂ 16	nmol/mol	5,8	0,81	5,4	0,24	ok
NO ₂ 17	nmol/mol	20,0	0,81	19,6	0,28	ok
NG2	nmol/mol	0,4	0,76	0,0	0,00	ok

Tabelle 13:
Referenzwerte und
Ergebnisse der robusten
Datenanalyse für NO₂.

ANHANG C: VERGLEICH DER ERGEBNISSE VON CHEMILUMINESZENZ- UND CAPS-MESSUNGEN FÜR NO₂

Im Zuge der gasförmigen Eignungsprüfung wurde die Ergebnisse der Chemilumineszenz-Messung von NO₂, der derzeitigen Referenzmethode, mit einer optischen Messtechnik, die die direkte Bestimmung von NO₂ erlaubt (CAPS – cavity attenuated phase shift) untersucht. TeilnehmerIn E kam für diesen Vergleich mit einem Horiba APNA-370 und einem Teledyne T500U zur Eignungsprüfung. Die Ergebnisse des Teledyne Gerät wurden nicht in die Bewertung integriert, sondern sind in diesem Anhang zusammengefasst.

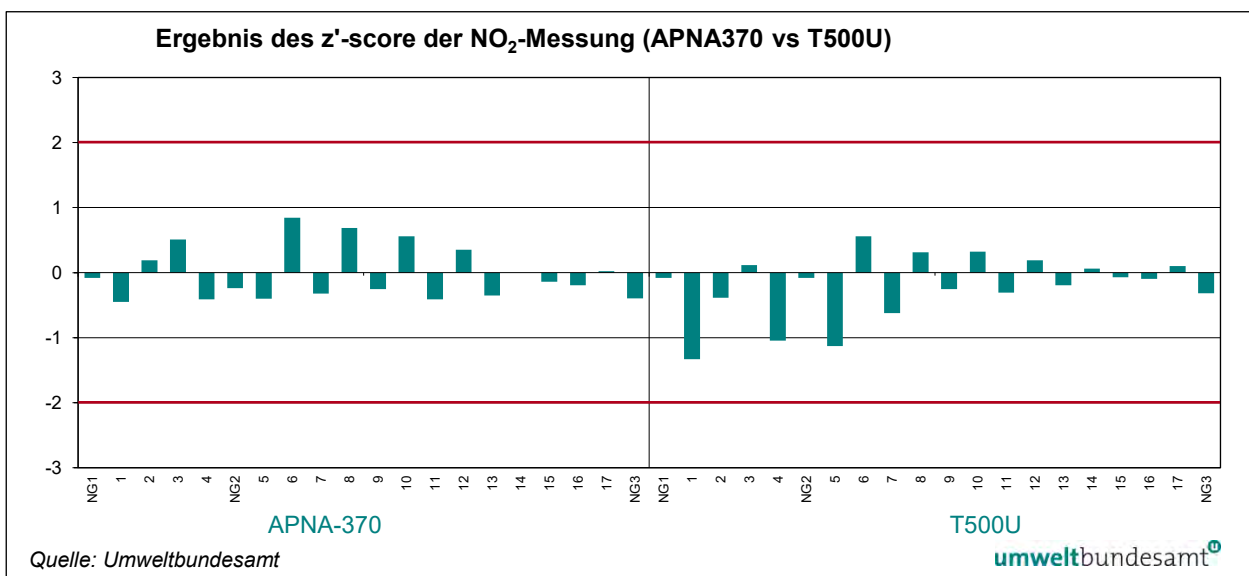


Abbildung 42: Ergebnisse des z'-score der NO₂-Messungen (APNA 370 vs T500U).

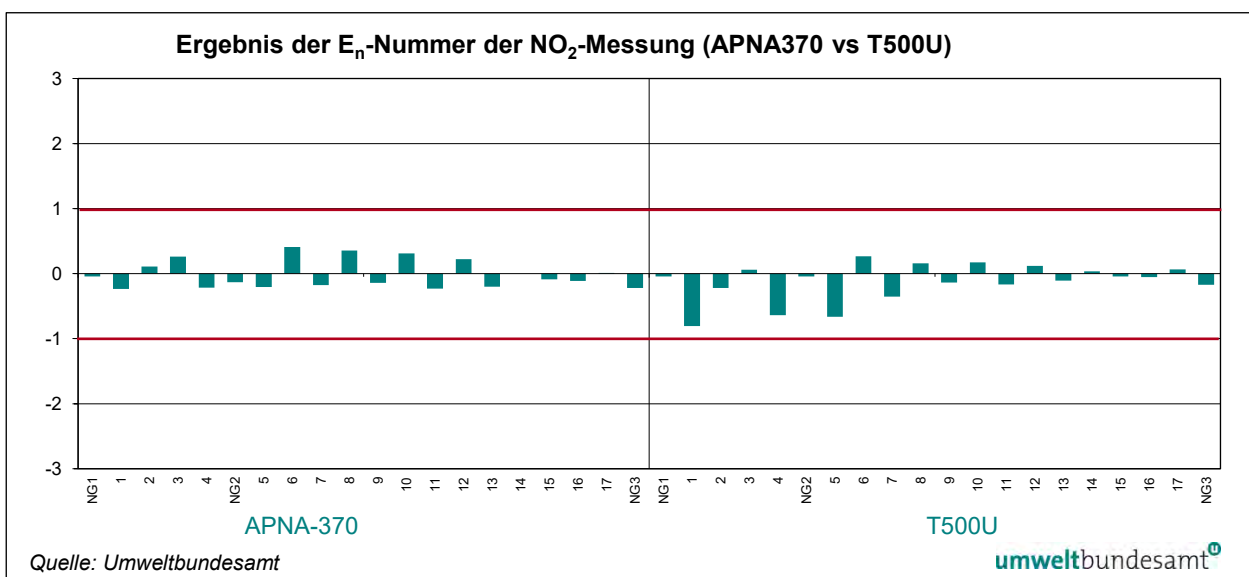


Abbildung 43: Ergebnisse der E_n-Nummer für NO₂-Messungen (APNA 370 vs. T500U)

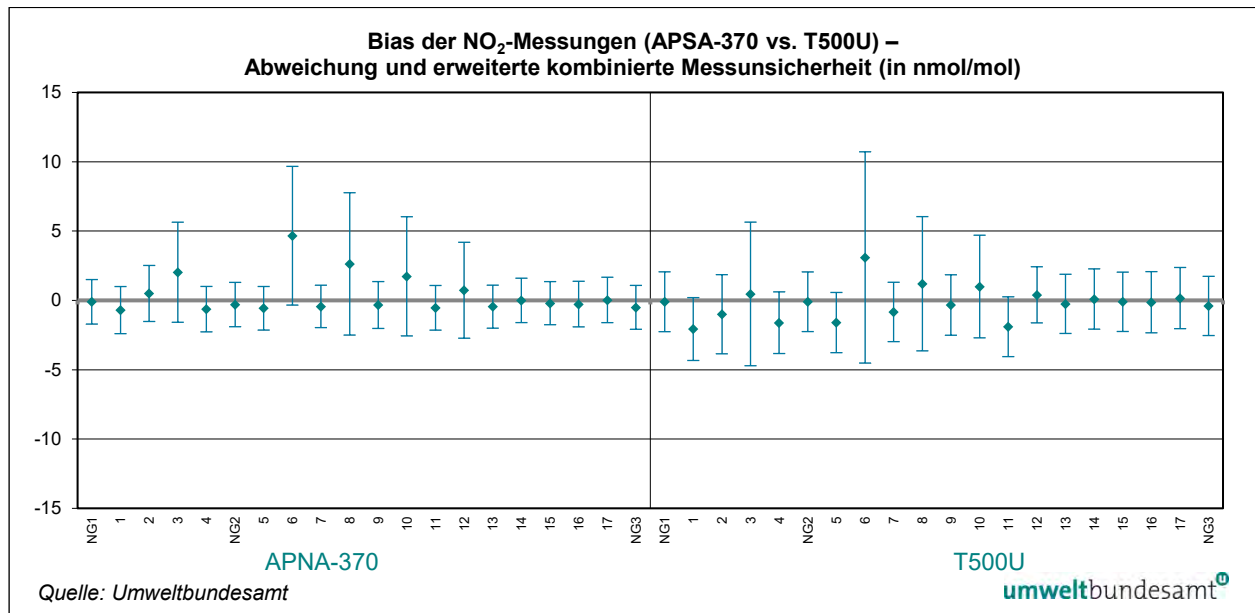


Abbildung 44: Ergebnisse der E_n -Nummer für NO₂-Messungen (APNA 370 vs. T500U).

Hätte TeilnehmerIn E mit dem Teledyne T500U an der Eignungsprüfung teilgenommen, dann hätte es keine Änderungen an der jetzigen Bewertung gegeben.

Tabelle 14: Differenzen der beiden Messgeräte APNA-370 und Teledyne T500U.

NO ₂	Referenz	APNA-370	T500U	Differenz*
NG1	0,2	0,1	0,1	0,0
c1	14,9	14,2	12,8	1,4
c2	70,1	70,6	69,1	1,5
c3	127,8	129,8	128,3	1,6
c4	15,0	14,3	13,4	1,0
NG2	0,4	0,1	0,3	-0,2
c5	9,0	8,4	7,4	1,0
c6	197,3	202,0	200,4	1,6
c7	5,1	4,7	4,3	0,4
c8	125,0	127,6	126,2	1,4
c9	2,6	2,2	2,2	0,0
c10	93,2	94,9	94,2	0,7
c11	1,9	1,4	1,5	-0,1
c12	48,5	49,2	48,9	0,3
c13	1,1	0,6	0,8	-0,2
c14	22,5	22,5	22,6	-0,1
c15	10,9	10,7	10,8	-0,1
c16	17,1	17,1	17,1	0,0
c17	20,0	20,1	20,2	-0,1
NG3	0,4	-0,1	0,0	-0,1

Die Werte des CAPS-Messgerätes liegen durchgehend etwas niedriger; sowohl im Vergleich zu den durch Chemilumineszenz ermittelten Werten des Teilnehmers als auch zu den Referenzwerten. Bei Anwendung des Bewertungsschemas der Eignungsprüfungsrunde auf die Ergebnisse des CAPS-Messgeräts, würde durchgehend a1-Bewertungen erzielt.

ANHANG D: BERICHTETE WERTE

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

Der Referenzwert ist bei O₃ 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 14.–17.10.2019

Ergebnisse für O₃

Tabelle 15: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 0 (Nullgas) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	0,2	0,3	-0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	-0,3			0,3	-0,3	
$x_{i,2}$	0,2	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	-0,1			0,4	0,1	
X_i	0,2	0,5	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	-0,2			0,3	-0,1	
S_i	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1			0,0	0,3	
$u(x_i)$	0,69	0,69	1,04	0,76	0,37	0,70	0,57	0,85	-		0,55	0,97	
$U(x_i)$	1,38	1,38	2,08	1,52	0,74	1,40	1,14	1,70	-		1,11	1,94	

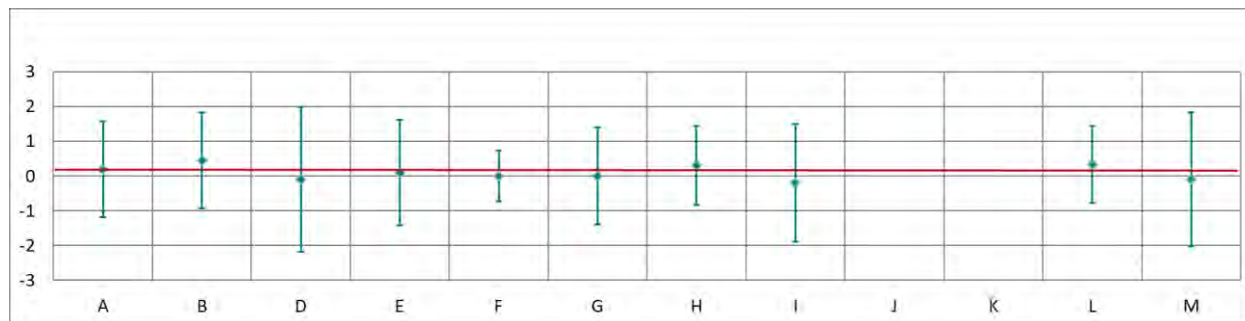
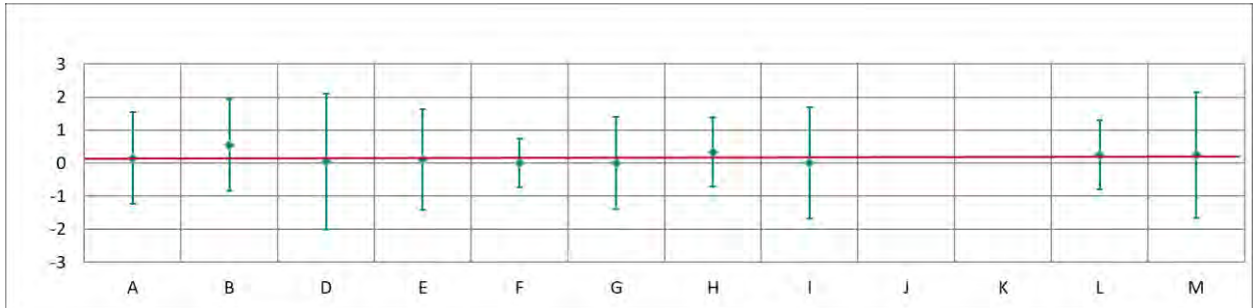


Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang Null (Nullgas) (in nmol/mol).

Tabelle 16: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,16$

	Teilnehmer											
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,2	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0			0,3	0,2
$x_{i,2}$	0,1	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0			0,3	0,3
X_i	0,2	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0			0,3	0,3
S_i	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,1
$u(x_i)$	0,69	0,69	1,03	0,76	0,37	0,70	0,52	0,84			0,52	0,95
$U(x_i)$	1,39	1,38	2,06	1,52	0,74	1,40	1,05	1,69			1,04	1,91

Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang Null (Nullgas 2) (in nmol/mol).Tabelle 17: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 1 $x^* = 186,8$ $s^* = 1,04$

	Teilnehmer											
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	186,0	185,4	185,0	186,1	185,0	185,2	187,0	186,5			187,7	186,9
$x_{i,2}$	186,4	186,2	185,9	186,9	186,0	186,1	187,8	187,3			188,2	187,7
$x_{i,3}$	186,7	186,6	186,4	187,2	186,5	186,5	188,3	187,8			188,5	188,3
X_i	186,4	186,1	185,8	186,7	185,8	185,9	187,7	187,2			188,1	187,6
S_i	0,4	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	0,7	0,7			0,4	0,7
$u(x_i)$	2,26	2,38	2,91	3,82	2,81	2,32	2,32	2,50			2,20	2,43
$U(x_i)$	4,52	4,75	5,82	7,64	5,62	4,64	4,64	5,00			4,40	4,86

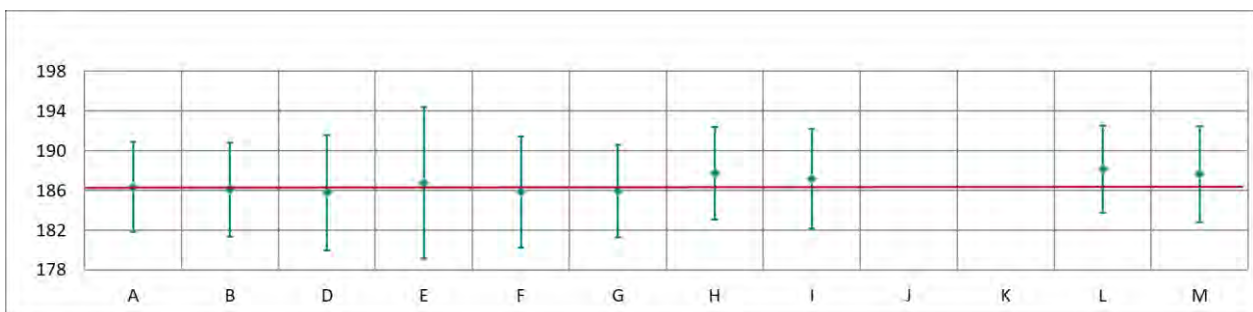
Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 18: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 2 $x^* = 118,1$ $s^* = 0,76$

	1												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	117,5	117,6	117,4	117,7	116,9	117,3	118,6	118,0	117,4		119,0	118,6	
$x_{i,2}$	117,6	117,7	117,5	117,9	116,9	117,5	118,8	118,3	117,9		119,0	118,8	
$x_{i,3}$	117,8	118,0	117,8	118,1	117,2	117,7	119,0	118,4	118,4		119,3	119,0	
X_i	117,6	117,8	117,6	117,9	117,0	117,5	118,8	118,2	117,9		119,1	118,8	
S_i	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5		0,2	0,2	
$u(x_i)$	1,52	1,39	2,16	1,72	1,70	1,58	1,71	1,67	2,09		1,68	1,66	
$U(x_i)$	3,04	2,77	4,32	3,44	3,40	3,16	3,42	3,35	4,18		3,36	3,33	

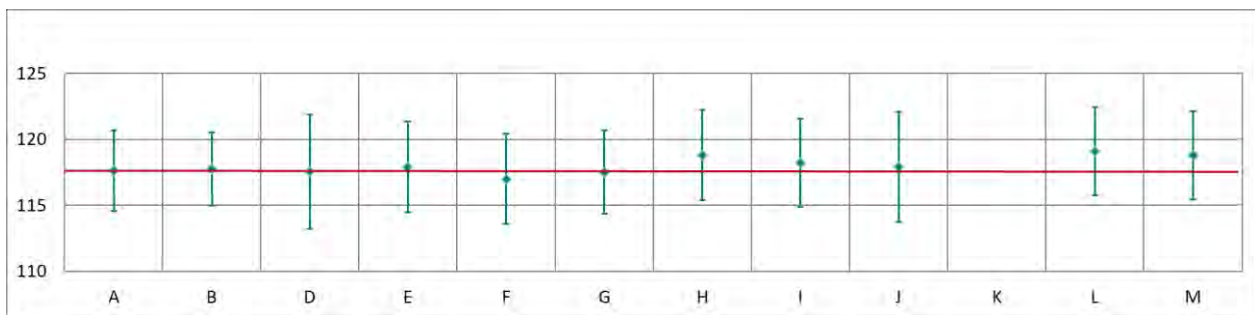


Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 19: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 3 $x^* = 89,3$ $s^* = 0,68$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	88,8	89,0	88,7	88,8	87,9	88,7	89,6	89,1	89,3	92,4	89,9	89,4	
$x_{i,2}$	88,8	89,1	88,8	88,9	88,1	88,7	89,8	89,3	89,5	92,6	90,0	89,6	
$x_{i,3}$	88,9	89,0	88,9	89,1	88,3	88,8	89,9	89,4	89,8	92,7	89,9	89,6	
X_i	88,8	89,0	88,8	88,8	87,9	88,7	89,6	89,1	89,3	92,4	89,9	89,5	
S_i	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	
$u(x_i)$	1,23	1,38	1,87	1,39	0,81	1,30	1,52	1,38	1,57	1,20	1,50	1,39	
$U(x_i)$	2,47	2,75	3,74	2,78	1,62	2,60	3,05	2,75	3,14	2,40	3,00	2,78	

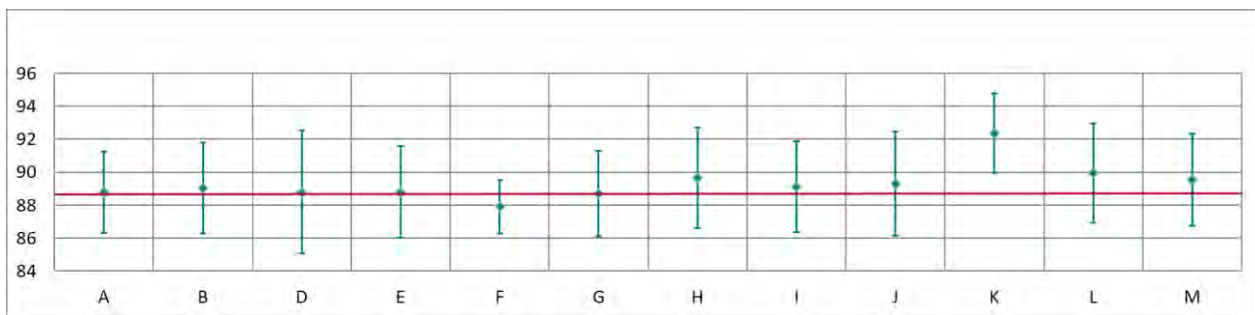
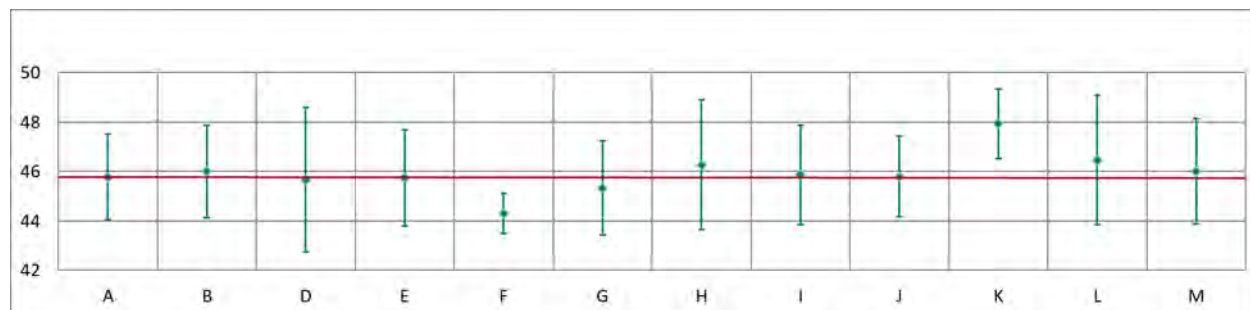


Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 20: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 4 $x^* = 45,9$ $s^* = 0,52$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	45,7	45,9	45,6	45,7	44,2	45,2	46,2	45,8	45,7	47,9	46,4	45,9	
$x_{i,2}$	45,8	46,0	45,7	45,8	44,3	45,4	46,3	45,9	45,8	47,8	46,5	46,0	
$x_{i,3}$	45,8	46,1	45,7	45,7	44,4	45,4	46,3	45,9	45,9	48,1	46,5	46,1	
X_i	45,8	46,0	45,7	45,7	44,3	45,3	46,3	45,9	45,8	47,9	46,5	46,0	
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,87	0,94	1,46	0,97	0,41	0,95	1,31	1,00	0,81	0,70	1,31	1,07	
$U(x_i)$	1,74	1,88	2,92	1,94	0,82	1,90	2,62	2,01	1,62	1,40	2,62	2,14	

Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 4 (in nmol/mol).Tabelle 21: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: O₃, Durchgang 5 $x^* = 21,1$ $s^* = 0,52$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	21,1	21,4	20,9	20,9	19,1	20,5	21,4	21,0	20,7	22,3	21,5	21,0	
$x_{i,2}$	21,1	21,4	21,0	21,0	19,3	20,6	21,5	21,1	20,9	22,4	21,6	21,1	
$x_{i,3}$	21,2	21,5	21,0	21,1	19,2	20,6	21,6	21,2	20,9	22,4	21,7	21,1	
X_i	21,1	21,4	21,0	21,0	19,2	20,6	21,5	21,1	20,8	22,4	21,6	21,1	
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,74	0,79	1,22	0,81	0,24	0,82	1,25	0,88	0,82	0,42	1,24	0,95	
$U(x_i)$	1,47	1,58	2,44	1,62	0,48	1,64	2,49	1,76	1,64	0,84	2,48	1,90	

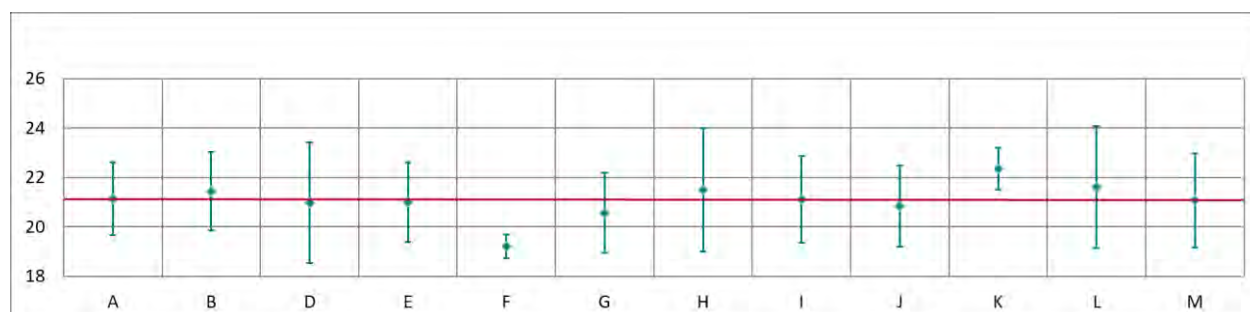
Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 22: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 6 $x^* = 20,1$ $s^* = 0,51$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	20,2	20,2	20,0	20,0	18,4	19,6	20,6	20,1	19,8	21,3	20,6	20,1	
$x_{i,2}$	20,1	20,3	19,9	19,9	18,2	19,5	20,5	20,0	19,7	21,3	20,6	20,0	
$x_{i,3}$	20,1	20,3	19,9	19,9	18,1	19,5	20,3	20,0	19,7	21,2	20,5	20,0	
X_i	20,1	20,3	19,9	19,9	18,2	19,5	20,5	20,0	19,7	21,3	20,6	20,0	
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,73	0,80	1,22	0,80	0,24	0,82	1,24	0,88	0,81	0,42	1,23	0,95	
$U(x_i)$	1,46	1,60	2,44	1,60	0,48	1,63	2,49	1,76	1,62	0,84	2,46	1,90	

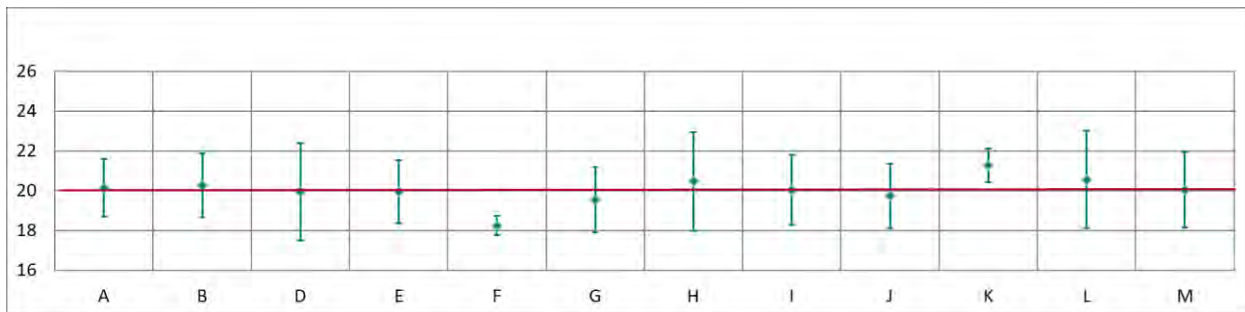


Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O₃-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 23: Ergebnisse für O₃ bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: O₃, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,1$ $s^* = 0,17$

	Teilnehmer												
	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	0,1	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	
$x_{i,2}$	0,2	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,8	0,6	0,0	
X_i	0,2	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,9	0,6	0,0	
$u(x_i)$	0,69	0,69	1,03	0,76	0,37	0,70	0,52	0,93	0,81	0,55	0,42	0,95	
$U(x_i)$	1,38	1,38	2,06	1,52	0,74	1,40	1,03	1,86	1,62	1,10	0,84	1,91	

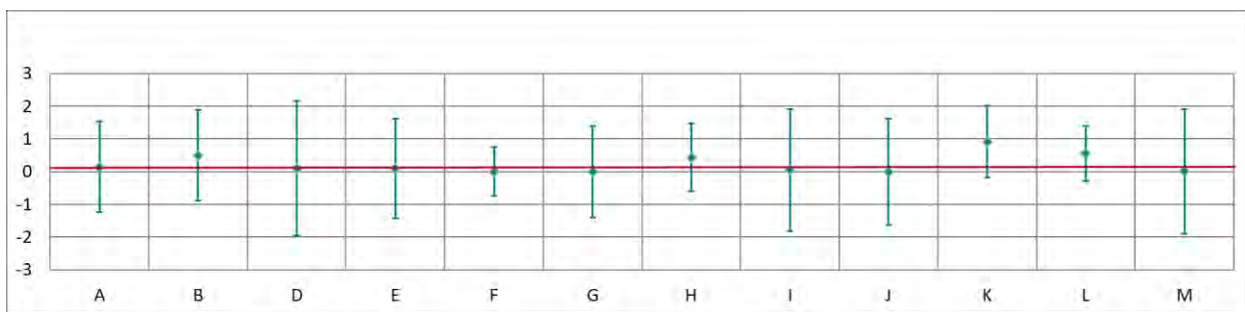


Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den Null-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO/NO₂

Tabelle 24: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 0 $x^* = 0,1$ $s^* = 0,05$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	-0,1	0,1	0,3	0,0	0,5	0,2	0,2	-0,2	-0,6	0,6	0,1	-0,3	1,3	
$x_{i,2}$	0,0	0,1	0,4	0,0	0,5	0,2	0,3	-0,2	-0,6	0,8	0,1	-0,3	1,5	
X_i	-0,1	0,1	0,3	0,0	0,5	0,2	0,3	-0,2	-0,6	0,7	0,1	-0,3	1,4	
S_i	0,07	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00	0,14	0,02	0,00	0,14	
$u(x_i)$	0,47	0,16	0,50	0,75	0,83	0,21	0,40	0,46	0,59	0,55	0,40	0,44	0,74	
$U(x_i)$	0,93	0,32	1,00	1,50	1,66	0,42	0,80	0,92	1,18	1,10	0,80	0,88	1,49	

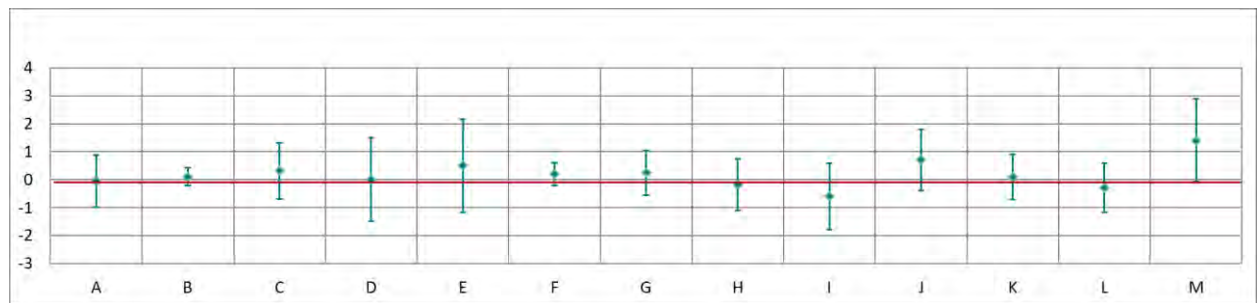


Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 25: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 1 $x^* = 475,5$ $s^* = 4,13$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	475,9		476,6	473,2	482,9	470,6	475,7	476,0	476,9	480,6	473,7	473,7	477,7	
$x_{i,2}$	475,7		476,4	473,0	482,7	470,7	475,5	475,9	476,9	480,6	473,7	474,1	477,5	
$x_{i,3}$	475,5		478,4	472,7	482,5	470,8	475,5	476,0	476,8	480,4	473,8	474,7	477,7	
X_i	475,7		477,1	473,0	482,7	470,7	475,6	476,0	476,9	480,5	473,7	474,2	477,6	
S_i	0,20		1,11	0,25	0,20	0,10	0,12	0,06	0,06	0,12	0,08	0,50	0,12	
$u(x_i)$	5,95		5,65	6,96	5,59	3,74	5,32	4,85	5,44	6,21	5,20	4,90	10,47	
$U(x_i)$	11,91		11,29	13,92	11,18	7,48	10,64	9,70	10,88	12,42	10,40	9,80	20,93	

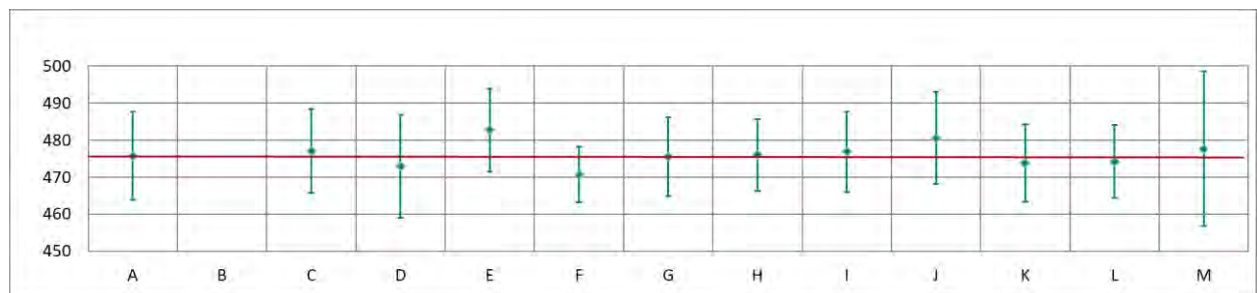


Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 26: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 2 $x^* = 420,0$ $s^* = 3,83$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	419,9		422,8	417,0	425,8	415,9	420,3	420,2	421,0	424,2	418,9	418,6	422,1
$x_{i,2}$	419,4		422,6	417,1	425,8	415,7	419,8	420,0	421,4	424,0	418,7	418,4	422,0
$x_{i,3}$	419,3		422,1	416,8	425,6	415,7	419,6	420,0	421,0	424,0	418,3	418,5	421,8
X_i	419,5		422,5	417,0	425,7	415,8	419,9	420,1	421,2	424,1	418,6	418,5	422,0
S_i	0,32		0,36	0,15	0,12	0,12	0,36	0,13	0,28	0,12	0,34	0,10	0,15
$u(x_i)$	5,25		4,99	6,16	4,94	3,36	4,71	4,30	4,81	5,53	4,90	4,40	9,07
$U(x_i)$	10,51		9,97	12,32	9,89	6,72	9,41	8,60	9,62	11,06	9,80	8,80	18,14

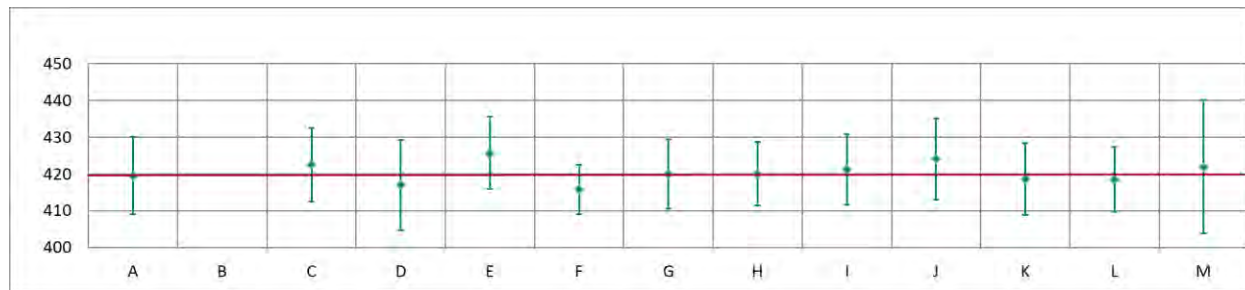


Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 27: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 3 $x^* = 362,0$ $s^* = 3,24$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	361,3		363,9	359,5	366,8	358,6	362,1	362,1	362,3	365,8	360,9	360,1	363,8
$x_{i,2}$	361,3		364,1	359,2	366,7	358,6	362,3	362,4	362,5	365,9	361,1	360,5	363,6
$x_{i,3}$	361,0		363,7	359,0	366,6	358,7	362,5	362,3	362,6	365,8	361,3	360,7	363,6
X_i	361,2		363,9	359,2	366,7	358,6	362,3	362,3	362,5	365,8	361,1	360,4	363,7
S_i	0,17		0,22	0,25	0,10	0,06	0,20	0,15	0,15	0,06	0,20	0,31	0,12
$u(x_i)$	4,55		4,30	5,35	4,28	2,96	4,06	3,74	4,16	4,72	3,90	3,82	7,82
$U(x_i)$	9,10		8,61	10,70	8,56	5,92	8,12	7,48	8,32	9,44	7,80	7,64	15,63

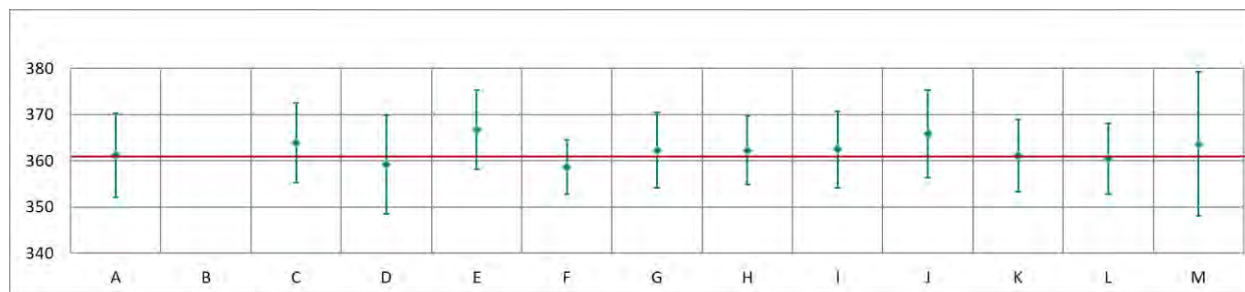


Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 28: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 4 $x^* = 476,4$ $s^* = 4,28$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	474,7		478,0	472,7	483,0	472,1	476,8	476,1	478,0	481,5	474,9	474,1	478,3
$x_{i,2}$	475,0		477,1	472,5	483,3	472,4	477,3	476,5	478,1	482,0	475,3	474,4	478,5
$x_{i,3}$	475,3		476,9	472,5	483,4	472,6	477,5	476,9	478,3	481,9	475,3	474,9	478,6
X_i	475,0		477,3	472,6	483,2	472,4	477,2	476,5	478,1	481,8	475,2	474,5	478,5
S_i	0,30		0,58	0,12	0,21	0,25	0,36	0,40	0,15	0,26	0,21	0,40	0,15
$u(x_i)$	5,95		5,64	6,95	5,60	3,76	5,34	4,86	5,45	6,22	5,20	4,60	10,28
$U(x_i)$	11,89		11,28	13,90	11,19	7,52	10,68	9,73	10,90	12,44	10,40	9,20	20,57

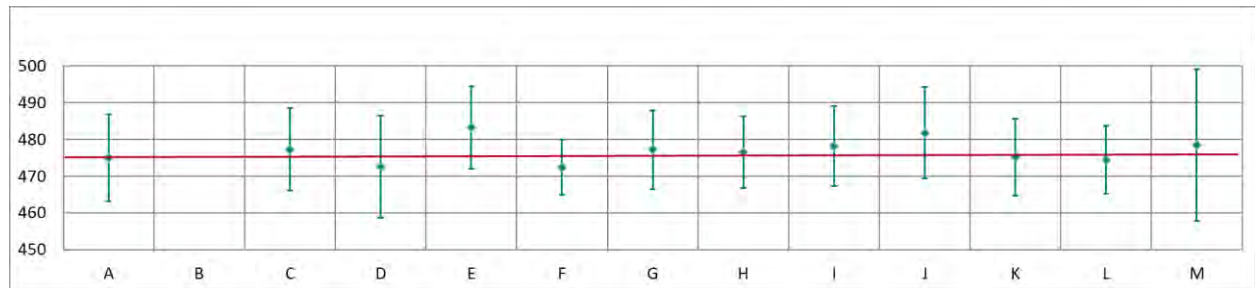


Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 29: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

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

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	-0,2	0,3	0,7	0,1	0,6	0,3	0,5	0,4	-0,1	0,6	0,2	0,1	0,9
$x_{i,2}$	-0,2	0,2	0,5	0,0	0,5	0,4	0,4	0,3	-0,3	0,5	0,2	0,0	0,8
X_i	-0,2	0,3	0,6	0,1	0,6	0,4	0,5	0,3	-0,2	0,6	0,2	0,1	0,9
S_i	0,00	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,14	0,07	0,03	0,07	0,07
$u(x_i)$	0,45	0,17	0,50	0,75	0,84	0,22	0,40	0,45	0,59	0,45	0,40	0,40	0,74
$U(x_i)$	0,90	0,34	1,00	1,50	1,67	0,44	0,80	0,90	1,18	0,90	0,80	0,80	1,49

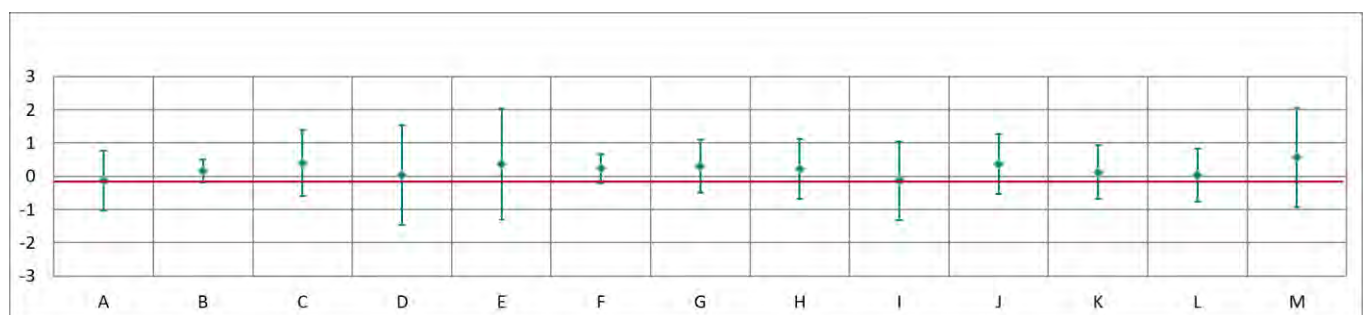


Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 30: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 5 $x^* = 451,8$ $s^* = 3,79$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	450,0		451,0	447,3	457,9	447,6	452,3	451,8	453,1	457,1	450,1	449,6	453,4
$x_{i,2}$	450,0		450,9	447,0	457,6	447,5	452,4	451,8	453,0	456,9	450,1	449,7	453,3
$x_{i,3}$	449,8		451,0	447,0	457,5	447,2	452,3	452,0	453,1	456,7	450,2	449,8	453,1
$X_{i,}$	449,9		451,0	447,1	457,7	447,4	452,3	451,8	453,1	456,9	450,1	449,7	453,3
$S_{i,}$	0,12		0,06	0,17	0,21	0,21	0,06	0,14	0,06	0,20	0,04	0,10	0,15
$u(x_i)$	5,63		5,32	6,59	5,30	3,37	5,06	4,61	5,16	5,93	5,15	4,50	9,72
$U(x_i)$	11,26		10,64	13,18	10,61	6,74	10,12	9,23	10,32	11,86	10,30	9,00	19,45

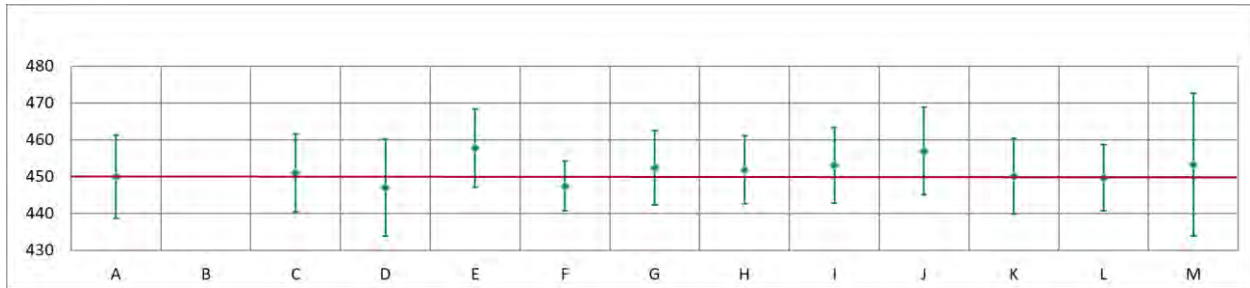


Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 31: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 6 $x^* = 261,4$ $s^* = 2,26$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	260,9		261,5	258,5	264,6	259,3	262,5	261,5	261,8	264,9	261,4	259,5	262,3
$x_{i,2}$	260,3		261,6	258,2	264,2	258,9	262,2	261,2	261,1	264,5	261,0	259,1	261,9
$x_{i,3}$	260,5		261,5	258,4	264,1	258,8	262,2	261,3	260,9	264,7	260,9	259,6	261,8
$X_{i,}$	260,6		261,5	258,4	264,3	259,0	262,3	261,3	261,3	264,7	261,1	259,4	262,0
$S_{i,}$	0,31		0,04	0,15	0,26	0,26	0,17	0,20	0,47	0,20	0,26	0,26	0,26
$u(x_i)$	3,27		3,10	3,93	3,14	2,32	2,94	2,77	3,02	3,51	2,50	2,48	5,63
$U(x_i)$	6,54		6,19	7,86	6,28	4,64	5,89	5,55	6,04	7,02	5,00	4,96	11,26

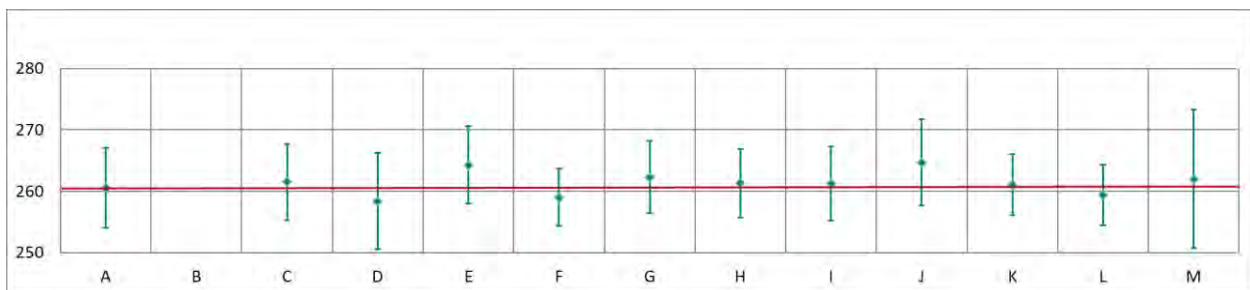


Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 32: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 7 $x^* = 251,8$ $s^* = 2,42$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	250,7		250,8	249,5	255,2	249,2	252,4	251,8	252,4	254,9	250,7	248,9	252,7
$x_{i,2}$	250,9		250,5	249,7	255,2	249,2	252,5	252,1	252,5	255,0	250,8	249,0	252,9
$x_{i,3}$	251,0		250,4	249,8	255,4	249,4	252,6	252,3	252,4	255,1	251,1	249,1	253,0
X_i	250,9		250,5	249,7	255,3	249,3	252,5	252,1	252,4	255,0	250,8	249,0	252,9
S_i	0,15		0,21	0,15	0,12	0,12	0,10	0,26	0,06	0,10	0,19	0,10	0,15
$u(x_i)$	3,14		2,99	3,81	3,04	2,24	2,83	2,69	2,90	3,39	2,50	2,41	5,44
$U(x_i)$	6,29		5,98	7,62	6,08	4,48	5,66	5,37	5,80	6,78	5,00	4,82	10,87

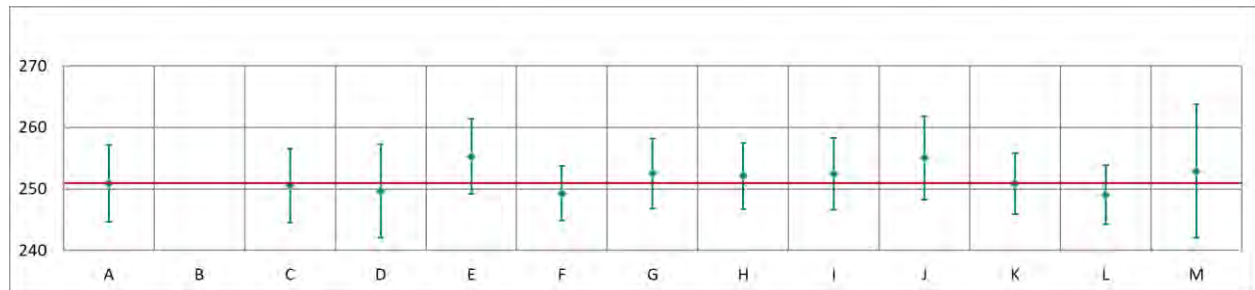


Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 33: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 8 $x^* = 131,3$ $s^* = 1,20$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	131,1	130,1	130,6	130,4	133,0	130,3	132,2	131,6	131,0	133,3	131,3	130,2	131,8
$x_{i,2}$	131,2	130,3	130,4	130,5	133,1	130,2	132,3	131,6	131,2	133,4	131,3	130,3	131,8
$x_{i,3}$	131,1	130,1	130,7	130,4	133,0	130,5	132,3	131,5	131,3	133,5	131,2	130,2	131,8
X_i	131,1	130,2	130,5	130,4	133,0	130,3	132,3	131,6	131,2	133,4	131,3	130,2	131,8
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,0
$u(x_i)$	1,65	1,99	1,55	3,27	1,74	1,11	1,50	1,60	1,53	1,70	1,40	1,50	2,83
$U(x_i)$	3,31	3,99	3,11	6,54	3,48	2,22	2,99	3,20	3,06	3,40	2,80	3,00	5,67

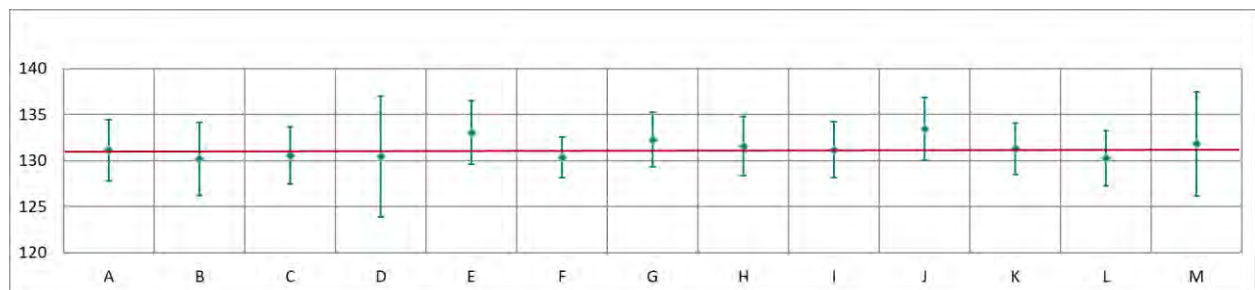


Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 34: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 9 $x^* = 125,4$ $s^* = 1,16$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	124,6	124,1	124,3	125,1	127,3	124,1	125,8	125,5	125,3	127,2	124,8	124,8	126,0
$x_{i,2}$	124,7	124,2	124,4	125,1	127,4	124,1	125,9	125,6	125,4	127,2	125,0	124,9	126,1
$x_{i,3}$	124,7	124,1	124,6	125,1	127,1	124,0	125,9	125,6	125,4	127,0	125,0	124,7	126,0
X_i	124,7	124,1	124,4	125,1	127,3	124,1	125,9	125,5	125,4	127,1	125,0	124,8	126,0
S_i	0,06	0,06	0,11	0,00	0,15	0,06	0,06	0,04	0,06	0,12	0,11	0,10	0,06
$u(x_i)$	1,58	1,93	1,47	3,27	1,68	1,08	1,43	1,55	1,48	1,61	1,50	1,55	2,70
$U(x_i)$	3,16	3,86	2,95	6,54	3,36	2,16	2,85	3,10	2,96	3,22	3,00	3,10	5,40

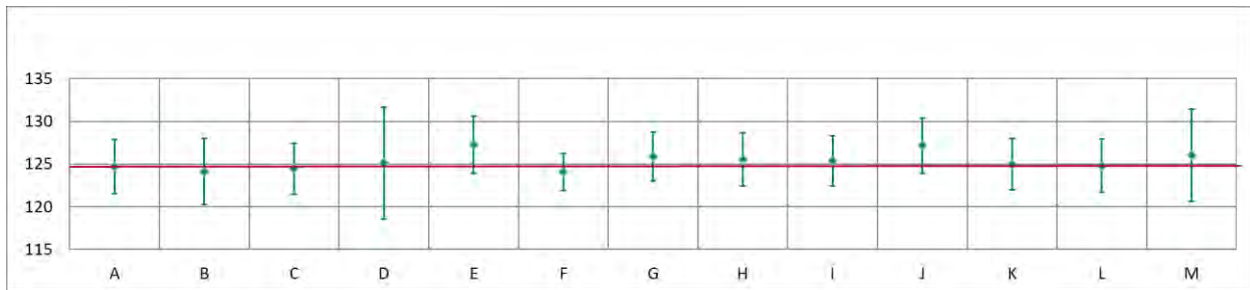


Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 35: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 10 $x^* = 34,5$ $s^* = 0,56$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	34,1	33,7	34,6	35,0	34,9	34,3	35,0	34,4	33,9	35,2	34,6	33,9	34,4
$x_{i,2}$	34,1	33,8	34,6	35,1	34,9	34,2	35,0	34,5	33,8	35,2	34,4	33,6	34,5
$x_{i,3}$	34,1	33,8	34,5	35,1	34,8	34,2	35,0	34,4	33,9	35,1	34,3	33,8	34,3
X_i	34,1	33,8	34,6	35,1	34,9	34,2	35,0	34,4	33,9	35,2	34,4	33,8	34,4
S_i	0,00	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,00	0,02	0,06	0,06	0,14	0,15	0,10
$u(x_i)$	0,50	0,17	0,50	3,27	0,94	0,58	0,50	0,97	0,59	0,73	0,84	0,97	0,74
$U(x_i)$	0,99	0,34	1,00	6,54	1,88	1,16	1,00	1,94	1,18	1,46	1,68	1,94	1,48



Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 36: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 11 $x^* = 80,1$ $s^* = 0,83$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	79,4	79,1	79,5	80,4	81,3	79,2	80,6	80,1	79,8	81,1	79,8	79,2	80,5
$x_{i,2}$	79,4	79,1	79,6	80,5	81,4	79,3	80,7		79,8	81,2	79,8	79,4	80,5
$x_{i,3}$	79,5	79,2	79,7	80,5	81,4	79,3	80,7	80,3	79,8	81,2	79,8	79,5	80,6
X_i	79,4	79,1	79,6	80,5	81,4	79,3	80,7	80,2	79,8	81,2	79,8	79,4	80,5
S_i	0,06	0,06	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,14	0,00	0,06	0,03	0,15	0,06
$u(x_i)$	1,02	1,70	0,95	3,27	1,25	0,79	0,94	1,22	1,00	1,04	0,90	1,21	1,70
$U(x_i)$	2,03	3,40	1,90	6,54	2,50	1,58	1,88	2,44	2,00	2,08	1,80	2,42	3,40

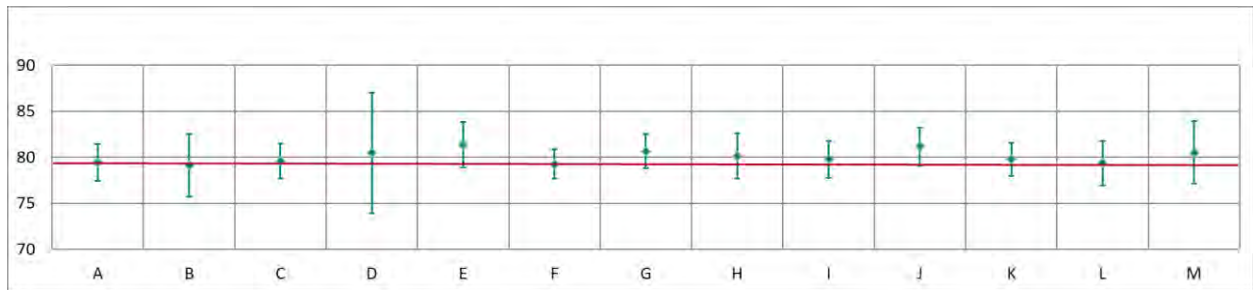


Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

Tabelle 37: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 12 $x^* = 33,3$ $s^* = 0,58$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	32,6	32,4	33,2	33,9	33,7	32,9	33,8	33,2	32,6	33,7	33,0	32,5	33,2
$x_{i,2}$	32,8	32,6	33,2	34,0	33,9	33,1	33,9	33,4	32,6	33,8	33,2	32,6	33,5
$x_{i,3}$	32,9	32,7	33,3	34,1	33,9	33,2	33,8	33,5	32,7	33,9	33,2	32,7	33,4
X_i	32,8	32,6	33,2	34,0	33,8	33,1	33,8	33,4	32,6	33,8	33,1	32,6	33,4
S_i	0,46	0,20	0,50	3,27	0,91	0,60	0,50	0,97	0,59	0,69	0,60	0,96	0,72
$u(x_i)$	0,46	0,20	0,50	3,27	0,91	0,60	0,50	0,97	0,59	0,69	0,60	0,96	0,72
$U(x_i)$	0,92	0,40	1,00	6,54	1,83	1,20	1,00	1,94	1,18	1,38	1,20	1,92	1,43

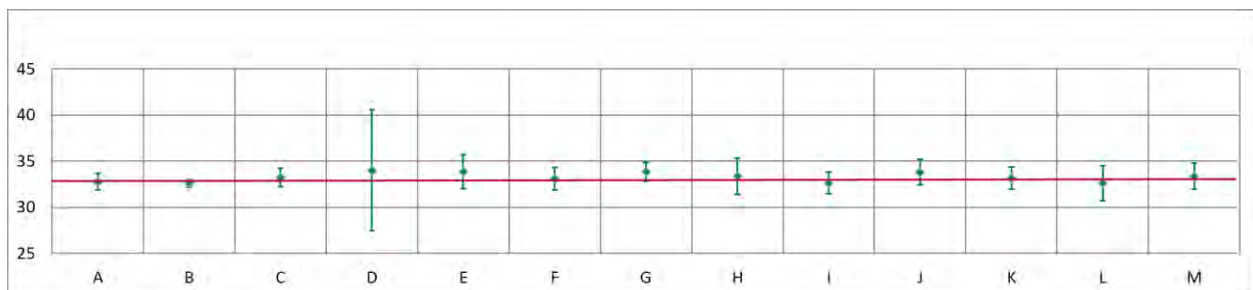


Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 38: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 13 $x^* = 40,0$ $s^* = 0,63$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	39,2	39,1	39,8	40,8	40,7	39,5	40,3	39,9	39,6	40,4	39,5	38,9	40,1
$x_{i,2}$	39,1	39,2	39,9	40,9	40,7	39,6	40,4	40,0	39,5	40,6	39,7	39,2	40,1
$x_{i,3}$	39,4	39,3	39,9	40,9	40,7	39,5	40,4	40,2	39,6	40,6	39,8	39,3	40,2
X_i	39,2	39,2	39,9	40,9	40,7	39,5	40,4	40,0	39,6	40,5	39,7	39,1	40,1
S_i	0,15	0,10	0,06	0,06	0,00	0,06	0,06	0,14	0,06	0,12	0,14	0,21	0,06
$u(x_i)$	0,53	0,18	0,50	3,27	0,95	0,60	0,50	1,00	0,59	0,74	0,84	0,96	0,86
$U(x_i)$	1,07	0,37	1,00	6,54	1,91	1,20	1,00	2,00	1,18	1,48	1,68	1,92	1,72

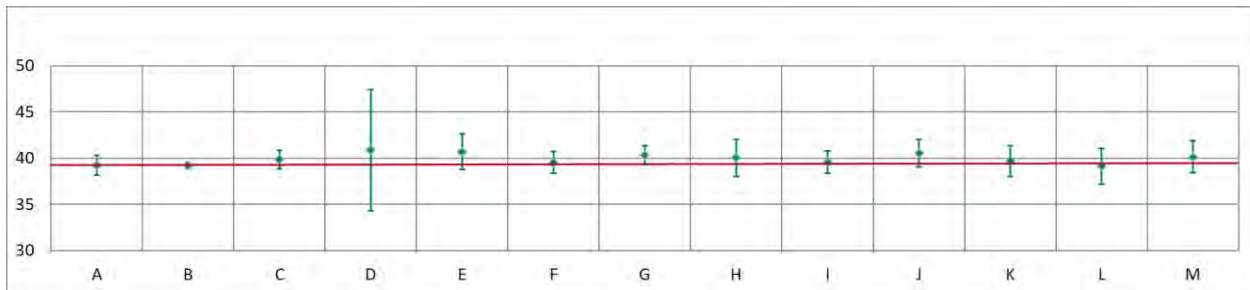


Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 39: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 14 $x^* = 18,6$ $s^* = 0,42$

	Teilnehmer												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	17,9	18,0	18,7	19,4	18,8	18,3	18,9	18,6	17,9	18,8	18,2	18,6	18,5
$x_{i,2}$	17,9	18,1	18,6	19,5	19,0	18,4	18,9	18,6	17,8	18,7	18,4	18,6	18,7
$x_{i,3}$	18,0	18,0	18,7	19,4	18,9	18,3	19,0	18,6	17,8	18,8	18,3	18,6	18,5
X_i	17,9	18,0	18,6	19,4	18,9	18,3	18,9	18,6	17,8	18,8	18,3	18,6	18,6
S_i	0,06	0,06	0,03	0,06	0,10	0,06	0,06	0,02	0,06	0,06	0,10	0,02	0,12
$u(x_i)$	0,46	0,16	0,50	3,27	0,87	0,54	0,50	0,92	0,59	0,59	0,42	0,91	0,68
$U(x_i)$	0,93	0,32	1,00	6,54	1,73	1,08	1,00	1,84	1,18	1,18	0,84	1,82	1,37

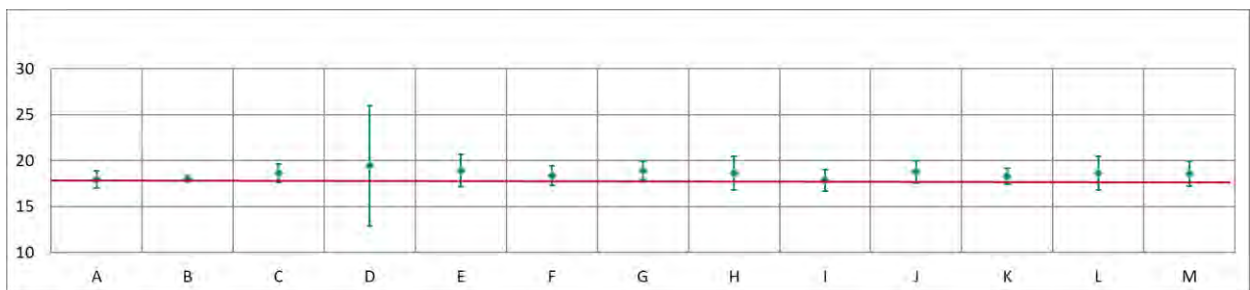


Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 40: Ergebnisse für NO bei Durchgang 15 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 15 $x^* = 10,4$ $s^* = 0,40$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	9,8	9,9	10,3	11,2	10,7	10,2	10,7	10,4	9,7	10,4	10,0	9,9	10,3	
$x_{i,2}$	9,6	10,0	10,5	11,3	10,8	10,4	10,8	10,5	9,8	10,4	10,3	10,0	10,3	
$x_{i,3}$	9,8	10,0	10,5	11,3	10,8	10,3	10,7	10,6	9,9	10,7	10,2	10,0	10,3	
X_i	9,7	10,0	10,4	11,3	10,8	10,3	10,7	10,5	9,8	10,5	10,2	10,0	10,3	
S_i	0,12	0,06	0,08	0,06	0,06	0,10	0,06	0,14	0,10	0,17	0,11	0,06	0,00	
$u(x_i)$	0,45	0,16	0,50	3,27	0,85	0,54	0,50	0,92	0,59	0,57	0,40	0,93	0,56	
$U(x_i)$	0,90	0,31	1,00	6,54	1,69	1,08	1,00	1,83	1,18	1,12	0,80	1,86	1,12	

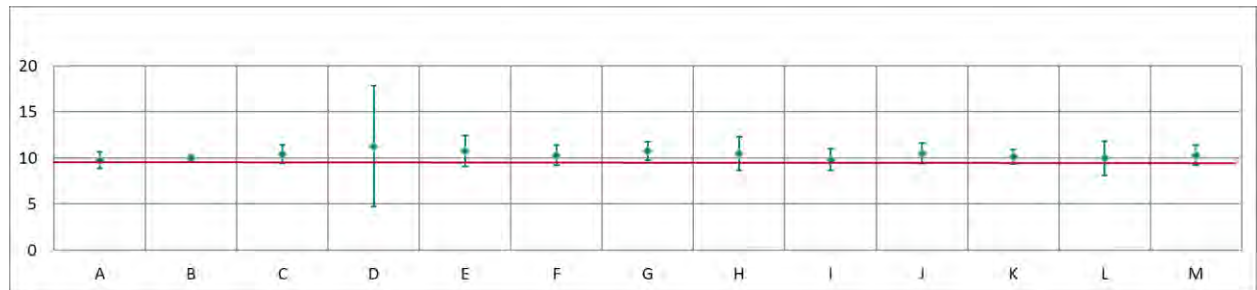


Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 15 (in nmol/mol).

Tabelle 41: Ergebnisse für NO bei Durchgang 16 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 16 $x^* = 15,4$ $s^* = 0,42$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	14,7	15,0	15,5	16,4	15,8	15,3	15,7	15,6	14,9	15,5	15,2	15,0	15,4	
$x_{i,2}$	14,7	14,9	15,6	16,4	15,8	15,3	15,8	15,4	14,6	15,6	15,2	15,0	15,4	
$x_{i,3}$	14,7	15,0	15,6	16,4	15,7	15,2	15,7	15,5	14,9	15,7	15,2	14,9	15,4	
X_i	14,7	15,0	15,6	16,4	15,8	15,3	15,7	15,5	14,8	15,6	15,2	15,0	15,4	
S_i	0,00	0,06	0,05	0,00	0,06	0,06	0,06	0,11	0,17	0,10	0,02	0,06	0,00	
$u(x_i)$	0,47	0,17	0,50	3,27	0,85	0,54	0,50	0,92	0,59	0,62	0,40	0,90	0,64	
$U(x_i)$	0,94	0,33	1,00	6,54	1,70	1,08	1,00	1,84	1,18	1,24	0,80	1,80	1,27	

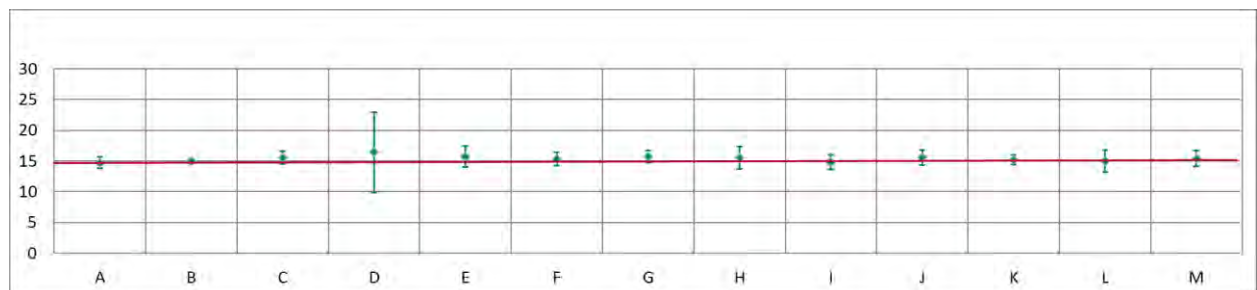


Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 42: Ergebnisse für NO bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO, Durchgang 17 $x^* = 0,3$ $s^* = 0,26$

	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	-0,2	0,3	0,6	0,0	0,4	0,5	0,6	0,5	-0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	
$x_{i,2}$	-0,3	0,2	0,6	0,0	0,5	0,4	0,7	0,5	-0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	
$x_{i,3}$	-0,3	0,2	0,6	0,0	0,5	0,4	0,7	0,5	-0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	
X_i	-0,3	0,2	0,6	0,0	0,5	0,4	0,7	0,5	-0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	
S_i	0,06	0,06	0,02	0,00	0,06	0,06	0,06	0,01	0,06	0,00	0,02	0,06	0,06	
$u(x_i)$	0,49	0,16	0,50	0,75	0,84	0,52	0,50	0,90	0,59	0,50	0,40	0,05	0,74	
$U(x_i)$	0,97	0,31	1,00	1,50	1,67	1,04	1,00	1,81	1,18	1,00	0,80	0,10	1,49	

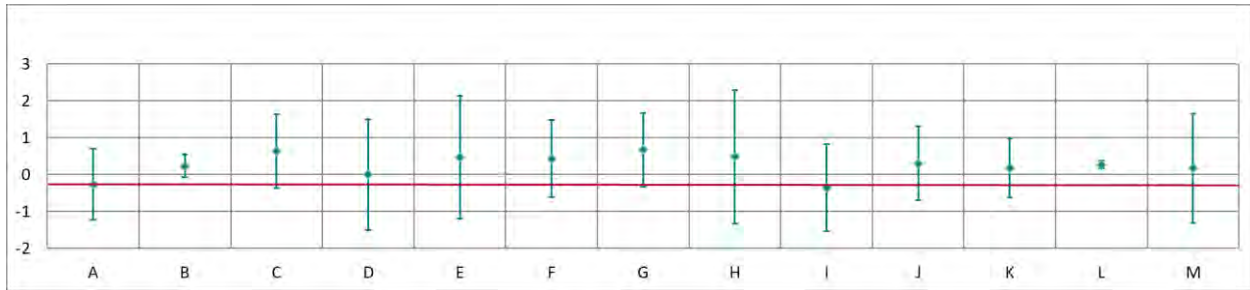


Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 17 (in nmol/mol).

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

Parameter: NO, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,3$ $s^* = 0,19$

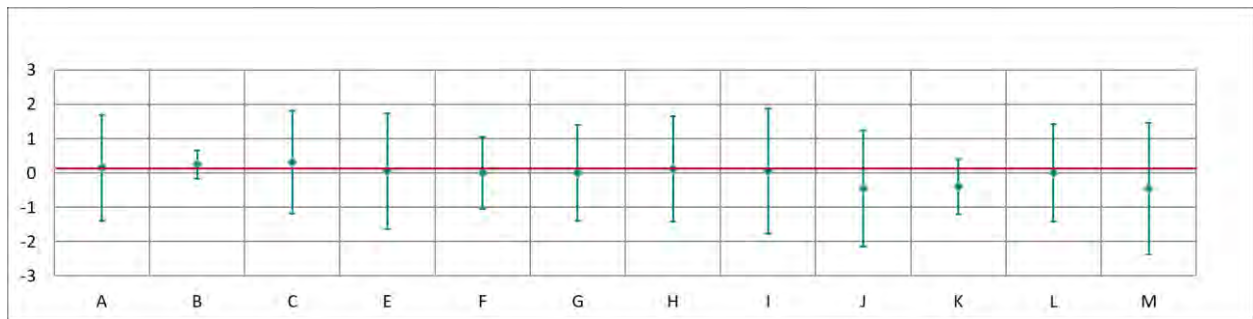
	Teilnehmer													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	-0,3	0,3	0,5	0,1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3	
$x_{i,2}$	-0,4	0,2	0,5	0,0	0,5	0,4	0,3	0,4	-0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	
X_i	-0,4	0,3	0,5	0,1	0,5	0,4	0,3	0,4	-0,1	0,4	0,2	0,2	0,3	
S_i	0,07	0,07	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,07	0,04	0,00	0,07	
$u(x_i)$	0,44	0,16	0,50	0,75	0,84	0,21	0,40	0,46	0,59	0,47	0,40	0,50	0,71	
$U(x_i)$	0,89	0,31	1,00	1,50	1,69	0,42	0,80	0,92	1,18	0,94	0,80	1,00	1,42	



Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Ergebnisse für NO₂Tabelle 43: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 0 $x^* = 0,0$ $s^* = 0,10$

	Teilnehmer												
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,4	-0,4	0,0	-0,4	
$x_{i,2}$	0,2	0,2	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	-0,5	-0,4	0,0	-0,5	
X_i	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,5	-0,4	0,0	-0,5	
S_i	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	
$u(x_i)$	0,78	0,21	0,75	0,84	0,52	0,70	0,77	0,91	0,85	0,40	0,71	0,96	
$U(x_i)$	1,55	0,41	1,50	1,68	1,04	1,40	1,53	1,82	1,70	0,80	1,42	1,92	

Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Tabelle 44: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 1 $x^* = 14,8$ $s^* = 1,45$

	Teilnehmer												
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	14,8		13,6	14,2	15,4	14,3	14,2	17,2	15,7	15,7	14,8	13,0	
$x_{i,2}$	15,0		14,4	14,2	15,3	14,4	14,1	17,0	16,2	15,9	14,9	13,2	
$x_{i,3}$	14,9		14,0	14,2	15,4	14,4	14,2	17,1	16,0	15,8	14,9	13,1	
X_i	14,9		14,0	14,2	15,4	14,4	14,2	17,1	16,0	15,8	14,9	13,1	
S_i	0,1		0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,1	0,0	0,1	
$u(x_i)$	0,85		0,75	1,21	1,26	0,50	1,03	0,91	0,91	0,60	1,00	0,90	
$U(x_i)$	1,70		1,50	2,43	2,52	1,00	2,07	1,82	1,82	1,20	2,00	1,81	

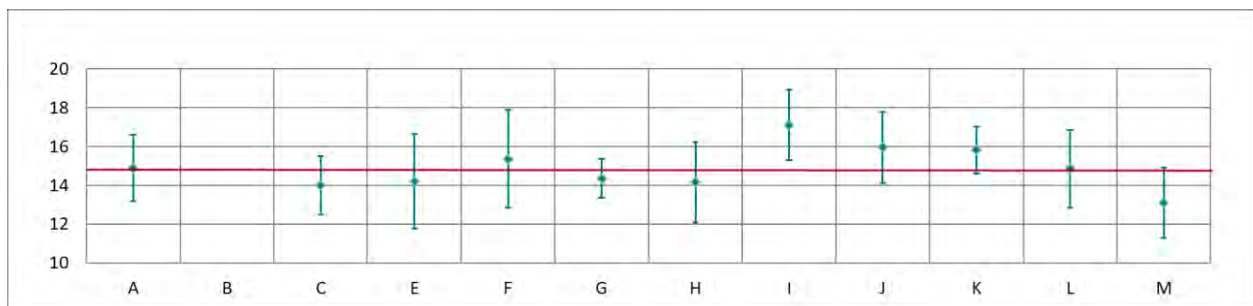
Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 45: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 2 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 2 $x^* = 70,3$ $s^* = 1,58$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	70,2		69,5	70,6	70,3	70,0	69,6	72,4	71,8	71,9	70,1	69,0
$x_{i,2}$	70,0		69,2	70,6	70,4	69,9	69,5	72,3	71,8	72,4	70,2	68,9
$x_{i,3}$	70,1		69,3	70,6	70,5	70,2	69,2	72,1	71,7	72,6	70,0	68,9
X_i	70,1		69,3	70,6	70,4	70,0	69,4	72,3	71,8	72,3	70,1	68,9
S_i	0,1		0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1
$u(x_i)$	1,01		1,01	2,08	1,35	0,89	1,22	1,14	2,11	0,90	1,22	1,49
$U(x_i)$	2,02		2,02	4,17	2,70	1,78	2,43	2,28	4,22	1,80	2,44	2,98

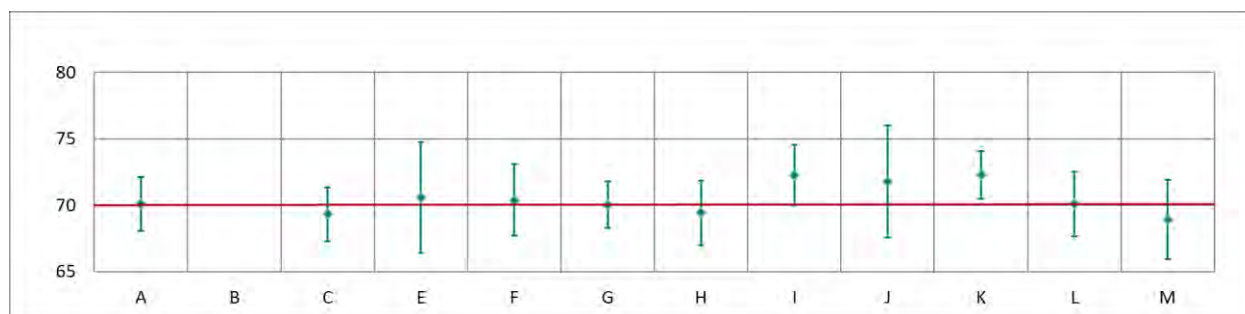


Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 3 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 3 $x^* = 128,5$ $s^* = 1,59$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	127,7		127,6	129,6	127,9	128,0	127,3	130,2	130,2	130,3	128,0	127,2
$x_{i,2}$	127,7		127,2	129,8	128,1	128,1	127,5	130,1	130,3	130,4	128,3	127,4
$x_{i,3}$	128,0		127,9	130,1	128,3	128,3	127,9	130,3	130,6	129,9	128,6	127,7
X_i	127,8		127,6	129,8	128,1	128,1	127,6	130,2	130,4	130,2	128,3	127,4
S_i	0,2		0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
$u(x_i)$	1,81		1,86	3,42	1,58	1,50	1,63	1,71	2,50	1,35	1,60	2,76
$U(x_i)$	3,61		3,72	6,83	3,16	2,99	3,26	3,42	5,00	2,70	3,20	5,51

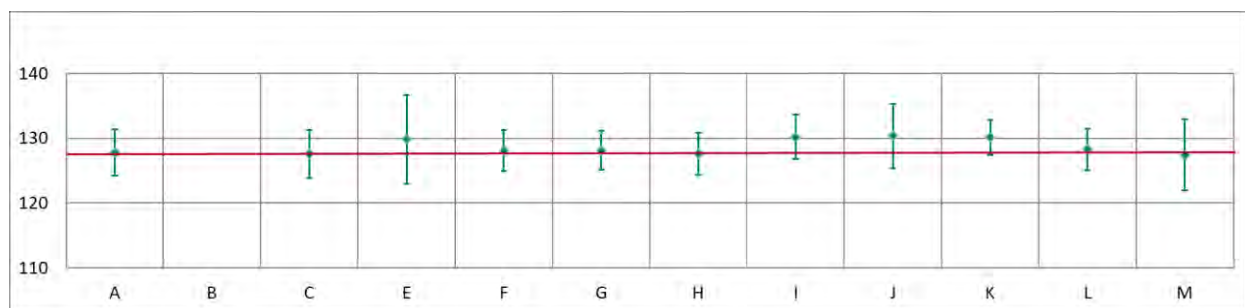
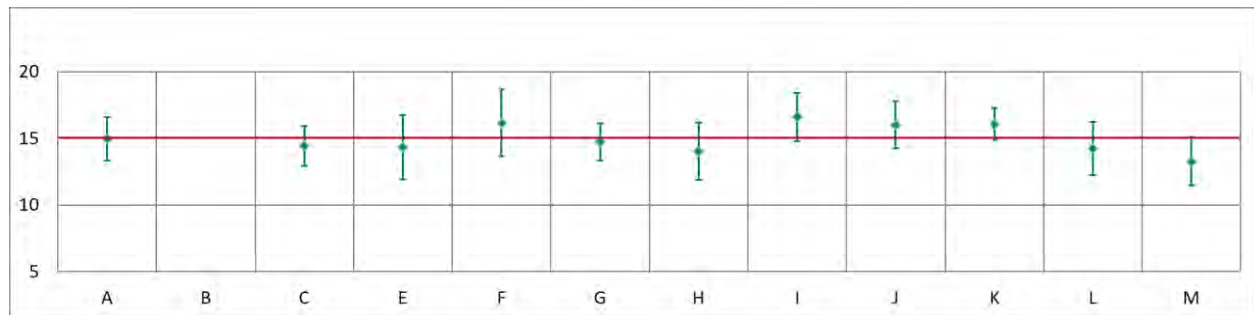


Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 47: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 4 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 4 $x^* = 14,7$ $s^* = 1,47$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	15,0		14,2	14,3	16,1	14,9	14,2	16,6	16,0	16,3	14,3	13,3
$x_{i,2}$	14,9		14,2	14,4	16,1	14,6	13,9	16,6	16,0	16,0	14,1	13,2
$x_{i,3}$	15,0		15,0	14,3	16,2	14,7	13,9	16,6	16,0	15,9	14,2	13,3
X_i	15,0		14,4	14,3	16,1	14,7	14,0	16,6	16,0	16,1	14,2	13,3
S_i	0,1		0,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,82		0,75	1,21	1,25	0,70	1,07	0,91	0,88	0,60	1,00	0,91
$U(x_i)$	1,64		1,50	2,42	2,50	1,40	2,15	1,82	1,76	1,20	2,00	1,82

Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 4 (in nmol/mol).Tabelle 48: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 2) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,11$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,5	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	-0,3	-0,2	-0,1	-0,3
$x_{i,2}$	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	-0,5	-0,2	-0,1	-0,2
X_i	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	-0,4	-0,2	-0,1	-0,3
S_i	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
$u(x_i)$	0,77	0,21	0,75	0,84	0,53	0,70	0,76	0,91	0,77	0,40	0,80	0,96
$U(x_i)$	1,54	0,43	1,50	1,68	1,06	1,40	1,52	1,82	1,54	0,80	1,60	1,92

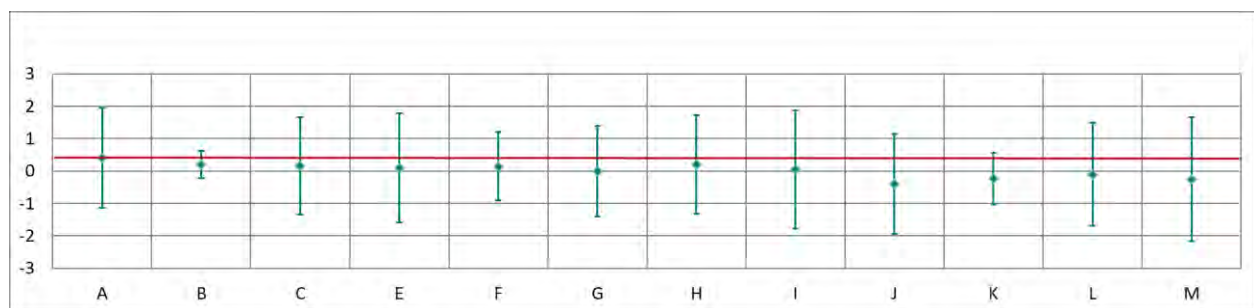
Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

Tabelle 49: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 5 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 5 $x^* = 8,9$ $s^* = 1,12$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	9,0		8,4	8,4	10,0	8,6	8,1	10,5	9,9	9,5	8,3	7,4
$x_{i,2}$	9,1		8,8	8,4	10,1	8,7	8,1	10,6	10,0	9,4	8,2	7,4
$x_{i,3}$	8,9		8,8	8,5	10,1	8,6	8,1	10,3	10,0	9,4	8,2	7,5
X_i	9,0		8,6	8,4	10,1	8,6	8,1	10,5	10,0	9,4	8,2	7,4
S_i	0,1		0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1
$u(x_i)$	0,79		0,75	1,15	0,53	0,70	1,00	0,91	0,91	0,70	1,10	0,82
$U(x_i)$	1,57		1,50	2,30	1,06	1,40	2,00	1,82	1,82	1,40	2,20	1,63

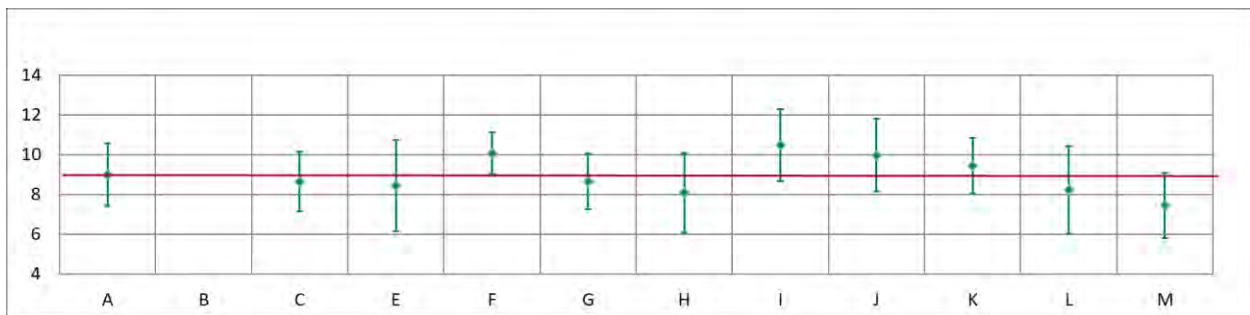


Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 5 (in nmol/mol).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 6 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 6 $x^* = 198,9$ $s^* = 2,05$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	197,2		196,9	201,7	197,4	197,8	197,5	200,6	201,4	197,9	198,2	198,5
$x_{i,2}$	197,4		196,8	202,1	197,8	198,0	197,9	200,6	201,8	198,0	198,8	198,7
$x_{i,3}$	197,3		196,7	202,1	198,0	198,0	197,6	200,5	202,0	198,0	198,5	198,7
X_i	197,3		196,8	202,0	197,7	197,9	197,6	200,6	201,7	198,0	198,5	198,6
S_i	0,1		0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
$u(x_i)$	2,50		2,87	5,15	1,96	2,25	2,22	2,45	3,16	2,20	2,30	4,30
$U(x_i)$	5,00		5,74	10,31	3,92	4,51	4,44	4,90	6,32	4,40	4,60	8,60

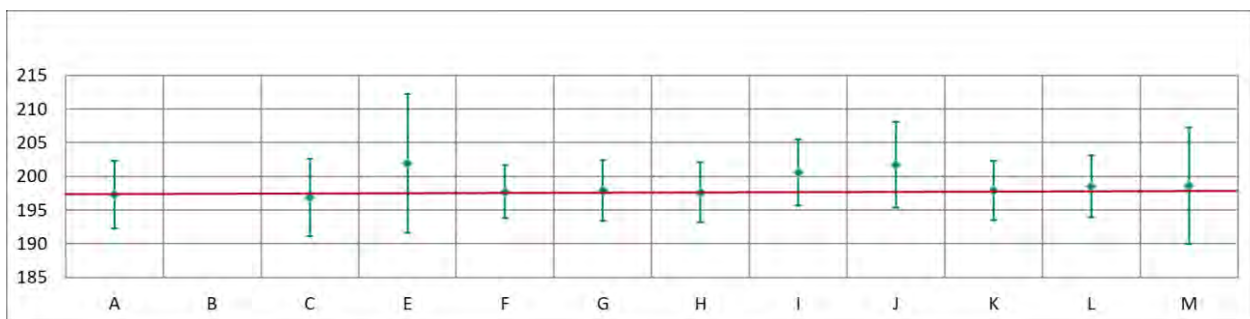


Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 51: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 7 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 7 $x^* = 4,8$ $s^* = 0,56$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	5,1		4,4	4,7	5,4	4,6	4,5	5,8	5,4	4,7	4,6	4,0
$x_{i,2}$	5,1		4,9	4,7	5,3	4,6	4,5	5,7	5,4	4,7	4,6	3,9
$x_{i,3}$	5,1		4,7	4,6	5,3	4,6	4,5	5,8	5,2	4,5	4,6	4,0
X_i	5,1		4,6	4,7	5,3	4,6	4,5	5,8	5,3	4,6	4,6	4,0
S_i	0,0		0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1
$u(x_i)$	0,77		0,75	0,95	0,53	0,70	0,97	0,91	0,81	0,41	0,90	0,76
$U(x_i)$	1,53		1,50	1,89	1,06	1,40	1,95	1,82	1,62	0,82	1,80	1,52

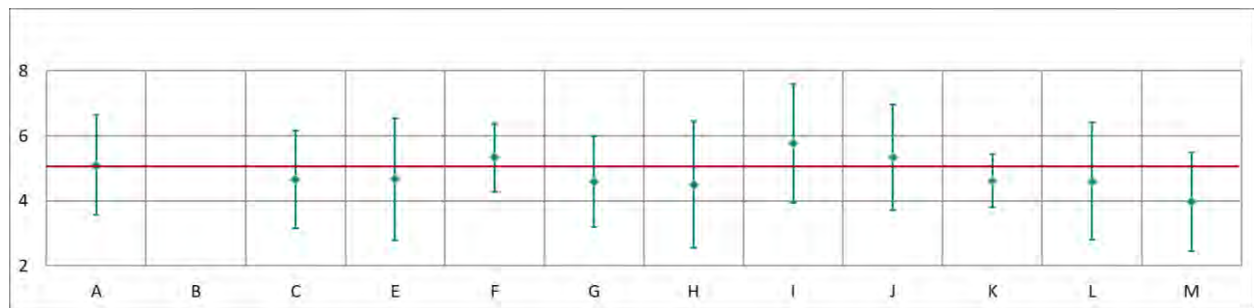


Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 7 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 8 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 8 $x^* = 125,3$ $s^* = 1,53$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	124,9	121,2	124,2	127,6	124,6	125,1	124,9	126,7	127,3	124,7	125,0	125,5
$x_{i,2}$	125,0	120,5	124,4	127,6	124,7	125,0	125,0	126,4	127,3	124,5	125,2	125,6
$x_{i,3}$	125,0	120,5	124,1	127,6	124,7	124,9	125,1	126,4	127,4	124,6	125,3	125,5
X_i	125,0	120,9	124,3	127,6	124,7	125,1	124,9	126,6	127,3	124,6	125,1	125,6
S_i	0,1	0,4	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
$u(x_i)$	1,60	2,01	1,82	3,32	1,07	1,45	1,57	1,57	1,80	1,50	1,40	2,72
$U(x_i)$	3,20	4,01	3,64	6,63	2,14	2,89	3,14	3,14	3,60	3,00	2,80	5,43

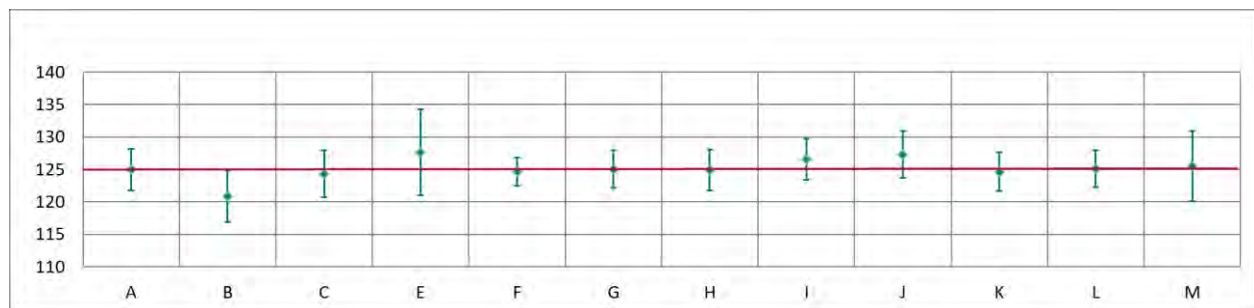


Abbildung 83: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 53: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 9 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 9 $x^* = 2,2$ $s^* = 0,27$

	Teilnehmer												
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	2,6	1,4	2,2	2,3	2,1	2,2	2,2	2,8	2,5	2,3	2,0	1,8	
$x_{i,2}$	2,6	1,2	2,2	2,2	2,3	2,1	2,1	2,9	2,5	2,1	1,9	1,8	
$x_{i,3}$	2,5	1,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,8	2,3	2,2	2,0	1,9	
X_i	2,6	1,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,8	2,4	2,2	2,0	1,8	
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	0,79	0,30	0,75	0,88	0,53	0,70	0,95	0,91	0,48	0,44	0,78	0,73	
$U(x_i)$	1,58	0,60	1,50	1,75	1,06	1,40	1,90	1,82	0,96	0,88	1,56	1,46	

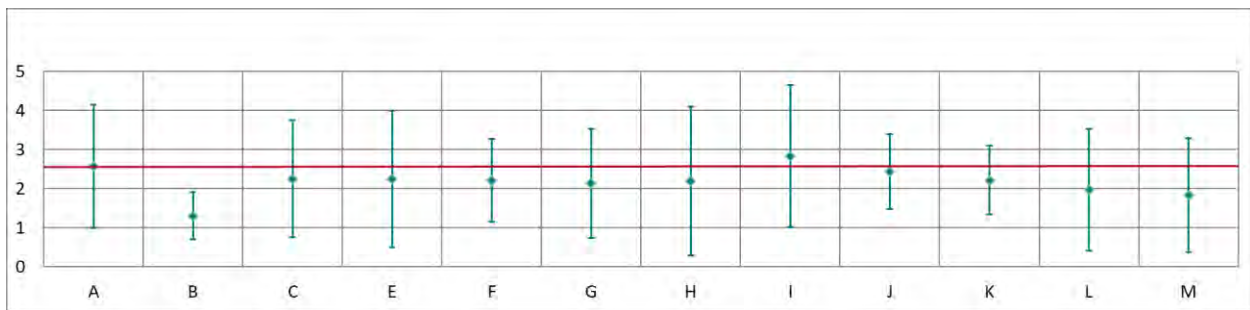


Abbildung 84: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 9 (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 10 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 10 $x^* = 93,0$ $s^* = 1,36$

	Teilnehmer												
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
$x_{i,1}$	93,2	90,5	91,9	95,0	92,0	93,0	92,9	94,0	94,3	93,0	91,9	93,7	
$x_{i,2}$	93,2	90,6	91,9	94,9	92,0	93,0	92,9	94,0	94,3	92,9	92,0	93,6	
$x_{i,3}$	93,2	90,4	92,3	94,9	92,1	93,0	92,9	94,1	94,4	93,0	91,8	93,6	
X_i	93,2	90,5	92,0	94,9	92,0	93,0	92,9	94,0	94,3	92,9	91,9	93,6	
S_i	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
$u(x_i)$	1,22	1,77	1,39	2,53	0,87	1,10	1,33	1,27	1,35	0,93	1,38	2,03	
$U(x_i)$	2,44	3,54	2,79	5,05	1,74	2,20	2,66	2,54	2,70	1,86	2,76	4,05	

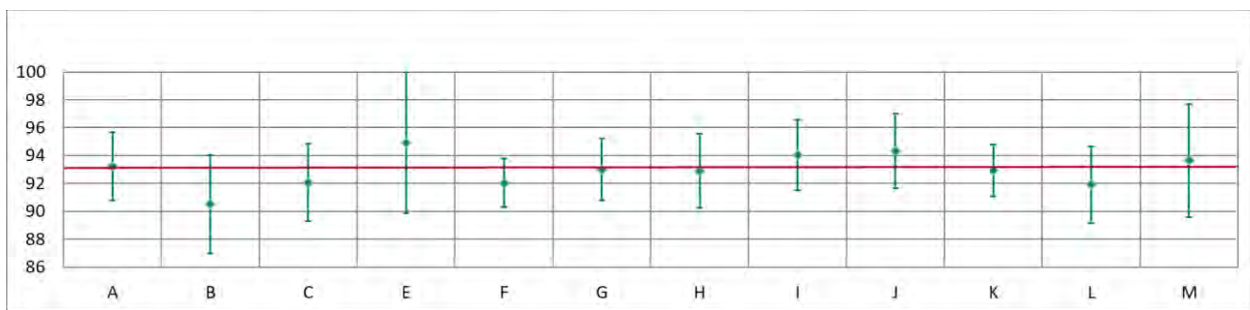
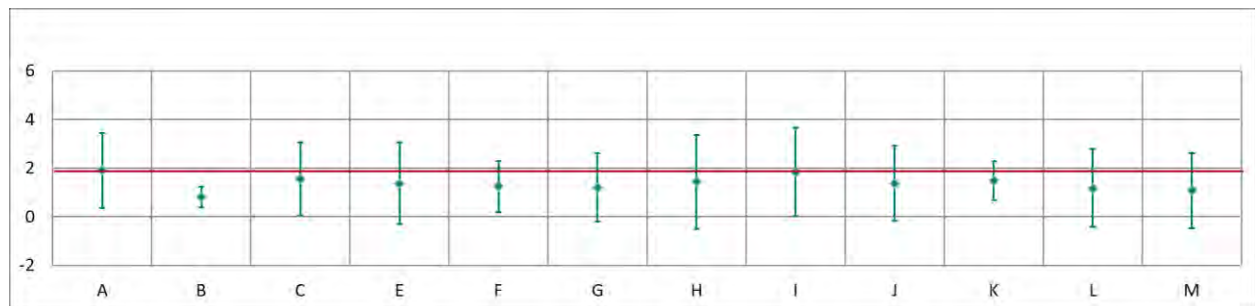


Abbildung 85: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 55: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 11 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 11 $x^* = 1,3$ $s^* = 0,24$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	1,9	0,8	1,6	1,4	1,2	1,2	1,4	1,8	1,3	1,5	1,2	1,1
$x_{i,2}$	1,9	0,8	1,4	1,4	1,2	1,2	1,5	1,9	1,4	1,5	1,2	1,1
$x_{i,3}$	1,9	0,8	1,6	1,3	1,3	1,2	1,4	1,8	1,4	1,5	1,1	1,0
X_i	1,9	0,8	1,6	1,4	1,2	1,2	1,4	1,8	1,4	1,5	1,2	1,1
S_i	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,78	0,21	0,75	0,85	0,52	0,70	0,96	0,91	0,77	0,40	0,80	0,78
$U(x_i)$	1,55	0,43	1,50	1,69	1,04	1,40	1,92	1,82	1,54	0,80	1,60	1,56

Abbildung 86: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 11 (in nmol/mol).Tabelle 56: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 12 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 12 $x^* = 48,1$ $s^* = 0,74$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	48,6	47,3	48,0	49,3	47,5	48,2	48,3	49,0	48,8	48,2	47,5	48,6
$x_{i,2}$	48,5	47,1	47,7	49,2	47,4	48,1	48,2	49,0	48,7	48,1	47,6	48,3
$x_{i,3}$	48,3	46,9	47,6	49,1	47,3	48,0	48,1	48,7	48,7	48,0	47,5	48,4
X_i	48,5	47,1	47,8	49,2	47,4	48,1	48,2	48,9	48,7	48,1	47,5	48,4
S_i	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
$u(x_i)$	0,68	1,59	0,75	1,49	0,64	0,50	1,06	0,91	0,86	0,85	1,00	1,05
$U(x_i)$	1,36	3,18	1,50	2,98	1,28	1,00	2,11	1,82	1,72	1,70	2,00	2,10

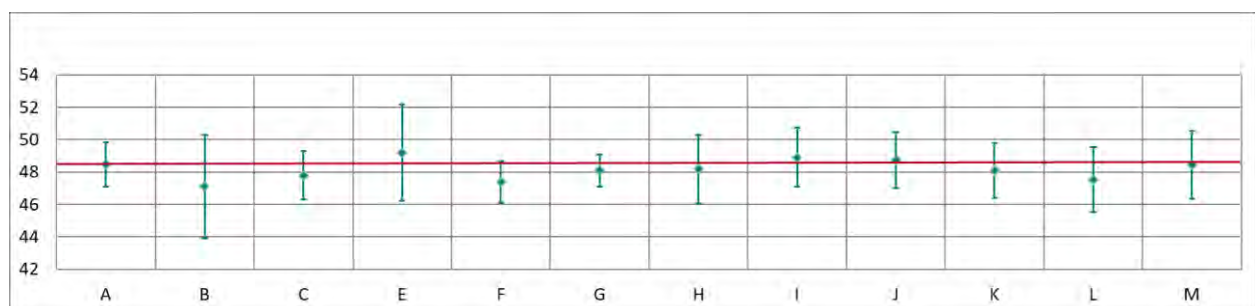
Abbildung 87: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 12 (in nmol/mol).

Tabelle 57: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 13 $x^* = 0,5$ $s^* = 0,22$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	1,1	0,5	0,8	0,7	0,2	0,5	0,8	0,8	0,4	0,6	0,5	0,4
$x_{i,2}$	1,1	0,4	0,8	0,6	0,1	0,4	0,7	0,9	0,5	0,5	0,6	0,6
$x_{i,3}$	1,0	0,4	0,6	0,6	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,3	0,6	0,4
X_i	1,1	0,4	0,8	0,6	0,2	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4	0,6	0,5
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,76	0,16	0,75	0,83	0,52	0,70	0,95	0,91	0,35	0,40	0,90	0,96
$U(x_i)$	1,52	0,31	1,50	1,66	1,04	1,40	1,91	1,82	0,69	0,80	1,80	1,92

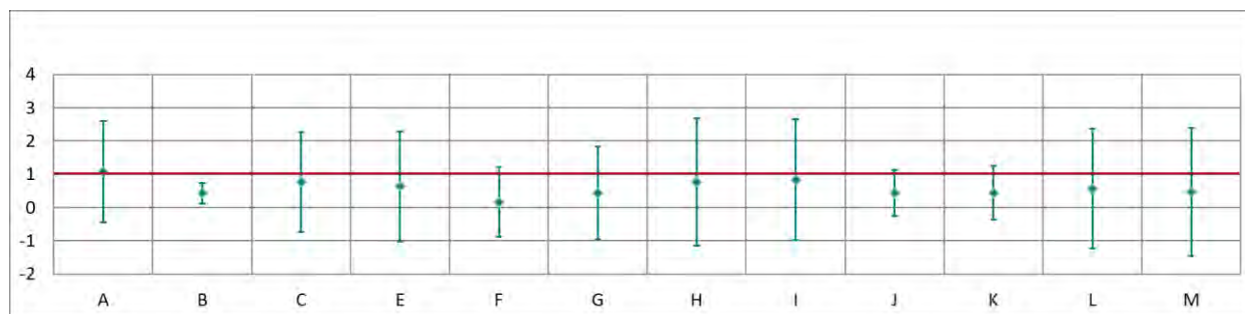


Abbildung 88: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 13 (in nmol/mol).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 14 $x^* = 22,0$ $s^* = 0,37$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	22,4	21,5	21,9	22,5	21,3	21,9	22,1	22,4	22,0	21,9	22,1	22,1
$x_{i,2}$	22,5	21,5	22,0	22,4	21,4	21,8	22,2	22,4	22,0	21,7	22,2	22,0
$x_{i,3}$	22,5	21,6	21,9	22,6	21,4	21,9	22,2	22,4	22,2	21,8	22,2	22,1
X_i	22,5	21,5	21,9	22,5	21,4	21,9	22,2	22,4	22,1	21,8	22,2	22,1
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,78	0,16	0,75	1,00	0,55	0,70	0,95	0,91	0,67	0,42	0,93	1,04
$U(x_i)$	1,57	0,32	1,50	2,00	1,10	1,40	1,91	1,82	1,33	0,84	1,86	2,09

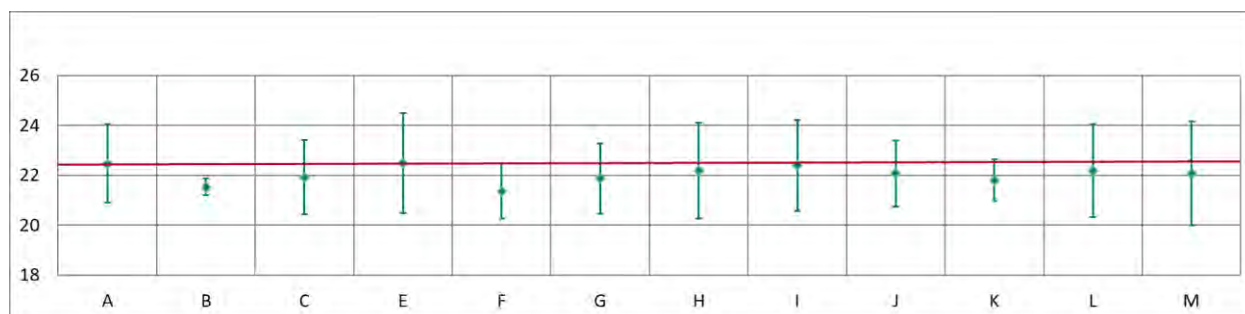
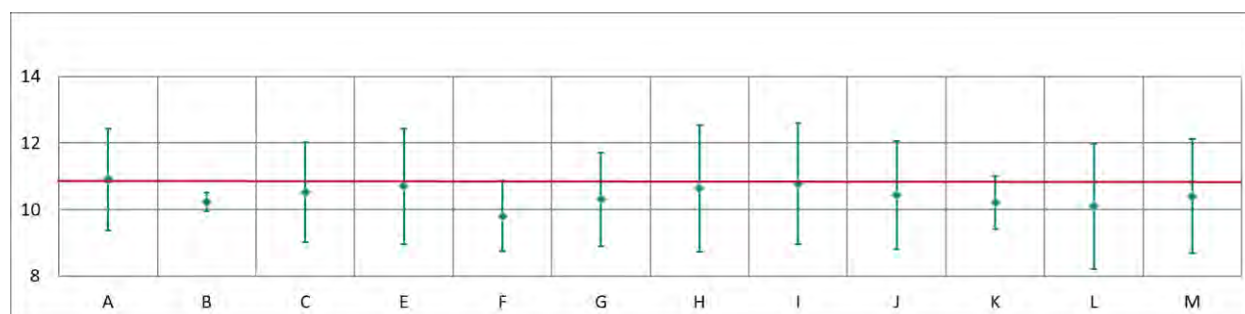


Abbildung 89: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 59: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 15 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 15 $x^* = 10,4$ $s^* = 0,29$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	10,9	10,2	10,6	10,7	9,8	10,3	10,7	10,7	10,4	10,3	10,0	10,4
$x_{i,2}$	10,9	10,2	10,5	10,7	9,8	10,4	10,5	10,8	10,5	10,2	10,1	10,4
$x_{i,3}$	10,9	10,3	10,5	10,7	9,8	10,2	10,7	10,8	10,4	10,2	10,2	10,4
X_i	10,9	10,2	10,5	10,7	9,8	10,3	10,6	10,8	10,4	10,2	10,1	10,4
S_i	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,77	0,14	0,75	0,87	0,53	0,70	0,95	0,91	0,81	0,40	0,94	0,86
$U(x_i)$	1,53	0,28	1,50	1,74	1,06	1,40	1,90	1,82	1,62	0,80	1,88	1,72

Abbildung 90: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 15 (in nmol/mol).Tabelle 60: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 16 (in nmol/mol).Parameter: NO₂, Durchgang 16 $x^* = 5,4$ $s^* = 0,24$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	6,0	5,3	5,6	5,6	4,9	5,3	5,6	5,6	5,3	5,1	5,4	5,4
$x_{i,2}$	5,8	5,4	5,5	5,5	4,8	5,1	5,8	5,7	5,2	5,1	5,5	5,3
$x_{i,3}$	5,9	5,4	5,5	5,6	4,9	5,2	5,7	5,5	5,3	5,2	5,4	5,3
X_i	5,9	5,4	5,5	5,6	4,9	5,2	5,7	5,6	5,3	5,1	5,4	5,3
S_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,81	0,15	0,75	0,85	0,53	0,70	0,94	0,91	0,83	0,40	0,50	0,83
$U(x_i)$	1,62	0,30	1,50	1,71	1,06	1,40	1,87	1,82	1,65	0,80	1,00	1,66

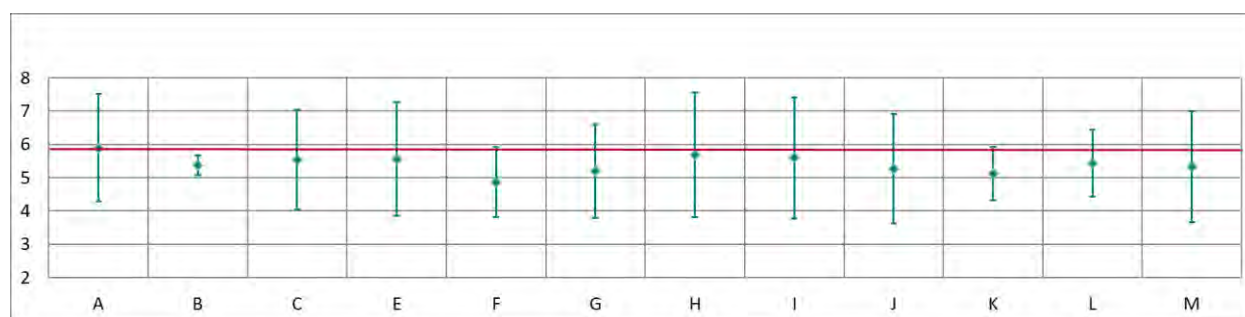
Abbildung 91: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 61: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 17 (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 17 $x^* = 19,6$ $s^* = 0,28$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	19,9	19,4	19,6	20,0	18,9	19,6	19,9	19,8	19,7	19,4	19,5	19,6
$x_{i,2}$	20,0	19,4	19,6	20,1	18,9	19,6	19,8	19,9	19,8	19,5	19,4	19,7
$x_{i,3}$	20,1	19,4	19,7	20,1	18,9	19,6	19,9	20,0	19,8	19,5	19,5	19,7
X_i	20,0	19,4	19,6	20,1	18,9	19,6	19,9	19,9	19,8	19,5	19,5	19,7
S_i	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
$u(x_i)$	0,81	0,12	0,75	0,98	0,54	0,70	0,96	0,91	0,70	0,42	0,96	1,01
$U(x_i)$	1,62	0,25	1,50	1,96	1,08	1,40	1,91	1,82	1,40	0,84	1,92	2,01

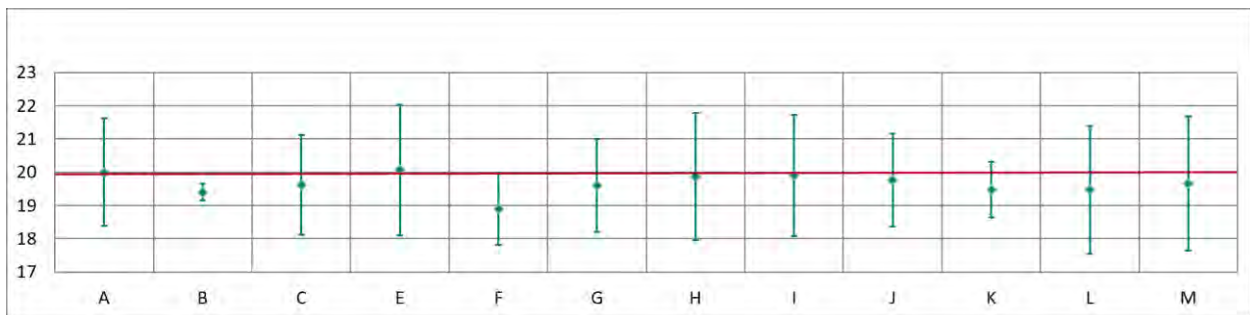


Abbildung 92: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 17 (in nmol/mol).

Tabelle 62: Ergebnisse für NO₂ bei Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Parameter: NO₂, Durchgang 0 (Nullgas 3) $x^* = 0,0$ $s^* = 0,00$

	Teilnehmer											
	A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M
$x_{i,1}$	0,4	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,5	-0,3	0,1	-0,2
$x_{i,2}$	0,4	0,1	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	-0,5	-0,5	0,2	-0,2
X_i	0,4	0,2	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,5	-0,4	0,2	-0,2
S_i	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
$u(x_i)$	0,76	0,22	0,75	0,83	0,52	0,70	0,77	0,91	0,79	0,40	0,85	0,93
$U(x_i)$	1,52	0,44	1,50	1,67	1,04	1,40	1,54	1,82	1,58	0,80	1,70	1,86

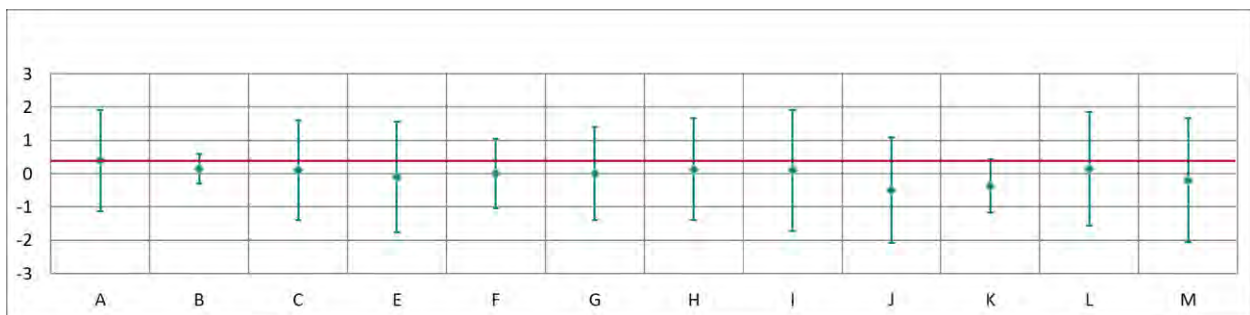


Abbildung 93: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO₂-Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).

Anhang E: 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 und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

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)	158,4/158,4
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,00 nmol/mol NO
Hersteller	Messer Schweiz # D147945
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 086/2019 vom 26.06.2019 (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: Teledyne API

Modell: API T200U

Baujahr: 01/2013 #118

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

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

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

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	150
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,7 nmol/mol
Hersteller	TEI 49i-PS, S. Nr.: 1162110060
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 087/2019 vom 26.06.2019 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas:

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Teledyne API

Modell: T400

Baujahr: 11/2015 #2089

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

2

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

linear

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

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

u_{Null} aus Kalibrierschein

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: iC consulenten Ziviltechniker GesmbH
Namen der Teilnehmer: DI Martin Koller, 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 | 795,7 nmol/mol NO, 802,2 nmol/mol NO _x
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0 | 11,94 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 # APEX1170568, Zertifikat Nr. C1455710.02

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

	ja	nein
Kalibrierung des Messgerätes vor bzw. nach dem Ringversuch?	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 | 795,7 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)	... 0,81%
$u_{(lin.NO)}$	...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	... 0,75 %

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Proficiency testing round for NO/NO₂ and O₃ from 14th to 17th October 2019

Questionnaire on instruments and calibration standards

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

1 NO*

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 (in nmol/mol)	200
	400
	600
	800
	950
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	2,9%
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 49,99 ppm NO 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. 159-1233-4).

Calibration of gas mixture (pressure cylinder used with Thermo 146iq SIAD certified Accredia LAT No. 143 G054919).

Zero gas used: silica gel, active carbon

1.2 Procedure at the proficiency testing round:

	yes	no
Calibration of the measurement instrument before or after the proficiency testing round?	x	
Calibration of the NO-channel with NO	x	
Calibration of the NOx-channel with NO		x
Check with NO2		x
GPT		x
Was the result of the calibration used for data correction?	x	

1.3 Which analyzer was used?

Manufacturer: Thermo

Modell: 42i

Year of construction: 2015

1.4 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:

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

$$UNO_{NGk=2} = 2 \cdot \sqrt{u_{Cal}^2 + u_{Ris}^2 + u_s^2}$$

Where:

u_{Cal} uncertainty of calibration

u_{Lin} uncertainty of linearization function

u_{Ris} uncertainty of instrument resolution

u_s uncertainty of standard deviation of measures

*participation only in NO proficiency test

2 O₃**2.1 Which calibration standard was used for this proficiency testing round?**

Amount of O ₃ (in nmol/mol)	90
	180
	270
	360
	427
Expanded uncertainty (U) in nmol/mol or %	1,86 + 0,02 · x where "x" is the value of O ₃ generated
Manufacturer	Thermo
Amount certified by: (e.g. Umweltbundesamt Wien, other)	Umweltbundesamt Wien

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).

Umweltbundesamt certificate No. 091 korr/2019

Used zero gas: silica gel, active carbon

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

Modell: 49i

Year of construction: 2017

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: $U_{O_{3k=2}} = 2 \cdot \sqrt{u_{Cal}^2 + u_{Lin}^2 + u_{Ris}^2 + u_s^2}$

Where:

u_{Cal} uncertainty of calibration

u_{Lin} uncertainty of linearization function

u_{Ris} uncertainty of instrument resolution

u_s uncertainty of standard deviation of measures

Ringversuch für NO/NO₂ und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

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)	787,9/787,9 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+/- 11,82 nmol/mol
Hersteller	Messer Schweiz
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien ÖKD cert.066/2019
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).

UBA Wien, Kalibrierschein 066/19 ÖKD 30 vom 26.03.2019

Verwendetes Nullgas:

Kompressor Agora Air (AT-AC-04) mit angeschlossenen Nullluftkartuschen und Bypass.

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370 – 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:** $\sqrt{[(\text{dev.std})^2 + (u \text{ Prüfgasflasche})^2 + (u \text{ Kurzzeit Drift})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2 + (u \text{ Konvertiereffizienz})^2 + (u \text{ NO}_2\text{-Gehalt in der Prüfgasflasche})^2]}$ **2 NO₂ mittels CAPS****2.1 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 ₂ in nmol/mol)	196 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,5%
Hersteller	Messer
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	LfU Bozen
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung / Molbox1

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

Verwendetes Nullgas:

Kompressor Agora Air (AT-AC-04) mit angeschlossenen Nullluftkartuschen und Bypass

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: TELEDYNE

Modell: T500U – sn. 189

Baujahr: 2018

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 NO₂: $\sqrt{((\text{dev. std})^2 + (u \text{ Prüfgasflasche})^2 + (u \text{ Kurzzeit Drift})^2 + (u \text{ LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2)}$

3 O₃

3.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	199,5
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	4,9
Hersteller	Thermo TEI 49i-PS
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien ÖKD cert.065/2019
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).

UBA Wien, Kalibrierschein 065/19 ÖKD 30 vom 27.03.2019

Verwendetes Nullgas: Kalilight ver.1.3 über Kompressor Agora Air (AT-AC-04)
mit angeschlossenen Nullluftkartuschen.

3.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

3.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: THERMO

Modell: 49C sn. 514311615

Baujahr: 2005

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 O₃: $\sqrt{((\text{dev. std})^2 + (\text{u Ozonkalibrator})^2 + (\text{u Kurzzeit Drift})^2 + (\text{u LoF})^2 + (\text{Auflösung des Analysators})^2)}$

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Steiermärkische Landesregierung

Namen der Teilnehmer:

Kontakt: Dipl.-Ing.(FH) Andreas Murg, Martin Tantscher

Telefonnummer: 0316/8774167 oder 0676/86664167

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	678,7/ 683
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	10,18 nmol/mol
Hersteller	MCZ
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Massendurchflussregler

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

Umweltbundesamt Wien

Kalibrierschein Nr. 050/2019

Verwendetes Nullgas: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370 / WG9HXN6X

Baujahr: 2018

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte:

2

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

linear

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:

gemäß Vorgabe UBA-Wien

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile (O ₃ in nmol/mol)	150
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,9 %
Hersteller	API
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
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: Silicagel, Aktivkohle, Purafill

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APSA 370 / WNEDWGE0

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: gemäß Vorgabe UBA-Wien

Eignungsprüfung für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

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) 889/895nmol/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 085/2019 vom 17.06.2019

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2014

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

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

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	Thermo 49CPS mit 200 ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	$U(x) = 2 \cdot \text{Wurzel}(0,772 + 0,01162 \cdot x)$
Hersteller	Thermo
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt GmbH Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	O ₃ Kalibrator

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

Rückführung Umweltbundesamt GmbH Wien Kalibrierschein 042/2019 vom 29.04.2019

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: 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: $U(x) = 2 \cdot \text{Wurzel}(0,772 + 0,01162 \cdot x + u^2_T)$

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Stadt Wien - Umweltschutz
Namen der Teilnehmer: Ing. Christina Kellner, Ing. Andreas Gabler
Kontakt: 1200 Wien, Dresdner Strasse 45
Telefonnummer: 0676 8118 73777, 0676 8118 73776
E-Mail: christina.kellner@wien.gv.at, andreas.gabler@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)	883,4nm/mol / 888,7nm/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	0,75%
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja, interne Nullluft

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

Umweltbundesamt 098/2019

Verwendetes Nullgas: interne Nullluft

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA-370

Baujahr: 2017

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

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	238 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	1,21%
Hersteller	Thermo
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Ja, Kompressor mit Trocknung und Vorlage (Aktivkohle+ Silicagel)

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

Umweltbundesamt 038/2019

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

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: T400

Baujahr: 2010

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Oö. LReg
Namen der Teilnehmer: Manfred Stummer, Gabrysch Mario
Kontakt: siehe Teilnehmer
Telefonnummer: 0732/7720-13602 (Labor)
E-Mail: manfred.stummer@ooe.gv.at; mario.gabrysch@ooe.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	PGG NO/NO _x 907,9/910,8 Flasche NO/NO _x 775/777
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	PGG im Kalibrierpunkt 9,8 nmol/mol
Hersteller	Horiba, Linde
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Land Oö.
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	dynamische Verdünnung

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

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

Crosscheck Dynamische Verdünnung Nr: 98060 (NO/N₂ Primärgas VSL Nr: 5604477)

ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 029/19, 030/19

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2009

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	240
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	5,8 nmol/mol
Hersteller	Thermo Electron
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien
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).

ÖKD-Zertifikat UBA-Wien: 034/19

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Electron

Modell: 49i

Baujahr: 2017

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Amt der Tiroler Landesregierung, Abt. Waldschutz – Fachbereich Luftgüte
Namen der Teilnehmer: Ing. Thomas Oberhauser Thomas
Kontakt: Bürgerstrasse 36, 6020 Innsbruck
Telefonnummer: 0043 676 885084622
E-Mail: thomas.oberhauser@tirol.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	637 / 640
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	2,5%
Hersteller	Amt der Tiroler Landesregierung
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-Wien Nr. 017/2019 + Transferabgleich Land Tirol
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD (Fa. Vögtlin) / KALI-Light Land Tirol

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

Umweltbundesamt Wien Kalibrierworkshop -> Transferabgleich Land Tirol

Verwendetes Nullgas: getrocknete und gefilterte Luft (Kompressor) – Purafil, Cromoxid, Aktivkohle, Molekularsieb

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2011

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Vortrag UBA (18.10.2017 ->:
Messunsicherheitsberechnung – Ergebnisse von Ringversuchen gasförmiger Luftschadstoffe

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	200
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,5%
Hersteller	API – T703
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien Nr. 014/2019 + Transferabgleich Land Tirol
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).

Umweltbundesamt Wien Kalibrierworkshop -> Transferabgleich Land Tirol

Verwendetes Nullgas: interne Nullluftherzeugung (Silikagel, Purafil und Aktivkohle)

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2013

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: Lt. Dem Vortrag des UBA – Wien vom 18.10.2017: Messunsicherheitsberechnung – Ergebnisse von Ringversuchen gasförmiger Luftschadstoffe

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

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)	790
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	11,91nmol/mol
Hersteller	HORIBA
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Kalibrator mit Prüfgasflasche und interner Nulllufterzeugung

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

nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts, Kalibrierschein 024/19

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA
Modell: APNA 370
Baujahr: 2011

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

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

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

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	API T703
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	4,9
Hersteller	TELEDYNE-API
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA-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 UBA 021/2019

Verwendetes Nullgas: interne Nullgasaufbereitung mit Silikagel

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: TELEDYNE-API

Modell: T400

Baujahr: 2013

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

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

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für 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)	809,3/815,8
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	+/-12,14
Hersteller	Horiba
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	TMD

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: Aktivkohle, Natronkal/Molekularsieb, Silikagel

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: 42i

Baujahr: 2006

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

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

2 O₃

2.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	150
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3,8
Hersteller	Thermo elektron
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	UBA
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?	x	
Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?	x	

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: Thermo Elektron

Modell: TE49I

Baujahr: 2006

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2

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

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse: $u_i = \sqrt{u^2_{kal} + u^2_{lin} + u^2_r}$

Ringversuch für NO/NO₂, und O₃ 14. bis 17. Oktober 2019

Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

Organisation: Land Salzburg
Namen der Teilnehmer: Ing. Martin Loibichler
Kontakt: Ing. Martin Loibichler
Telefonnummer: 0662/8042 DW 4721 und Mobil: 0664/440 64 53
email: martin.loibichler@salzburg.gv.at

1 NO/NO₂

1.1 Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

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

Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	NO: 765,5ppb, NO _x : 768,8ppb
Stoffmengenanteile (NO/NO _x in nmol/mol)	NO: 770ppb; NO _x : 772ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	3%
Hersteller	MCZ CMK 5T #1407-230
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Verdünnungskalibrator mit MFC

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

Kalibrierschein UBA vom 13.02.2019 #010/2019 → Transfer auf #1407-230

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

1.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

1.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA-370

Baujahr: 2017; SNr.: #KDY1YJJU

1.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span

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

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

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

Stoffmengenanteile O ₃ (in nmol/mol)	200,9ppb
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	5%
Hersteller	Teledyne API; 703E #164; BJ: 2008
Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig)	Umweltbundesamt Wien
Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)	Über Photometer geregelte UV-Lampe
Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %	5%

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

Kalibrierschein UBA vom 13.02.2019 #006/2019

Verwendetes Nullgas: über Kalibrator API 703E #164

2.2 Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

2.3 Welcher Analysator wurde verwendet?

Hersteller: API

Modell: 400T, SNr.: #3432

Baujahr: 2017

2.4 Auswertung der Ergebnisse:

Anzahl der Kalibrierpunkte: 2 Punkte, Null und Span

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

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

ANHANG F: VORBEREITUNG DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

Die Prüfgegenstände NO_x und O₃ wurden mit der Gasmischanlage der Ringversuchsanlage erzeugt und über die Ringleitung aus Borosilikatglas an die TeilnehmerInnen des Ringversuchs verteilt.

F1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

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

F2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2019 eingesetzt:

Tabelle 62: Eingesetzte Verdünnungsgase bei der Eignungsprüfung 2019.

	Hersteller	Stoffmengenanteil	Analysetoleranz des Herstellers	Trägergas
NO	Air Liquide (AL) CL9TL	135 µmol/mol	+/- 2 %	N ₂

F3 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 25,9°C. Das Klimagerät des Messraumes arbeitete nicht optimal, daher waren Maximaltemperaturen von kurzfristig 27,3° C. zu verzeichnen. Aufgrund der Temperaturbandbreite, in der Immissionsmessgeräte bei der Typprüfung getestet werden (5°C – 40 °C) stellen die gemessenen Maximaltemperaturen allerdings kein Problem dar. Der mittlere barometrische Luftdruck betrug 99462 Pa, maximal wurden 99912 Pa, minimal 98744 Pa gemessen. Die mittlere Taupunkttemperatur des Trägergases betrug -32,5°, mit einem Maximum von -20,7°C zu Beginn der Eignungsprüfung und einem Minimum von -48,3°C am Ende der Eignungsprüfung.

F4 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 10. Oktober 2019, wurden keine Verunreinigungen festgestellt und die Anforderungen wurden eingehalten.

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

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

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

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

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

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

- O₃: < 1 % oder 2,5 nmol/mol
- NO, NO₂: < 1 % oder 5,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2019 eingehalten. Die Kriterien der Homogenität für Ozon wurden über den gesamten Zeitraum der Eignungsprüfung sehr gut eingehalten.

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

- O₃: 0,7 nmol/mol
- NO, NO₂: 0,5/0,4 nmol/mol

F5 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 ÖNORM EN 14211, ÖNORM EN 14212 und ÖNORM EN 14626 sind:

Komponente	Nachweisgrenze
NO	0,5 nmol/mol
NO ₂	0,6 nmol/mol
CO	0,1 µmol/mol
SO ₂	0,3 nmol/mol

Für den Stoffmengenanteil x von der jeweiligen Komponente ergibt sich für die Messunsicherheit:

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

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteilen von 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.