

**Eignungsprüfung zur  
Immissionsmessung 2024  
Auswertung der Eignungsprüfung  
für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>**

**Proficiency Testing for  
Gaseous Air Pollutants 2024  
Evaluation for NO/NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>**

**BERICHT/REPORT**

**Ausgabe/Edition 1 – 13.03.2025**

Dieser Report umfasst 114 Seiten.  
This report comprises 114 pages.



**Anbieter von Eignungsprüfungen** Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, 1090 Wien  
Telefon: +43-(0)1-31304  
Telefax: +43-(0)1-31304-5800  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.at/>

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

**Autor:innen** Nicole Klösch  
Andreas Wolf  
Marina Fröhlich

**Leitung Eignungsprüfungen (IM)** Siegmund Böhmer  
Telefon: +43 664 9668676

**Koordination Eignungsprüfungen** Nicole Klösch  
Telefon: +43 664 9668600  
Stv. Marina Fröhlich  
Telefon: +43 6646210326

**Genehmigung/Freigabe des Berichts** Leitung Eignungsprüfungen:  
Siegmund Böhmer

**Art des Berichts und Ausgabedatum** Endbericht; März 2025

**Layout** Felix Eisenmenger

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

## Impressum

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

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2025  
Alle Rechte vorbehalten

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| INHALTSVERZEICHNIS .....                                                               | 3   |
| ZUSAMMENFASSUNG .....                                                                  | 4   |
| SUMMARY .....                                                                          | 6   |
| 1 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG.....                                                      | 8   |
| 2 VERLAUF DER STOFFMENGENANTEILE .....                                                 | 12  |
| 3 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE.....                                                        | 14  |
| 4 AUSWERTUNG DER DATEN .....                                                           | 20  |
| 4.1 z'-score Auswertung.....                                                           | 20  |
| 4.2 E <sub>n</sub> -Nummer Auswertung.....                                             | 26  |
| 4.3 Bias und Messunsicherheit .....                                                    | 32  |
| LITERATURVERZEICHNIS .....                                                             | 41  |
| ANHÄNGE .....                                                                          | 42  |
| ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE.....                                           | 43  |
| A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit ..... | 44  |
| A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen.....               | 45  |
| ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE.....                                           | 46  |
| ANHANG C: BERICHTETE WERTE.....                                                        | 48  |
| ANHANG D: FRAGEBÖGEN .....                                                             | 73  |
| ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE .....  | 103 |
| E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte.....                                                 | 103 |
| E2 Herstellung der Prüfgegenstände.....                                                | 103 |
| E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen .....                                        | 103 |
| E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität .....                                    | 104 |
| E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte .....                             | 106 |
| ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN-NUMMERN .....                              | 108 |

## ZUSAMMENFASSUNG

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eignungsprüfung zur Immissionsmessung</b> | Im Oktober 2024 organisierte das Umweltbundesamt in seiner Funktion als nationales EU-Referenzlabor für Luftqualität Eignungsprüfungen für Betreiber:innen von Immissionsmessnetzen. Diese dienen dem Nachweis der Kompetenz in der Immissionsmessung. Es wurden Messungen der Luftschadstoffe Ozon (O <sub>3</sub> ) und Stickstoffoxide (NO/NO <sub>2</sub> ) durchgeführt.                                                                                                                                                                   |
| <b>Auswerteverfahren</b>                     | Die Ergebnisse aller 10 Teilnehmer:innen wurden den gleichen statistischen Auswerteverfahren unterzogen wie dies für die Eignungsprüfungen der europäischen Referenzlaboratorien für Luftqualität vorgesehen ist: gemäß dem „Protocol for intercomparison exercises“, AQUILA Dokument N37. Der Referenzwert wurde vom Umweltbundesamt ermittelt und gegen den „robusten Mittelwert“ der Ergebnisse der Teilnehmer:innen (gemäß ISO 13528) getestet.                                                                                             |
| <b>Bewertungskriterien</b>                   | <p>Bewertet wurden die Einhaltung eines allgemeinen (z'-score) und eines individuellen (E<sub>n</sub>-Nummer) Schwellenwertes sowie die Messunsicherheit der Ergebnisse.</p> <p>Die Ergebnisse der Eignungsprüfung 2024 sind insgesamt zufriedenstellend und geben ein repräsentatives Bild vom Stand der Immissionsmesstechnik der Teilnehmer:innen wieder.</p>                                                                                                                                                                                |
| <b>Ergebnisse Komponente NO</b>              | Für die Komponente NO haben bis auf zwei alle Messgeräte vollkommen zufriedenstellende Ergebnisse (a1) erzielt. Ein Messgerät liegt bei Nullgas einmal außerhalb des E <sub>n</sub> -Kriteriums (a3-Bewertung), ein zweites Messgerät erhielt sechsmal a2-Bewertungen. Eine teilnehmende Organisation konnte aufgrund eines technischen Problems keine Daten abgeben.                                                                                                                                                                           |
| <b>Ergebnisse Komponente NO<sub>2</sub></b>  | Für die Komponente NO <sub>2</sub> haben alle Messgeräte bis auf zwei vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Bei geringen Stoffmengenanteilen hat ein Messgerät eine a2-Bewertung erhalten. Das zweite Messgerät hat sechsmal a2-Bewertungen und zweimal bei geringen Stoffmengenanteilen a3-Bewertungen erhalten. Eine teilnehmende Organisation konnte aufgrund eines technischen Problems keine Daten abgeben.                                                                                                               |
| <b>Ergebnisse Komponente O<sub>3</sub></b>   | Auch bei O <sub>3</sub> haben alle bis auf zwei Messgeräte vollkommen zufriedenstellende (a1) Ergebnisse erzielt. Ein Messgerät liegt bei einem mittleren Stoffmengenanteil einmal außerhalb des E <sub>n</sub> -Kriteriums (a3-Bewertung). Bei einem weiteren wird bei geringen Stoffmengenanteilen die Messunsicherheit größer als die Standardabweichung der Konformitätsbewertung angegeben und daher mit a2 bewertet.                                                                                                                      |
| <b>Bewertung Eignungsprüfung 2024</b>        | Hervorzuheben ist, dass Bewertungen bis inklusive a3 gute, den Anforderungen vollständig erfüllende Messergebnisse darstellen. Zusammenfassend wird für die Eignungsprüfungsrunde 2024 festgestellt, dass laut den Anforderungen der N37:2024 bzw. EN 13528:2022 alle Teilnehmer:innen, die Ergebnisse abgegeben haben, für alle Komponenten und jede Konzentrationsstufe das z'-score Kriterium eingehalten haben. Da die Bewertung jeder Konzentrationsstufe a1 bis a3 von mindestens 80% des Gesamtdatensatzes pro Komponenten als bestanden |

gilt, haben alle Teilnehmer:innen, die Ergebnisse abgegeben haben, die Eignungsprüfung bestanden.

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.

**Nächste Eignungs-  
prüfung Herbst 2025**

Die nächste Eignungsprüfungsrunde für die Luftschadstoffe NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> ist für den Oktober 2025 geplant.

## SUMMARY

**interlaboratory comparison** Middle of October 2024 the Umweltbundesamt, as national EU reference laboratory, organised an interlaboratory comparison for air quality network operators. The tests were carried out at the intercomparison facility of the Umweltbundesamt in Vienna for the pollutants ozone (O<sub>3</sub>) and nitrogen oxides (NO and NO<sub>2</sub>).

**evaluation of measurement results** The results of all 10 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<sub>n</sub>-number) as well as the measurement uncertainty of the results were evaluated.

Overall, the results of the proficiency testing 2024 are very satisfactory and present a representative picture of the latest air quality technics of the participants.

**results of NO** For the NO component, all but two measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1). One measuring instrument is one time outside the E<sub>n</sub> criterion at zero gas (a3 evaluation), another one received six a2-ratings. One participating organization was unable to provide data due to a technical problem.

**results of NO<sub>2</sub>** For the component NO<sub>2</sub>, all but two measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1 rating). At low mole fractions, one measuring instrument received one a2 rating. The second measuring instrument received six a2 ratings and for low mole fractions two a3 ratings. One participating organization was unable to provide any data due to a technical problem.

**results of O<sub>3</sub>** For the O<sub>3</sub> component, all but two measuring instruments achieved completely satisfactory results (a1). In this case the measurement uncertainty at low mole fractions is reported once greater than the standard deviation for conformity assessment and is therefore assessed as a2. The second measuring instrument is outside the E<sub>n</sub> criterion for medium mole fractions (a3 rating)

In general, it is stressed, that results of the proficiency testing down to a3 represent good monitoring results fulfilling the requirements. In summary, for the proficiency testing round 2024, it is determined that, in accordance with the requirements of N37:2024 and EN 13528:2022, all participants who submitted results for all components and each concentration level have met the z'-score criterion. Since the evaluation of each concentration level a1 to a3 of at least 80% of the total data set per component is considered passed, all participants who have submitted results have passed the proficiency test. Results have improved steadily since 2010 or maintained at the same high quality level as in previous years.

***Next proficiency  
testing round***

The next proficiency testing round for NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> will take place in October 2025

1 ABLAUF DER EIGNUNGSPRÜFUNG

Die Eignungsprüfung 2024 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](http://www.wien.gv.at/viennagis)

umweltbundesamt<sup>U</sup>

**Teilnehmer:innen** An der Eignungsprüfung nahmen Messtechniker:innen der Luftmessnetze der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Burgenland, Oberösterreich, Steiermark, Salzburg, Kärnten und Tirol teil. Außerdem waren Vertreter:innen der iC consulenten Ziviltechniker GesmbH und das Umweltbundesamt Messnetz vertreten (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:  
Platznummern und  
Buchstabencodes der  
teilnehmenden  
Organisationen

| Organisationen                                 | Platznummer | Buchstabencode<br>Auswertungen |
|------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|
| Umweltbundesamt Referenzwert                   | 1           | A                              |
| *                                              | 2           | B                              |
| Magistratsabteilung 22 der Stadt Wien          | 3           | C                              |
| Amt der Niederösterreichischen Landesregierung | 4           | D                              |
| Amt der Steiermärkischen Landesregierung       | 5           | E                              |
| Amt der Kärntner Landesregierung               | 6           | F                              |
| Amt der Tiroler Landesregierung                | 7           | G                              |
| Amt der Burgenländischen Landesregierung       | 8           | H                              |
| Messnetz Umweltbundesamt                       | 9           | I                              |
| Amt der Salzburger Landesregierung             | 10          | J                              |
| Amt der Oberösterreichischen Landesregierung   | 11          | K                              |
| *                                              | 12          | L                              |
| iC consulenten Ziviltechniker GesmbH           | 13          | M                              |
| Umweltbundesamt (Homogenitätsprüfung)          | 14          | N                              |

Anmerkung: -\* nicht besetzter Arbeitsplatz

**Ablauf und Aufbau der Eignungsprüfung** Den teilnehmenden Organisationen wurden mit den Namen/Organisationen fix nummerierte Arbeitsplätze an der Ringversuchsanlage zugewiesen (Tabelle 1).

Durch das Verteilen von Fragebögen wurden Angaben zu den verwendeten Messgeräten und Kalibrierstandards eingeholt (Tabelle 2). Vor dem Messbeginn jeder Komponente der Eignungsprüfung hatten die Teilnehmer:innen Gelegenheit die Messgeräte mit ihren Standards zu kalibrieren. Alle verwendeten ihre eigene unabhängige Datenerfassung, wie sie auch im normalen Messbetrieb eingesetzt wird.

An den Arbeitsplätzen 1 und 14 wurden die Referenzmessgeräte des Umweltbundesamtes aufgebaut und betrieben. Für die Eignungsprüfung wurde am Messplatz 1 der Referenzwert von NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> ermittelt.

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

*Tabelle 2:  
Teilnehmende Organisa-  
tionen und verwendete  
Gerätetypen*

| <b>Organisationen</b>                             | <b>Gerätetyp<br/>NO<sub>x</sub></b> | <b>Gerätetyp<br/>O<sub>3</sub></b> |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Umweltbundesamt<br>(Referenz Platz 1)             | Horiba<br>APNA-370                  | Thermo Electron<br>TEI 49i         |
| Magistratsabteilung 22 der Stadt<br>Wien          | Horiba<br>APNA-370                  | Teledyne<br>API T400               |
| Amt der Niederösterreichischen<br>Landesregierung | Horiba<br>APNA-370                  | Horiba<br>APOA 370                 |
| Amt der Steiermärkischen<br>Landesregierung       | -                                   | Horiba<br>APOA 370                 |
| Amt der Kärntner Landesregierung                  | Teledyne<br>API T200                | Teledyne<br>API T400               |
| Amt der Tiroler Landesregierung                   | Horiba<br>APNA-370<br>APNA-380      | Horiba<br>APOA 370                 |
| Amt der Burgenländischen<br>Landesregierung       | Teledyne<br>API T200                | Teledyne<br>API T400               |
| Messnetz Umweltbundesamt                          | Thermo Fisher<br>TEI 42iTL          | Thermo Fisher<br>TEI 49i           |
| Amt der Salzburger Landesregierung                | Horiba<br>APNA-370                  | Horiba<br>APOA 370                 |
| Amt der Oberösterreichischen<br>Landesregierung   | Horiba<br>APNA-370                  | Thermo Electron<br>TEI 49i         |
| iC consulenten Ziviltechniker<br>GesmbH           | Teledyne<br>API T200                | -                                  |
| Umweltbundesamt (Homogenität,<br>Platz 14)        | Horiba<br>APNA-370                  | Thermo Electron<br>TEI 49i         |

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 NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> beschickt wurde. Den detaillierten zeitlichen Ablauf der Eignungsprüfung gibt Tabelle 3 wieder.

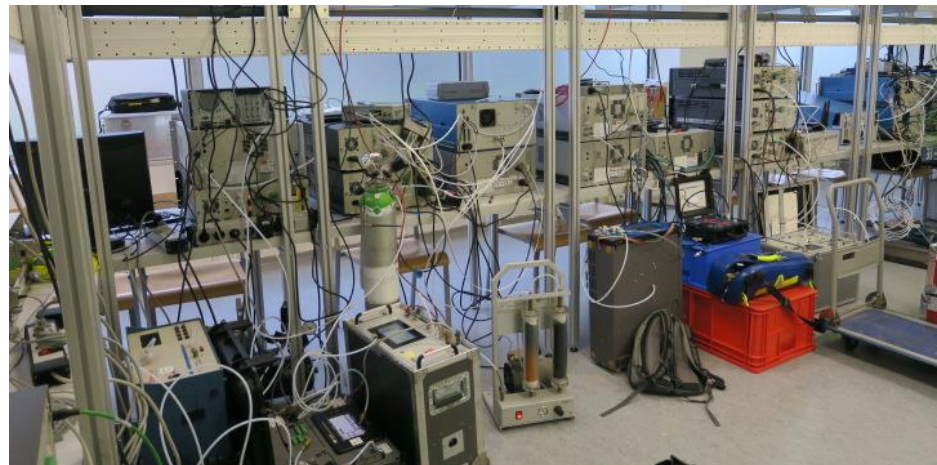
Abbildung 2:  
Ringanlage mit aufge-  
bauten Geräten



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

Abbildung 3:  
Freie Zugangsmöglich-  
keit zu allen Anschlüssen  
an den Geräterückseiten



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

Abbildung 4:  
Konzentriertes Arbeiten  
während der Eignungs-  
prüfung



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

Abbildung 5:  
Vertreter:innen der teil-  
nehmenden Organisatio-  
nen und Personal der  
Eignungsprüfungsstelle



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

Abbildung 6:  
Vertreter:innen der teil-  
nehmenden Organisatio-  
nen und Personal der  
Eignungsprüfungsstelle



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

Abbildung 7:  
Vertreter:innen  
der teilnehmenden  
Organisationen



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>U</sup>

## 2 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.–17.10.2024).

|                  |                                               | Dauer            |          | Nullgas | NO  | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | O <sub>3</sub> |
|------------------|-----------------------------------------------|------------------|----------|---------|-----|-----------------|-----------------|----------------|
| Beginn           | Bezeichnung                                   | (h)              | nmol/mol |         |     |                 |                 |                |
| 14.10.2024 09:00 |                                               | Aufbau/Einlaufen |          |         |     |                 |                 |                |
|                  |                                               | Kalibrierung     |          |         |     |                 |                 |                |
| 15.10.2024 11:00 | NO/NO <sub>x</sub> NG1                        | 01:30            | Start    | 0       |     |                 |                 |                |
| 15.10.2024 12:30 | NO/NO <sub>x</sub> 1                          | 02:00            |          |         | 470 | 10              | 480             |                |
| 15.10.2024 14:30 | NO/NO <sub>x</sub> 2                          | 02:00            |          |         | 420 | 60              | 480             |                |
| 15.10.2024 16:30 | NO/NO <sub>x</sub> 3                          | 02:00            |          |         | 360 | 120             | 480             |                |
| 15.10.2024 18:30 | NO/NO <sub>x</sub> 4                          | 02:00            |          |         | 470 | 10              | 480             |                |
| 15.10.2024 20:30 | NO/NO <sub>x</sub> /NG2<br>O <sub>3</sub> NG1 | 01:30            |          | 0       |     |                 |                 |                |
| 15.10.2024 22:00 | NO/NO <sub>x</sub> 5                          | 02:00            |          |         | 450 | 10              | 460             |                |
| 16.10.2024 00:00 | NO/NO <sub>x</sub> 6                          | 02:00            |          |         | 270 | 190             | 460             |                |
| 16.10.2024 02:00 | O <sub>3</sub> 1                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 190            |
| 16.10.2024 04:00 | NO/NO <sub>x</sub> 7                          | 02:00            |          |         | 270 | 10              | 280             |                |
| 16.10.2024 06:00 | NO/NO <sub>x</sub> 8                          | 02:00            |          |         | 160 | 120             | 280             |                |
| 16.10.2024 08:00 | O <sub>3</sub> 2                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 120            |
| 16.10.2024 10:00 | NO/NO <sub>x</sub> 9                          | 02:00            |          |         | 130 | 10              | 140             |                |
| 16.10.2024 12:00 | NO/NO <sub>x</sub> 10                         | 02:00            |          |         | 50  | 90              | 140             |                |
| 16.10.2024 14:00 | O <sub>3</sub> 3                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 90             |
| 16.10.2024 16:00 | NO/NO <sub>x</sub> 11                         | 02:00            |          |         | 80  | 10              | 90              |                |
| 16.10.2024 18:00 | NO/NO <sub>x</sub> 12                         | 02:00            |          |         | 45  | 45              | 90              |                |
| 16.10.2024 20:00 | O <sub>3</sub> 4                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 45             |
| 16.10.2024 22:00 | NO/NO <sub>x</sub> 13                         | 02:00            |          |         | 40  | 10              | 50              |                |
| 17.10.2024 00:00 | NO/NO <sub>x</sub> 14                         | 02:00            |          |         | 30  | 20              | 50              |                |
| 17.10.2024 02:00 | O <sub>3</sub> 5                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 20             |
| 17.10.2024 04:00 | NO/NO <sub>x</sub> 15                         | 02:00            |          |         | 10  | 10              | 20              |                |
| 17.10.2024 06:00 | O <sub>3</sub> 6                              | 02:00            |          |         |     |                 |                 | 10             |
| 17.10.2024 08:00 | NO/NO <sub>x</sub> 16                         | 02:00            |          |         | 470 | 10              | 480             |                |
| 17.10.2024 10:00 | NO/NO <sub>x</sub> 17                         | 02:00            |          |         | 360 | 120             | 480             |                |
| 17.10.2024 12:00 | NO/NO <sub>x</sub> /NG3<br>O <sub>3</sub> NG2 | 01:00            |          | 0       |     |                 |                 |                |
| 17.10.2024 13:30 | Ende/Kalibrierung                             |                  |          |         |     |                 |                 |                |

**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, NO<sub>2</sub> wurde durch Gasphasentitration von NO mit O<sub>3</sub> hergestellt.

### 3 BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

#### 3 Schritte der Auswertung

Für die Beurteilung der Qualität der Ergebnisse ist ein Beurteilungsschema in Form eines Flussschemas vorgegeben (siehe Abbildung 8). Die Ergebnisse von z'-score und der E<sub>n</sub>-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<sub>n</sub>-Nummer sehr gut abgeschnitten haben, erfolgt noch ein dritter Schritt. In diesem wird die Messunsicherheit des Ergebnisses mit den Vorgaben für die Standardabweichung der Konformitätsbewertung verglichen. Ist die von den teilnehmenden Organisationen berichtete Messunsicherheit kleiner als die Vorgabe, so wird das bestmögliche Resultat in der Eignungsprüfung erzielt.

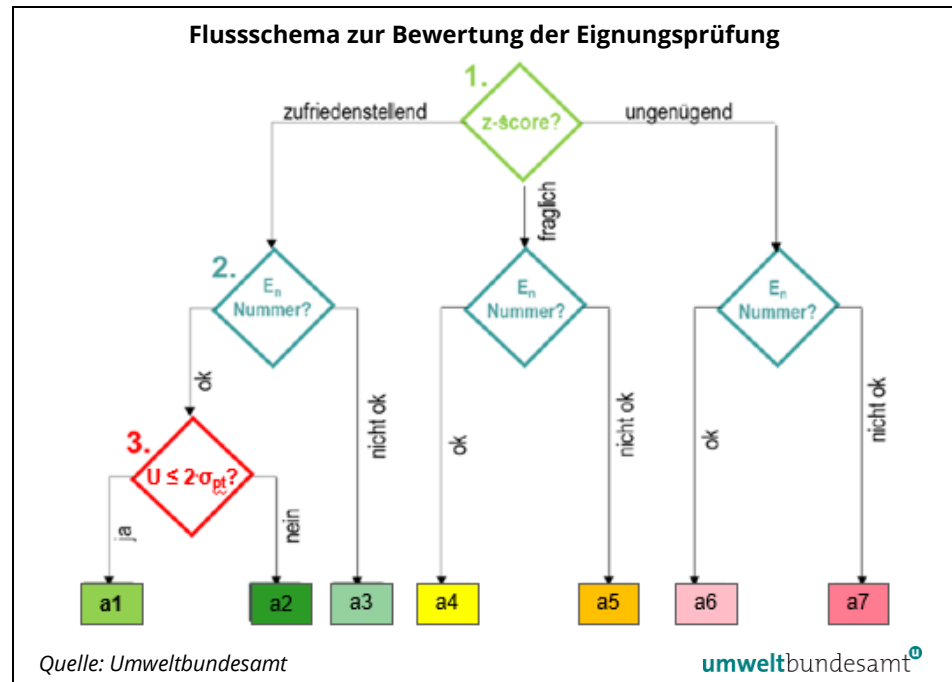
Die zulässigen Standardabweichungen errechnen sich aus einer absoluten Vorgabe für den Nullpunkt (a) und einer Abweichung von maximal 2,5 % bei 75 % des Zertifizierungsbereiches gemäß den entsprechenden europäischen Normen durch lineare Interpolation (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4:  
Faktoren zur Berechnung der zulässigen Standardabweichung  $\sigma_{pt}$ , Vorgabe ERLAP

| Gas             | $\sigma_{pt} = a \cdot c + b$ |              |
|-----------------|-------------------------------|--------------|
|                 | a                             | b (nmol/mol) |
| SO <sub>2</sub> | 0,022                         | 1            |
| CO              | 0,024                         | 100          |
| NO              | 0,024                         | 1            |
| NO <sub>2</sub> | 0,028                         | 1,4          |
| O <sub>3</sub>  | 0,020                         | 1            |

$2\sigma_{pt}$  wird mit der erweiterten Messunsicherheit des Teilnehmers/der Teilnehmerin verglichen.

Abbildung 8:  
Flussschema  
zur Bewertung  
der Eignungsprüfung

**Beurteilungsschema**

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

Die Ergebnisse der Teilnehmer:innen der Eignungsprüfung 2024 sind für alle Komponenten und die für die Bewertung herangezogenen Stoffmengenanteile in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 5:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
O<sub>3</sub>-Messungen der  
Eignungsprüfung 2024

|                           | Lauf<br>Nummer   | Referenzwert | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  | K  |
|---------------------------|------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| O <sub>3</sub> (nmol/mol) | NG1              | 0.2          | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 1 | 193.2        | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 2 | 121.6        | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 3 | 92.0         | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a3 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 4 | 47.4         | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 5 | 22.0         | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | O <sub>3</sub> 6 | 10.4         | a2 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                           | NG2              | 0.1          | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |

Tabelle 6:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO-Messungen der  
Eignungsprüfung 2024

|               | Lauf<br>Nummer | Referenzwert | C  | D  | E | F  | G  | H  | I  | J  | K  | M  |
|---------------|----------------|--------------|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| NO (nmol/mol) | NG1            | 0.4          | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a3 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 1           | 468.7        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 2           | 415.6        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 3           | 355.5        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 4           | 469.1        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NG2            | 0.3          | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 5           | 449.4        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 6           | 263.5        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 7           | 269.2        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 8           | 155.4        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 9           | 128.7        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 10          | 45.7         | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 11          | 78.7         | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 12          | 41.3         | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 13          | 39.1         | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 14          | 27.2         | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 15          | 9.3          | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 16          | 468.1        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NO 17          | 355.1        | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|               | NG3            | 0.1          | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |

Tabelle 7:  
Evaluierung der  
Ergebnisse der  
NO<sub>2</sub>-Messungen der  
Eignungsprüfung 2024

|                            | Lauf<br>Nummer     | Referenz<br>wert | C  | D  | E | F  | G  | H  | I  | J  | K  | M  |
|----------------------------|--------------------|------------------|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| NO <sub>2</sub> (nmol/mol) | NG1                | -0.5             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 1  | 11.8             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 2  | 64.9             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 3  | 125.1            | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 4  | 12.4             | a1 | a1 |   | a2 | a1 | a1 | a3 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NG2                | -0.2             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 5  | 12.2             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a3 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 6  | 198.3            | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 7  | 11.6             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 8  | 124.9            | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 9  | 10.9             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 10 | 93.6             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 11 | 10.6             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 12 | 48.1             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 13 | 10.5             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 14 | 22.4             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 15 | 10.3             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 16 | 12.3             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 |    | a1 | a1 | a1 |
|                            | NO <sub>2</sub> 17 | 125.5            | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a2 | a1 | a1 | a1 |
|                            | NG3                | -0.2             | a1 | a1 |   | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 | a1 |

### Ergebnisse

Bei der Eignungsprüfung 2024 haben die teilnehmenden Organisationen D, G, J, K, M ausnahmslos für alle Komponenten und Stoffmengenanteile, an denen sie teilgenommen haben, die Bewertung a1 erhalten, wobei die teilnehmende Organisation M nur bei NO und NO<sub>2</sub> teilgenommen hat.

Bei der Eignungsprüfung hat Teilnehmer:in C für die Komponente NO und NO<sub>2</sub> durchgehend die Bestnote (a1) erhalten. Außer einer a2-Bewertung bei niedrigem O<sub>3</sub>-Stoffmengenanteil wurden für Ozon ansonsten durchgängig a1-Bewertungen erreicht.

Die teilnehmende Organisation F hat für NO und O<sub>3</sub> durchgängig die Bestnote (a1) erzielt. Für NO<sub>2</sub> hat die teilnehmende Organisation einmal bei geringen Stoffmengenanteilen ein a2 erhalten (Messunsicherheit ist größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung).

Teilnehmer:in H hat für die Komponenten NO<sub>2</sub> durchgehend die Bestnote (a1) erreicht. Neben einer a3-Bewertung für NO bei Nullgas, wurden die anderen NO-Stoffmengenanteile durchgehend mit a1 bewertet. Bei einem mittleren Stoffmengenanteil von O<sub>3</sub> hat der/die Teilnehmer:in einmal eine a3-Bewertung erhalten.

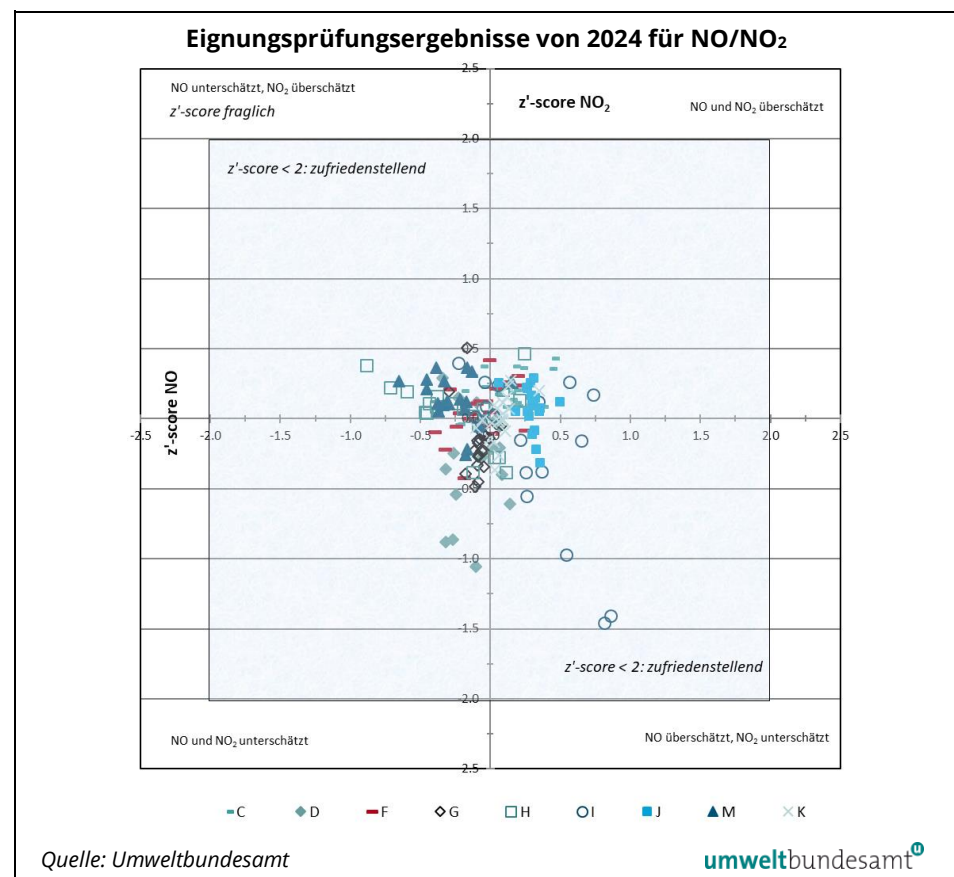
Teilnehmer:in I hat bei den Komponenten O<sub>3</sub> durchgehend bei allen Stoffmengenanteilen a1 Bewertungen. Für die Komponente NO<sub>2</sub> wurden bei tendenziell

hohen und mittleren Stoffmengenanteilen sechs a2-Bewertungen (Messunsicherheit war größer als die Standardabweichung zur Konformitätsbewertung; (Messunsicherheit ( $> \sigma_{pt}$ ) wurde überschätzt) und zwei a3-Bewertungen ( $E_n$ -Nummer nicht ok) erhalten. Bei der Komponente NO hat Teilnehmer:in I sechs a2-Bewertungen bei geringen bis mittleren Stoffmengenanteilen erzielt.

Teilnehmer:in E hat für  $O_3$  die beste Bewertung (a1) erreicht, jedoch aufgrund eines Gerätedefektes keine  $NO/NO_2$  – Werte abgegeben.

Eine Möglichkeit, die Ergebnisse für die Mischungen von NO und  $NO_2$  in Zusammenhang zu stellen und grafisch abzubilden, bietet der Youden Plot. Dafür werden die z'-scores für NO und  $NO_2$  von jeder teilnehmenden Organisation für jeden Durchgang kombiniert. Aus Abbildung 9 sind daher systematische Abweichungen und Verbesserungspotenziale abzulesen. Liegt das z'-score über der x-Achse, so liegt eine Überschätzung von  $NO_2$  vor, liegt es unterhalb der x-Achse so werden die  $NO_2$ -Werte unterschätzt, links der y-Achse wird NO unterschätzt, rechts der y-Achse wird NO überschätzt.

Abbildung 9:  
Eignungsprüfungs-  
ergebnisse von 2024 für  
 $NO/NO_2$  – dargestellt in  
Form des Youden Plots



### Gutes Gesamtergebnis

Das Gesamtergebnis der Eignungsprüfung 2024 ist gut: Die z'-scores liegen bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2. Das gute Gesamtergebnis ist auch grafisch deutlich zu erkennen, da der größte Anteil der Ergebnisse der teilnehmenden Organisationen nahe um das Zentrum streut.

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

**Anmerkung:** Da jedoch die Ermittlung der Messunsicherheit einen integraler Bestandteil von Luftgütemessdaten darstellt - bedingt durch die Vorgaben der Luftqualitätsrichtlinie und des IG-L - wird die  $E_n$  Nummer zu einer differenzierteren Bewertung der Ergebnisse in den Tabelle 5 bis Tabelle 7 herangezogen.

## 4 AUSWERTUNG DER DATEN

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

### 4.1 z'-score Auswertung

#### **Ermittlung des Schwellenwertes**

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

#### **zulässige Messunsicherheit**

Die maximal zulässige erweiterte Messunsicherheit für Kalibriergase für die laufende Qualitätssicherung beträgt lt. den europäischen Normen 5 %; Nullgas darf kein Signal höher als die Nachweisgrenze der jeweiligen Komponente liefern. Daher wird eine zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung ( $\sigma_{pt}$ ) 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.

*Tabelle 8:  
Berechnung der  
zulässigen Standard-  
abweichung für die  
Konformitätsbewertung*

| Gas             | $\sigma_{pt} = a \cdot c + b$ |              |
|-----------------|-------------------------------|--------------|
|                 | a                             | b (nmol/mol) |
| SO <sub>2</sub> | 0,022                         | 1            |
| CO              | 0,024                         | 100          |
| NO              | 0,024                         | 1            |
| NO <sub>2</sub> | 0,028                         | 1,4          |
| O <sub>3</sub>  | 0,020                         | 1            |

**Berechnung  
des z'-score**

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

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

$x_i$  Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden  $i$  bei einer Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente

$X$  Referenzwert der jeweiligen Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente

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

$\sigma_p$  zulässige Standardabweichung für die Konformitätsbewertung

$u_x$  Messunsicherheit des Referenzwertes

$a$  Steigung der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt

$b$  Achsenschnitt der Geraden, die die maximale, zulässige Standardabweichung für eine Komponente beschreibt

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

**z'-score-Ergebnisse**

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

Für O<sub>3</sub>, NO und NO<sub>2</sub> lagen die z'-scores bei allen Stoffmengenanteilen innerhalb des Bereiches von -2 bis +2 und wurden damit für alle Teilnehmer:innen und Stoffmengenanteile als „zufriedenstellend“ bewertet (Abbildung 10 bis Abbildung 17)

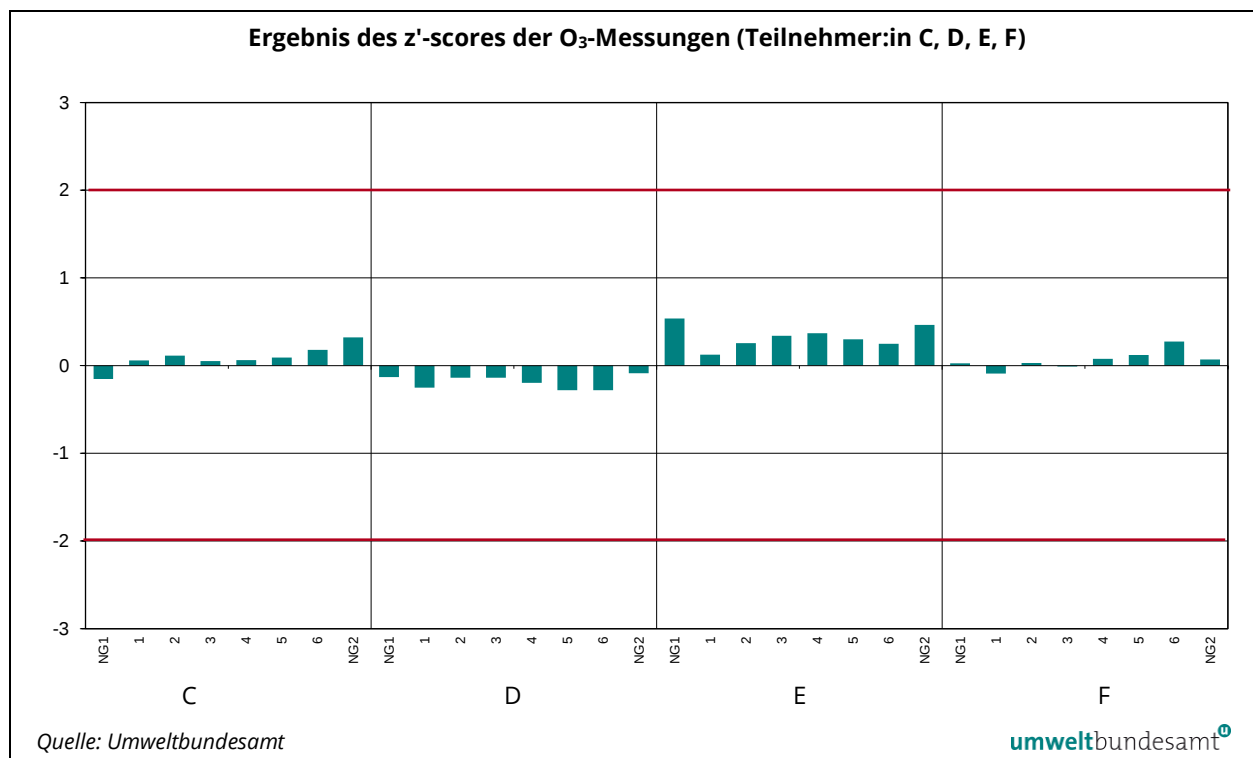
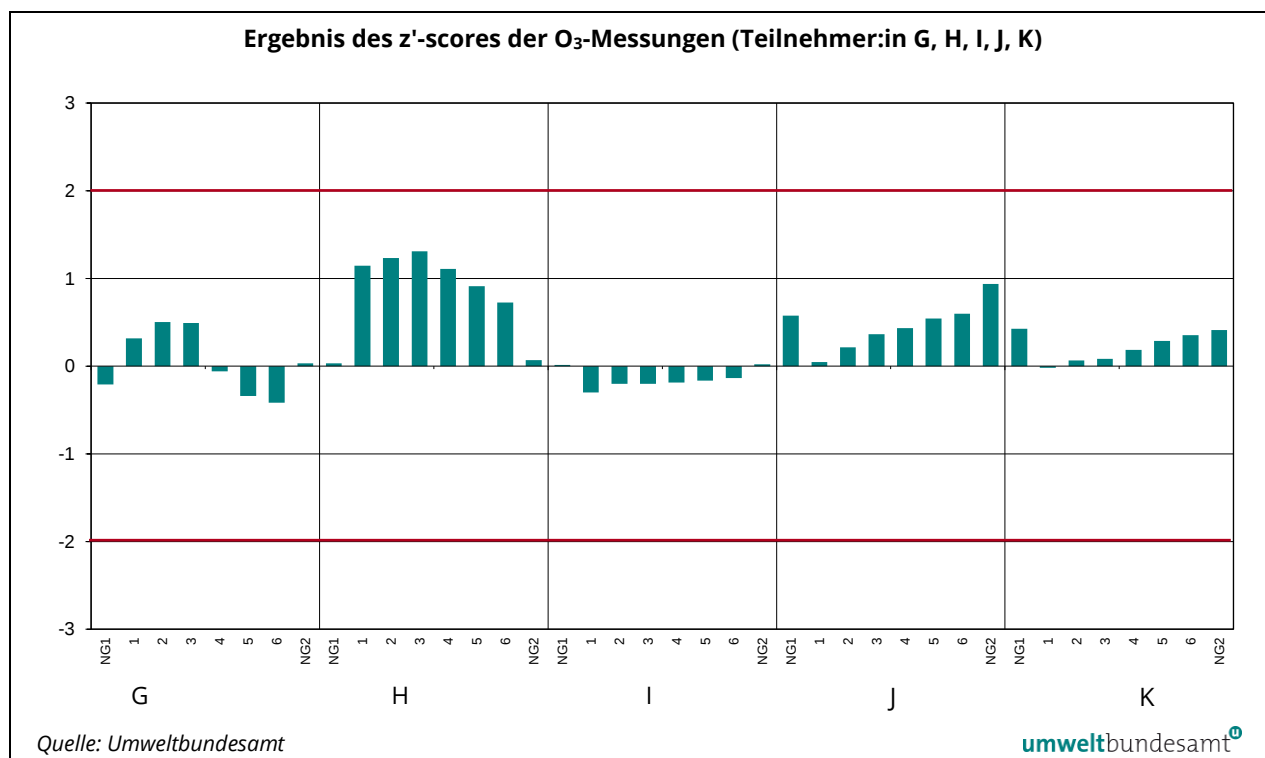
Abbildung 10: Ergebnis des z'-scores der O<sub>3</sub>-Messungen (Teilnehmer:in C, D, E, F).Abbildung 11: Ergebnis des z'-scores der O<sub>3</sub>-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I, J, K).

Abbildung 12: Ergebnis des z'-scores der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, D, F).

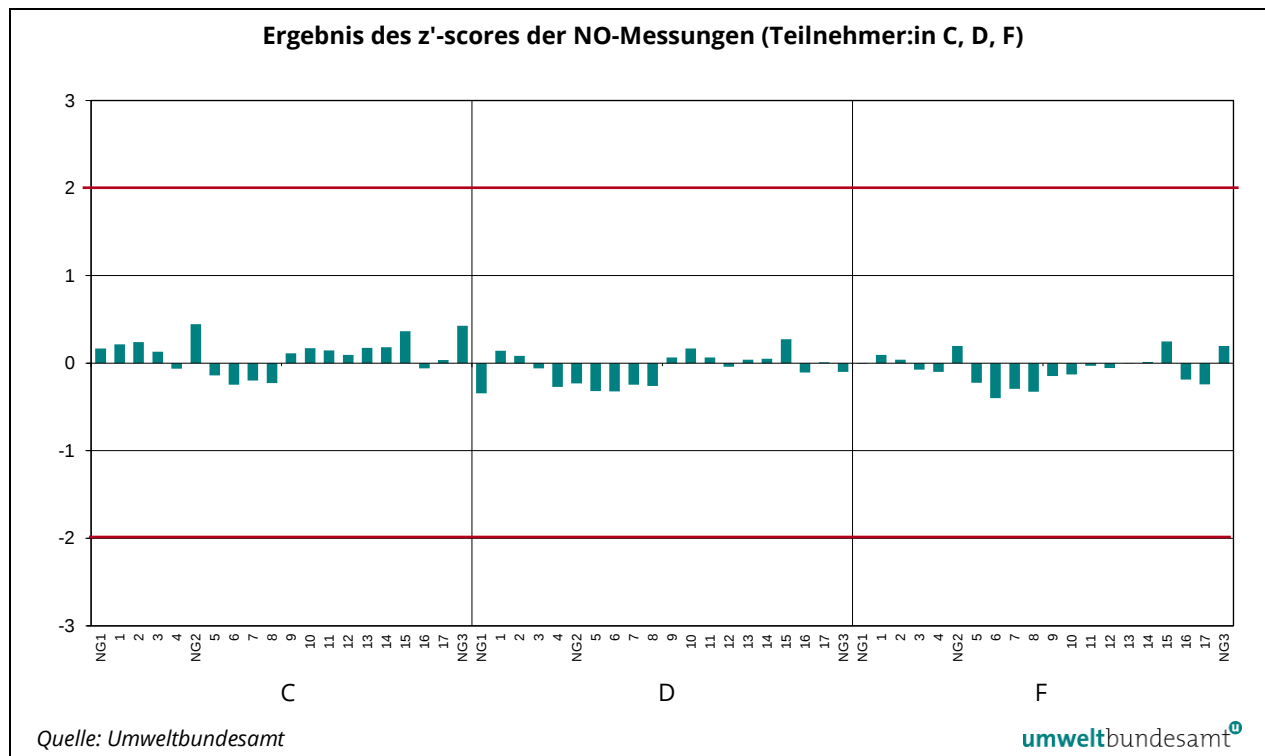


Abbildung 13: Ergebnis des z'-scores der NO-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I).

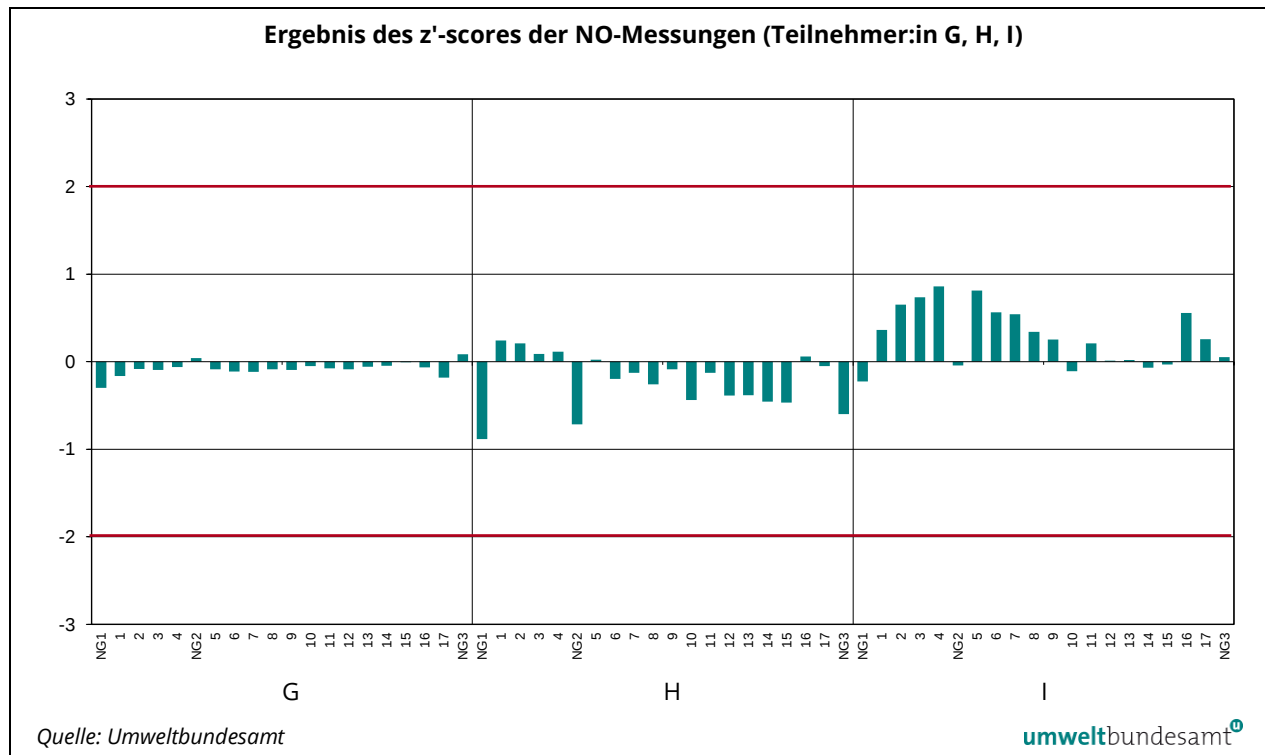


Abbildung 14: Ergebnis des z'-scores der NO-Messungen (Teilnehmer:in J, K, M).

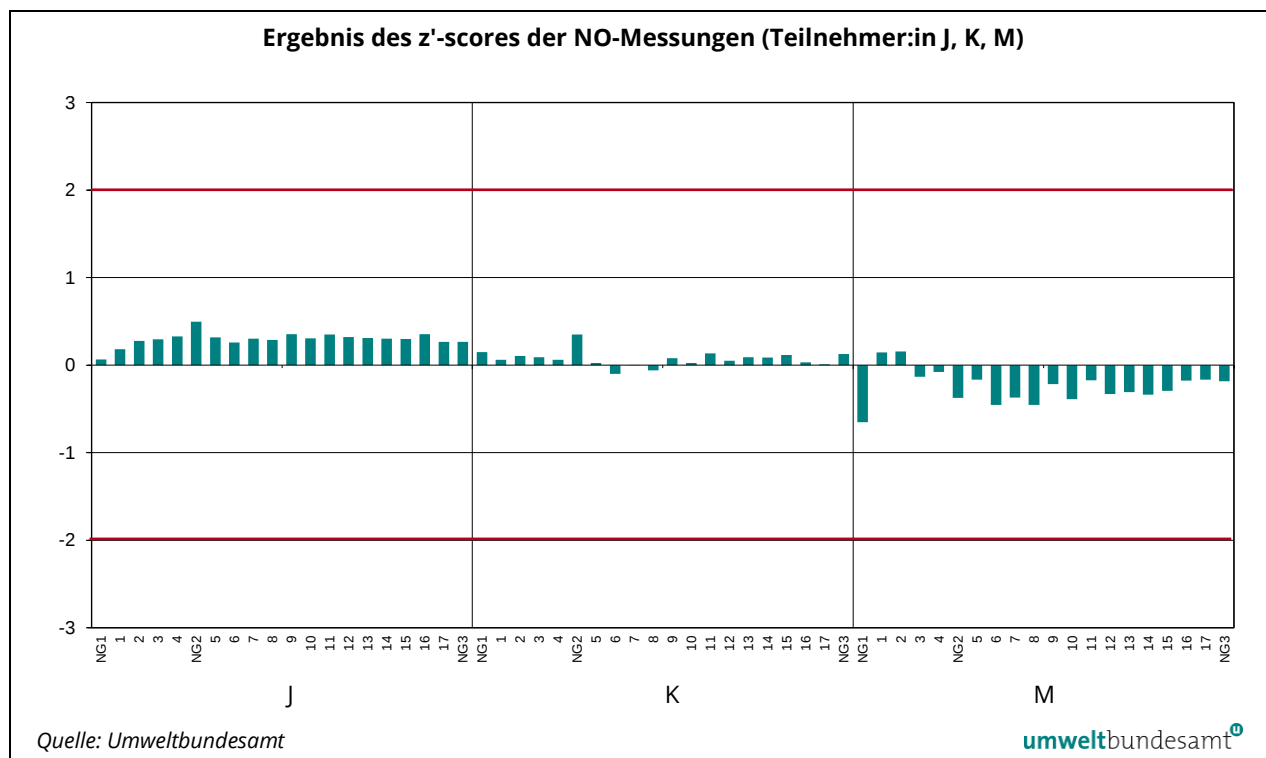
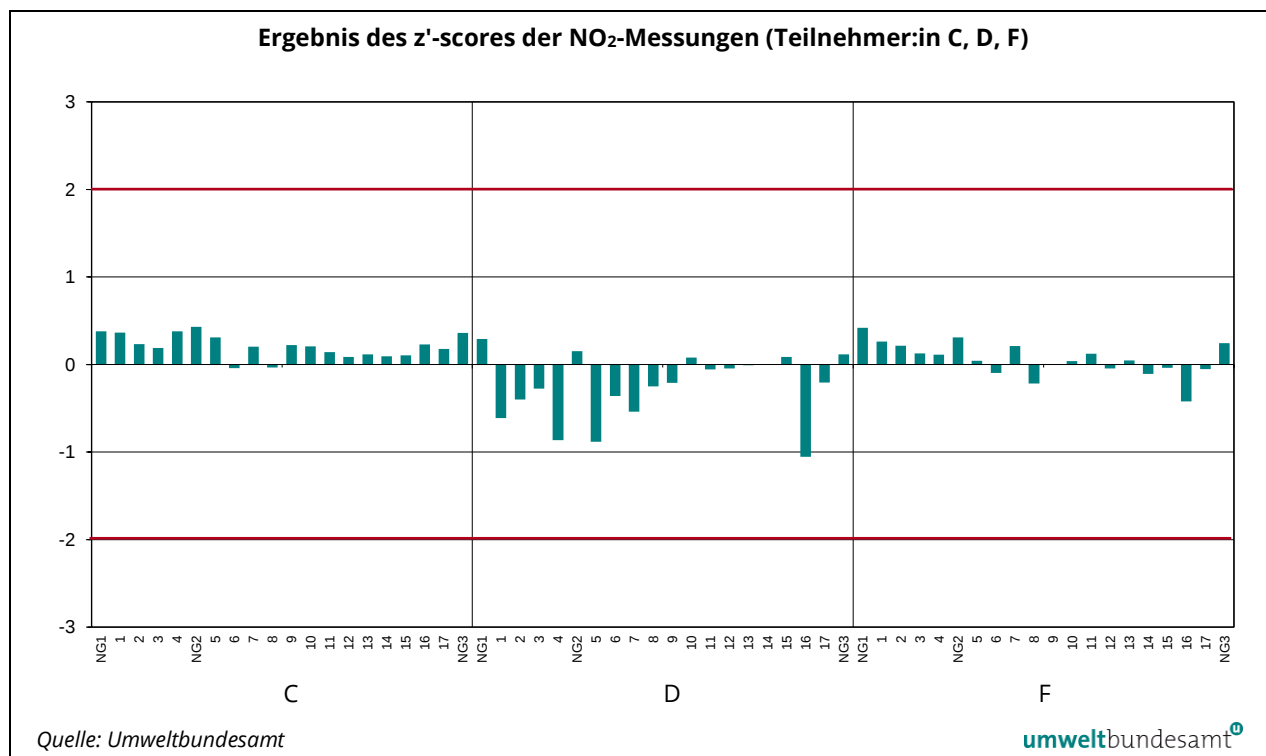
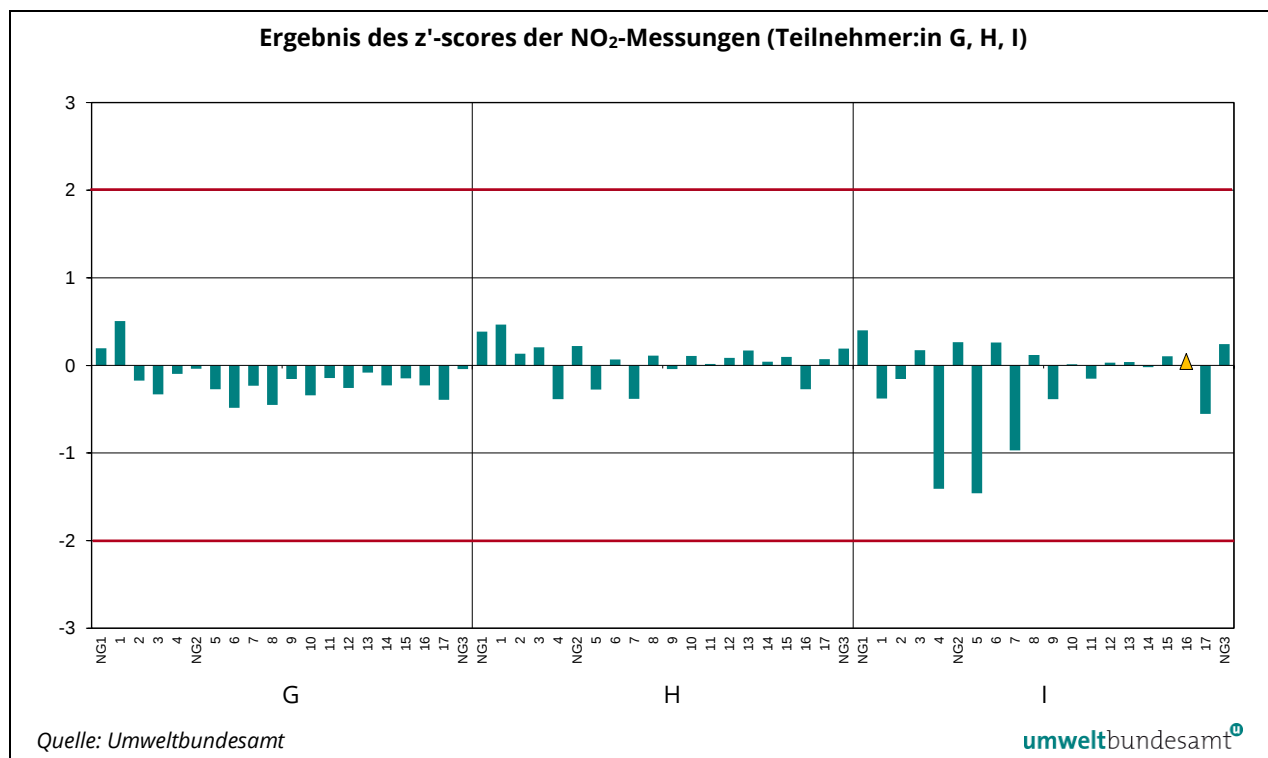
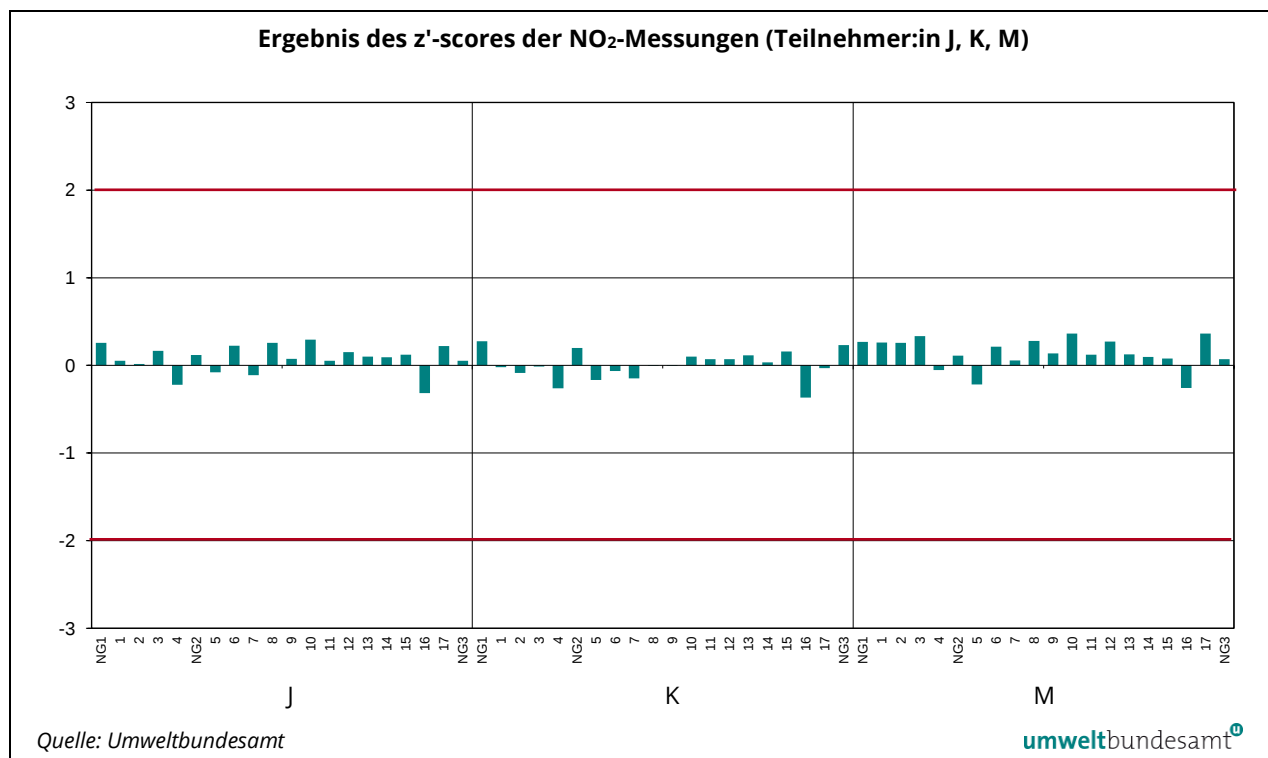
Abbildung 15: Ergebnis des z'-scores der NO<sub>2</sub>-Messungen (Teilnehmer:in C, D, F).

Abbildung 16: Ergebnis des z'-scores der NO<sub>2</sub>-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I).Abbildung 17: Ergebnis des z'-scores der NO<sub>2</sub>-Messungen (Teilnehmer:in J, K, M).

## 4.2 E<sub>n</sub>-Nummer Auswertung

### **Ermittlung des Schwellenwertes**

Die zweite statistische Kenngröße ist die E<sub>n</sub>-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<sub>i</sub> unterschätzt, so kommt es zur Überschreitung des E<sub>n</sub>-Kriteriums.

### **Berechnung der E<sub>n</sub>-Nummer**

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

$x_i$  Mittelwert der Ergebnisse eines Teilnehmenden  $i$  bei einer Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente

$X$  Referenzwert der jeweiligen Stufe des Stoffmengenanteils einer Komponente

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

$U_x$  Erweiterte Messunsicherheit des Referenzwertes

$U_{x_i}$  Erweiterte Messunsicherheit des Mittelwertes  $x_i$

### **erweiterte Messunsicherheiten**

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

$$|E_n| \leq 1$$

In den folgenden Abbildungen wird die ermittelte E<sub>n</sub>-Nummer für jede Komponente, jede teilnehmende Organisation und jeden bewerteten Konzentrationsdurchgang dargestellt.

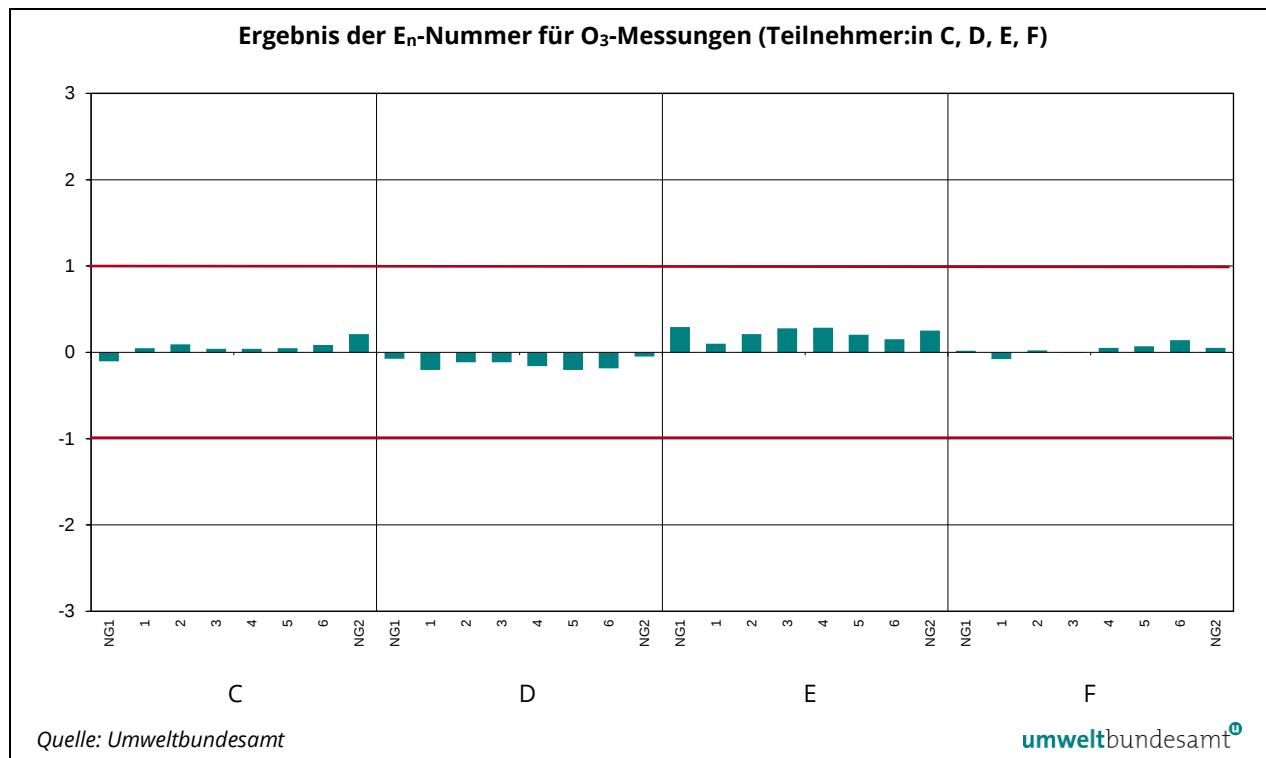
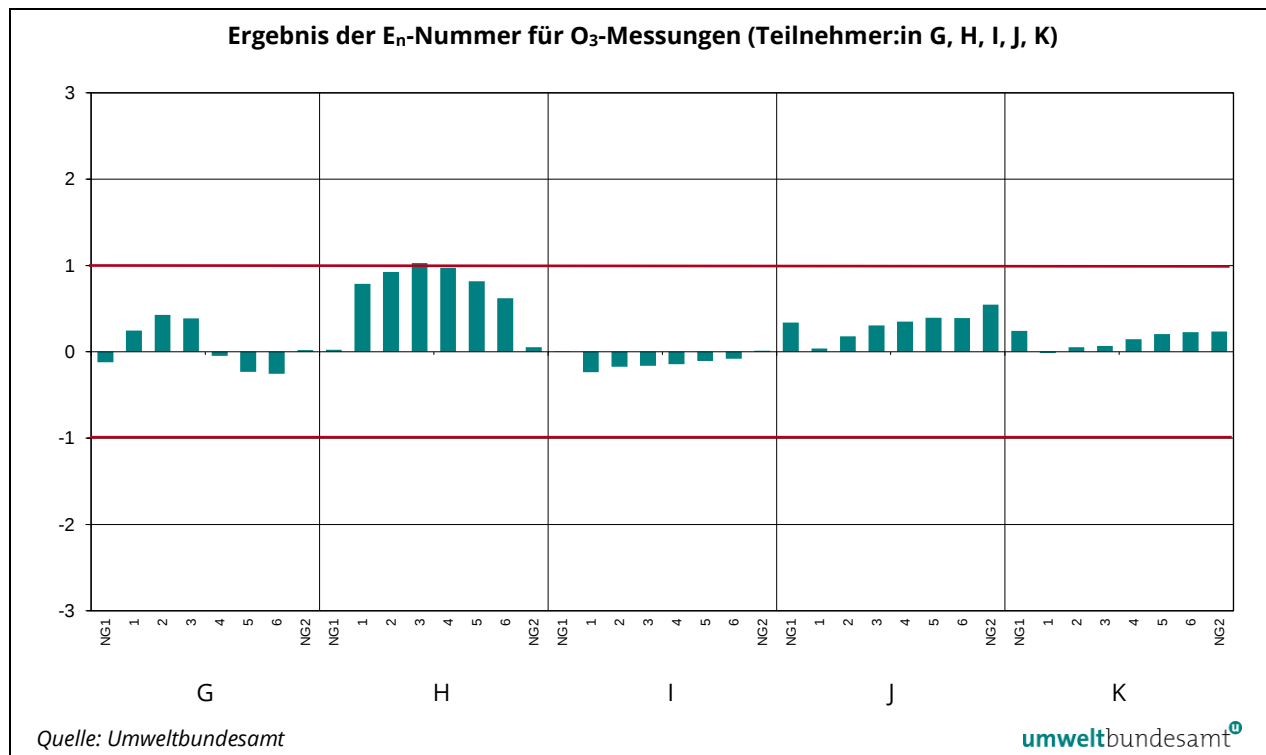
Abbildung 18: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $O_3$ -Messungen (Teilnehmer:in C, D, E, F).Abbildung 19: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $O_3$ -Messungen (Teilnehmer:in G, H, I, J, K).

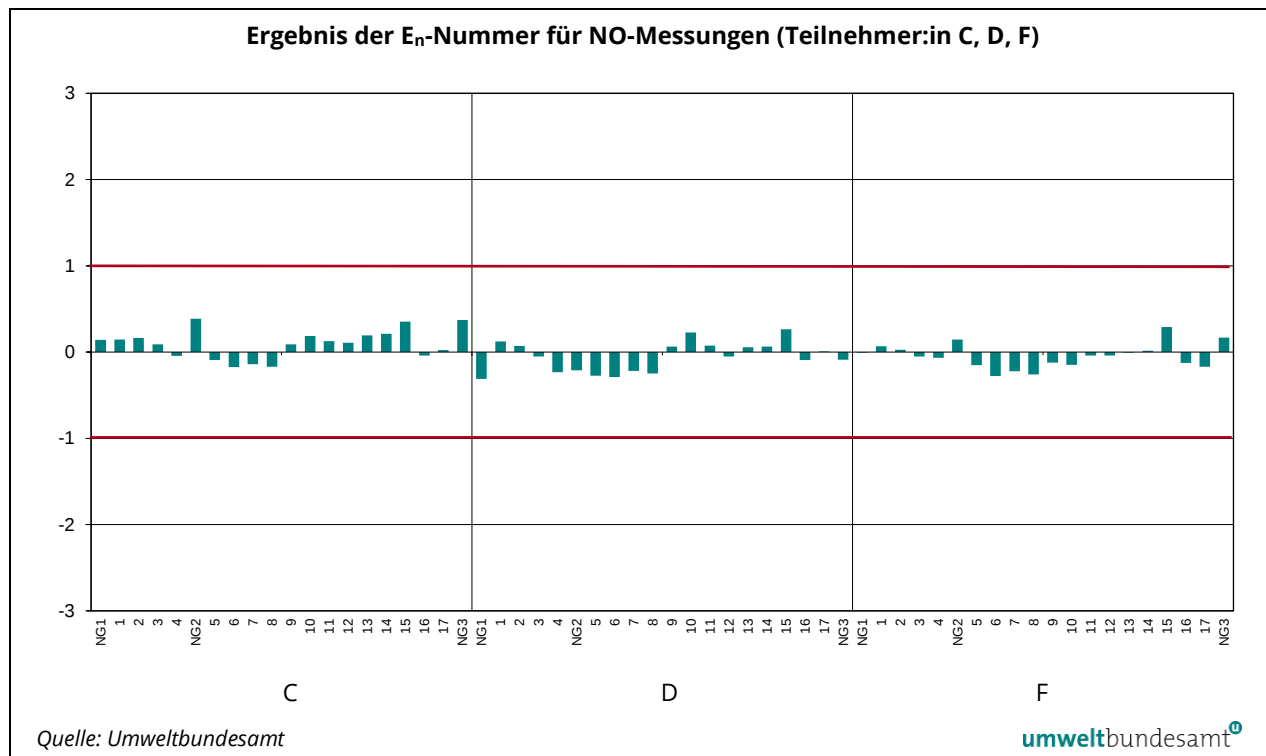
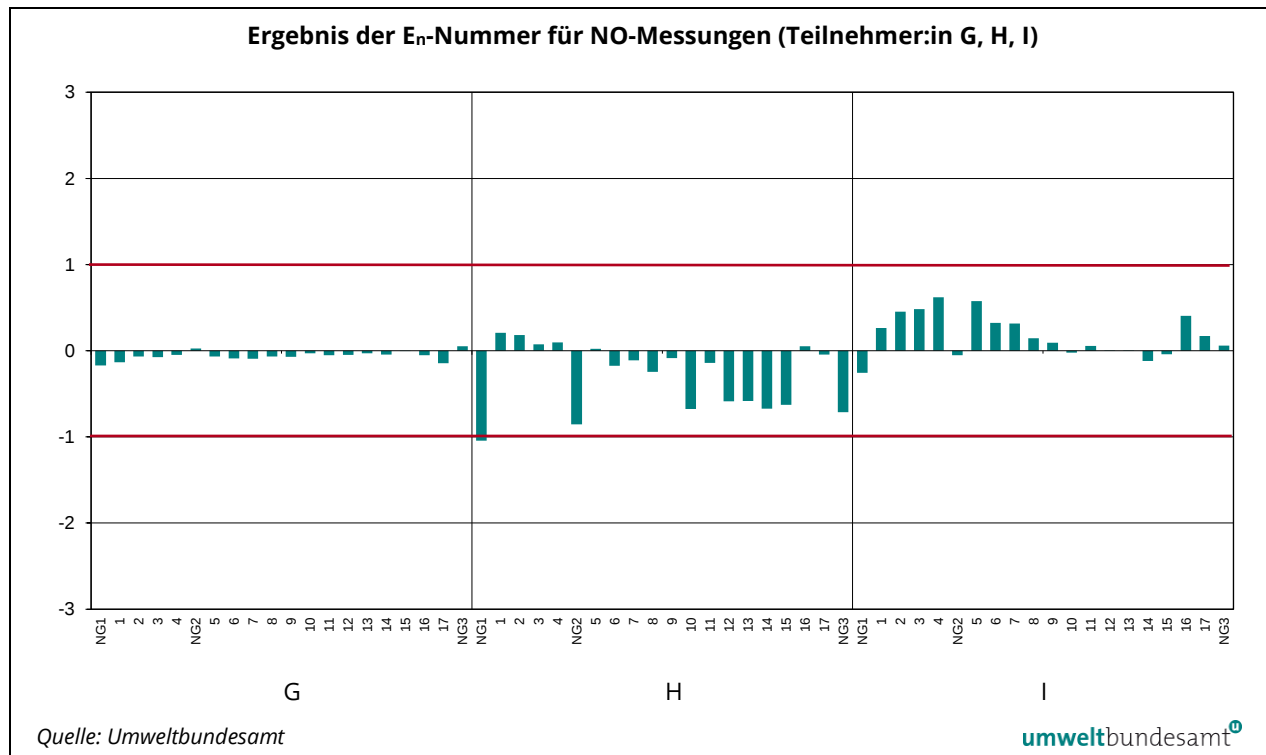
Abbildung 20: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn C, D, F).Abbildung 21: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn G, H, I).

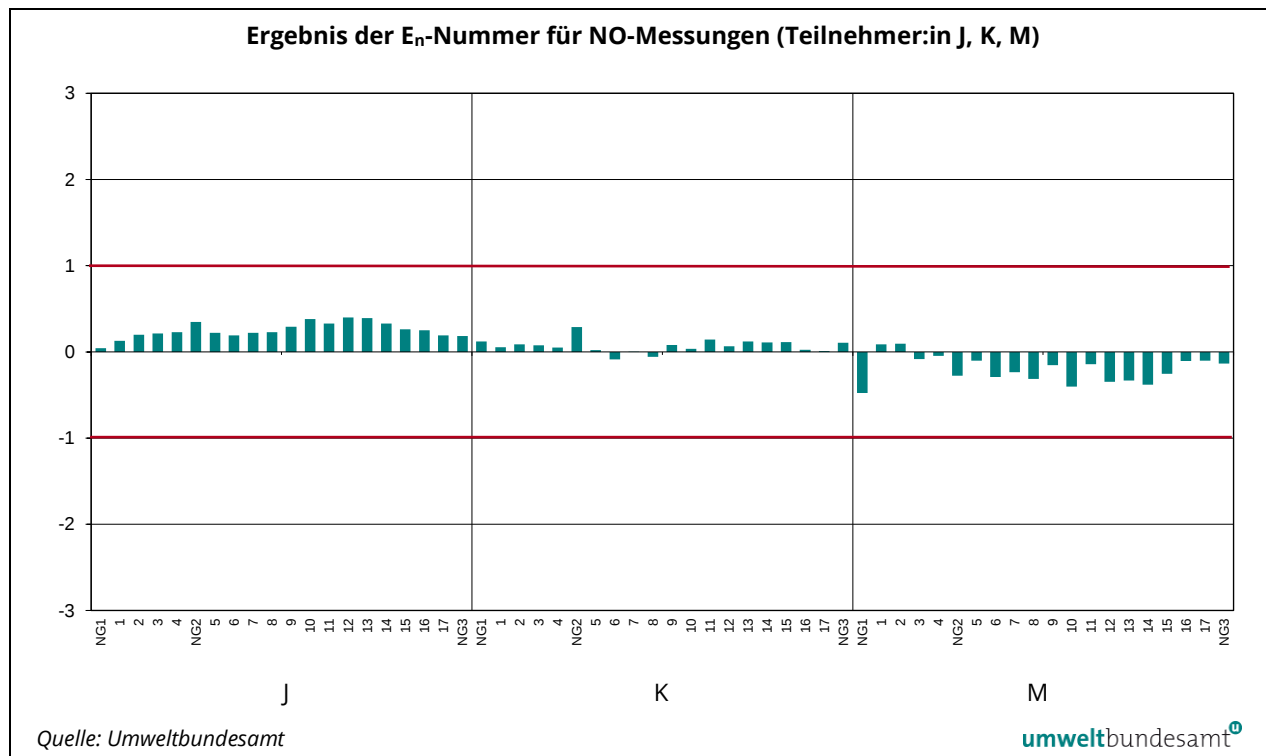
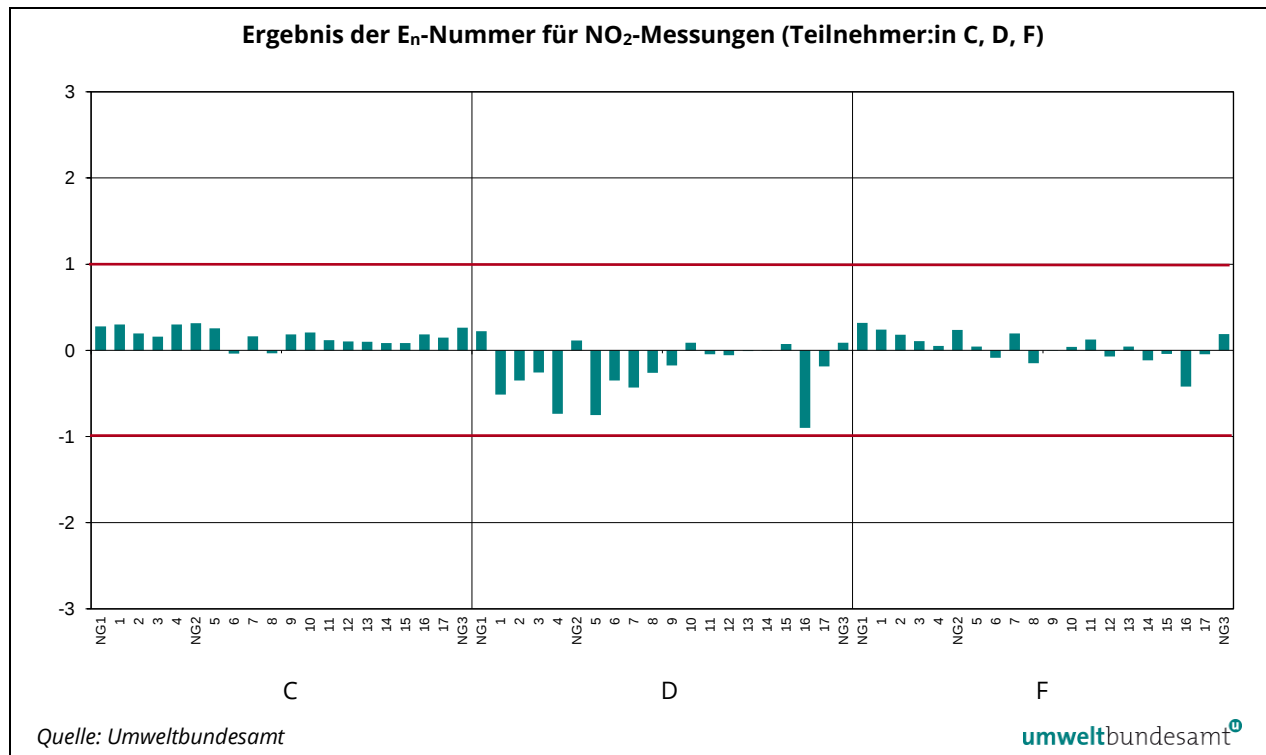
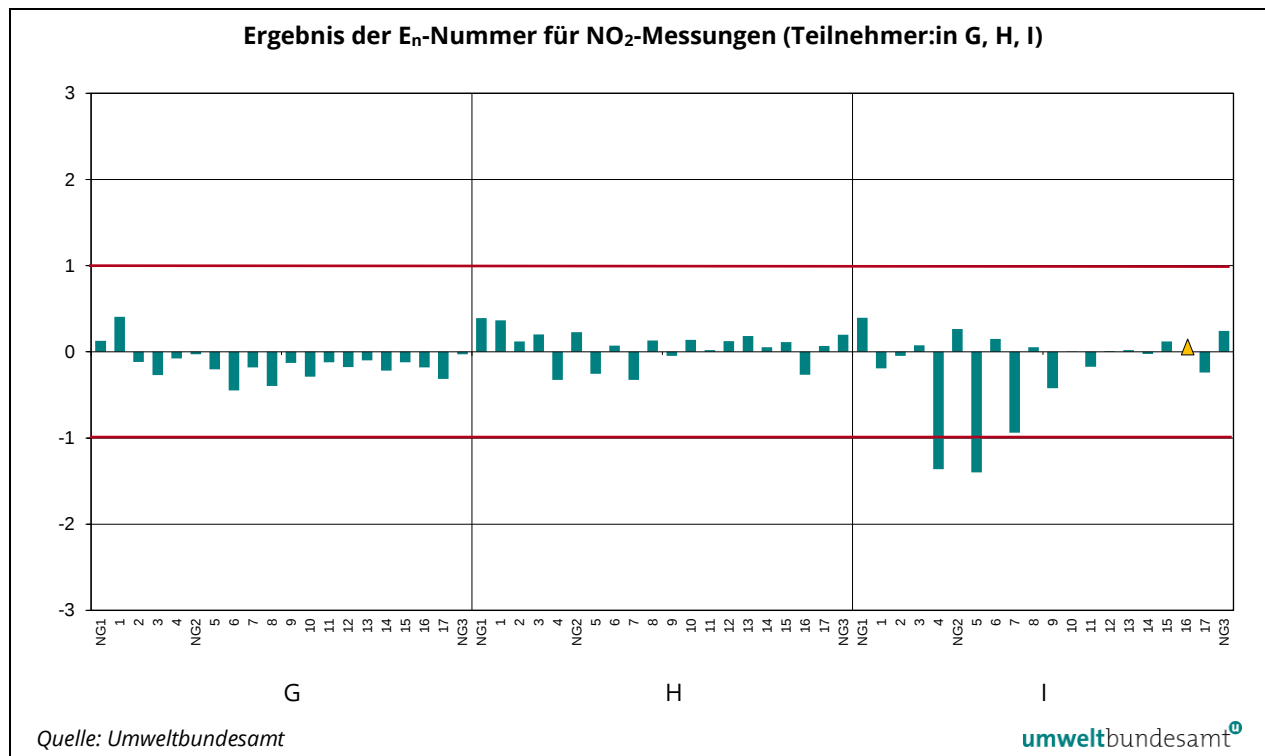
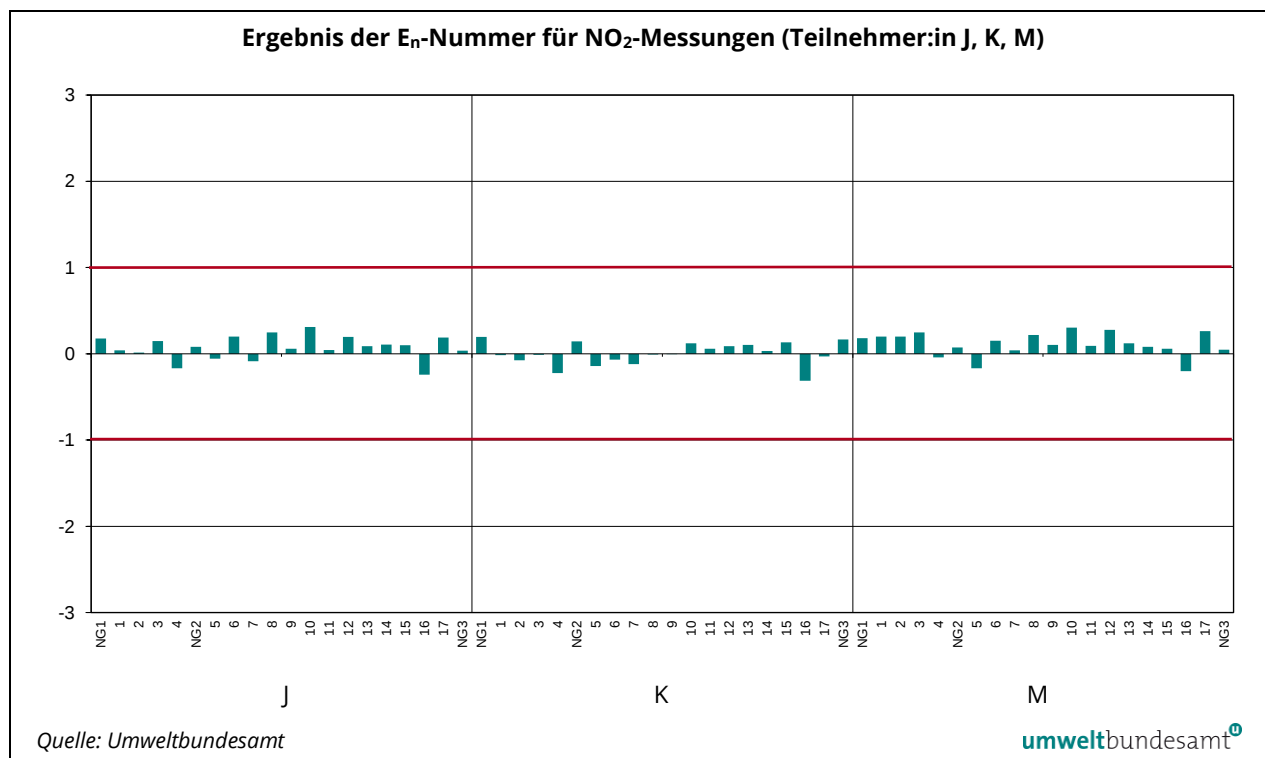
Abbildung 22: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO-Messungen (TeilnehmerIn J, K, M).Abbildung 23: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für NO<sub>2</sub>-Messungen (TeilnehmerIn C, D, F).

Abbildung 24: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen (TeilnehmerIn G, H, I).Abbildung 25: Ergebnis der  $E_n$ -Nummer für  $\text{NO}_2$ -Messungen (TeilnehmerIn J, K, M).

Bei O<sub>3</sub> liegt ein Messgerät bei mittleren Stoffmengenanteilen einmal knapp außerhalb des E<sub>n</sub>-Kriteriums (Abbildung 19; E<sub>n</sub> = 1,03). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E<sub>n</sub>-Kriterium für Ozon eingehalten.

Bei der Komponente NO liegt ein Messgerät beim Nullgas knapp außerhalb des E<sub>n</sub>-Kriteriums (E<sub>n</sub> = -1,04; Abbildung 21). Alle anderen Messgeräte der teilnehmenden Organisationen liegen innerhalb des E<sub>n</sub>-Kriteriums ( $|E_n| \leq 1$ ).

Bei NO<sub>2</sub> liegt ein Messgerät bei niedrigen Stoffmengenanteilen zweimal Mal außerhalb des E<sub>n</sub>-Kriteriums (E<sub>n</sub> = -1,4 und -1,36; teilnehmende Organisation I; siehe Abbildung 24). Alle anderen teilnehmenden Organisationen haben das E<sub>n</sub>-Kriterium für NO<sub>2</sub> eingehalten.

### 4.3 Bias und Messunsicherheit

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

***Fehlerindikatoren zur Darstellung der Messunsicherheit***

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

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

***Ergebnisse der Auswertungen***

Die Ergebnisse von O<sub>3</sub> sowie die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind plausibel und unterscheiden sich im Allgemeinen nur wenig (Abbildung 26 und Abbildung 27).

Die NO-Ergebnisse sowie die dazugehörigen ermittelten Messunsicherheiten sind ebenfalls plausibel. Bei einem Messgerät ist die Unterschätzung der Messunsicherheit im Nullpunkt bei NO erkennbar (siehe Abbildung 29, teilnehmende Organisation H).

Obwohl die korrekte Messung von NO<sub>2</sub> (Abbildung 31 bis Abbildung 33) und die Abschätzung der Messunsicherheit zu den schwierigeren Aufgaben in der Immissionsmessung gehören, ist der Großteil der Ergebnisse von sehr guter Qualität. Die Ergebnisse von NO<sub>2</sub> sowie die dazugehörigen angegebenen Messunsicherheiten sind auch hier plausibel und unterscheiden sich nur wenig. Bei einem Messgerät ist für NO<sub>2</sub> zwei Mal eine Unterschätzung der Messunsicherheit bei generell kleinen Stoffmengenanteilen ersichtlich (siehe Abbildung 32; teilnehmende Organisation I).

Abbildung 26: Bias der O<sub>3</sub>-Messungen (Teilnehmer:in C, D, E, F – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

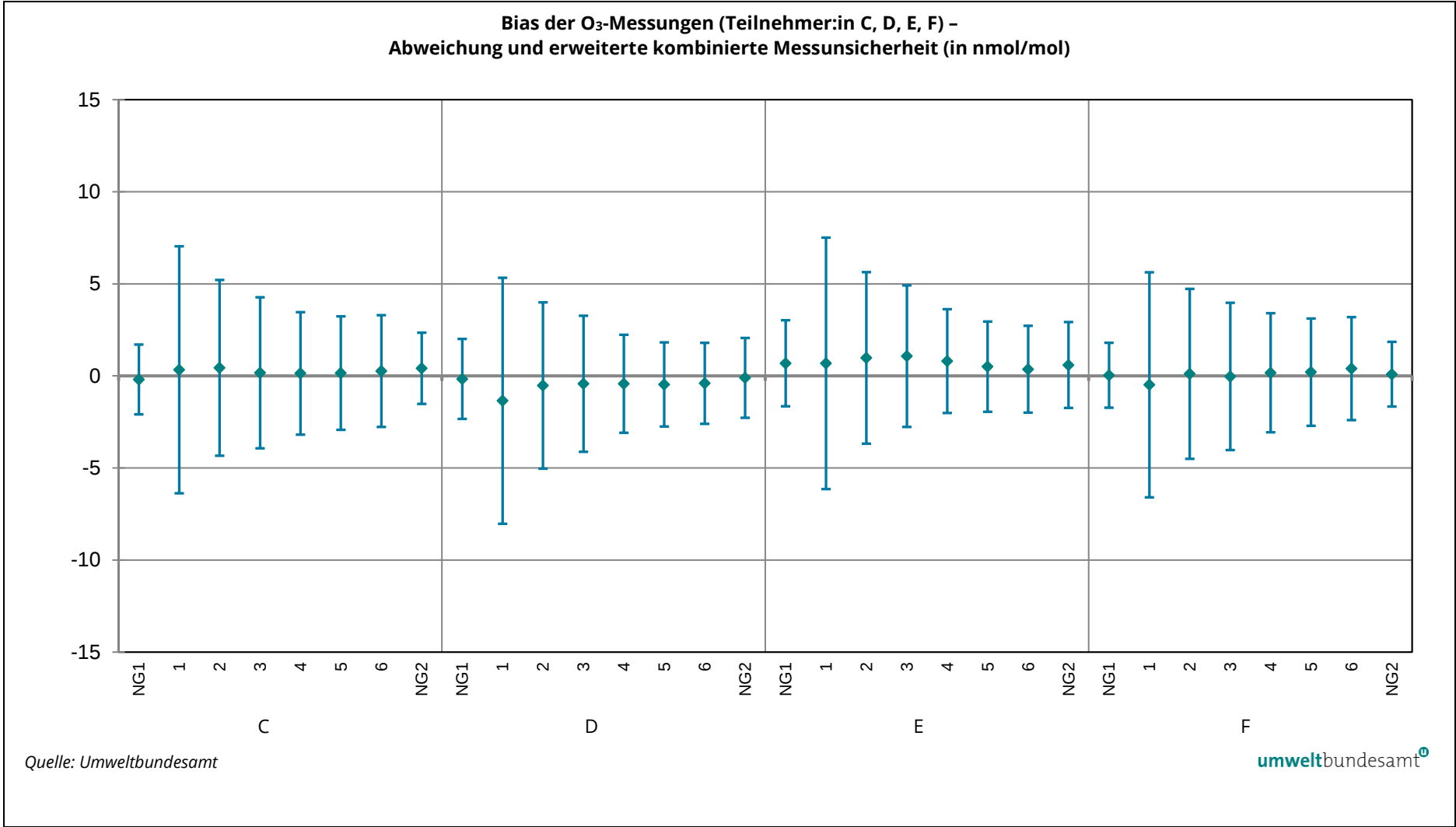


Abbildung 27: Bias der O<sub>3</sub>-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I, J, K) – Abweichung und erweiterte kombinierte Messunsicherheit (in nmol/mol).

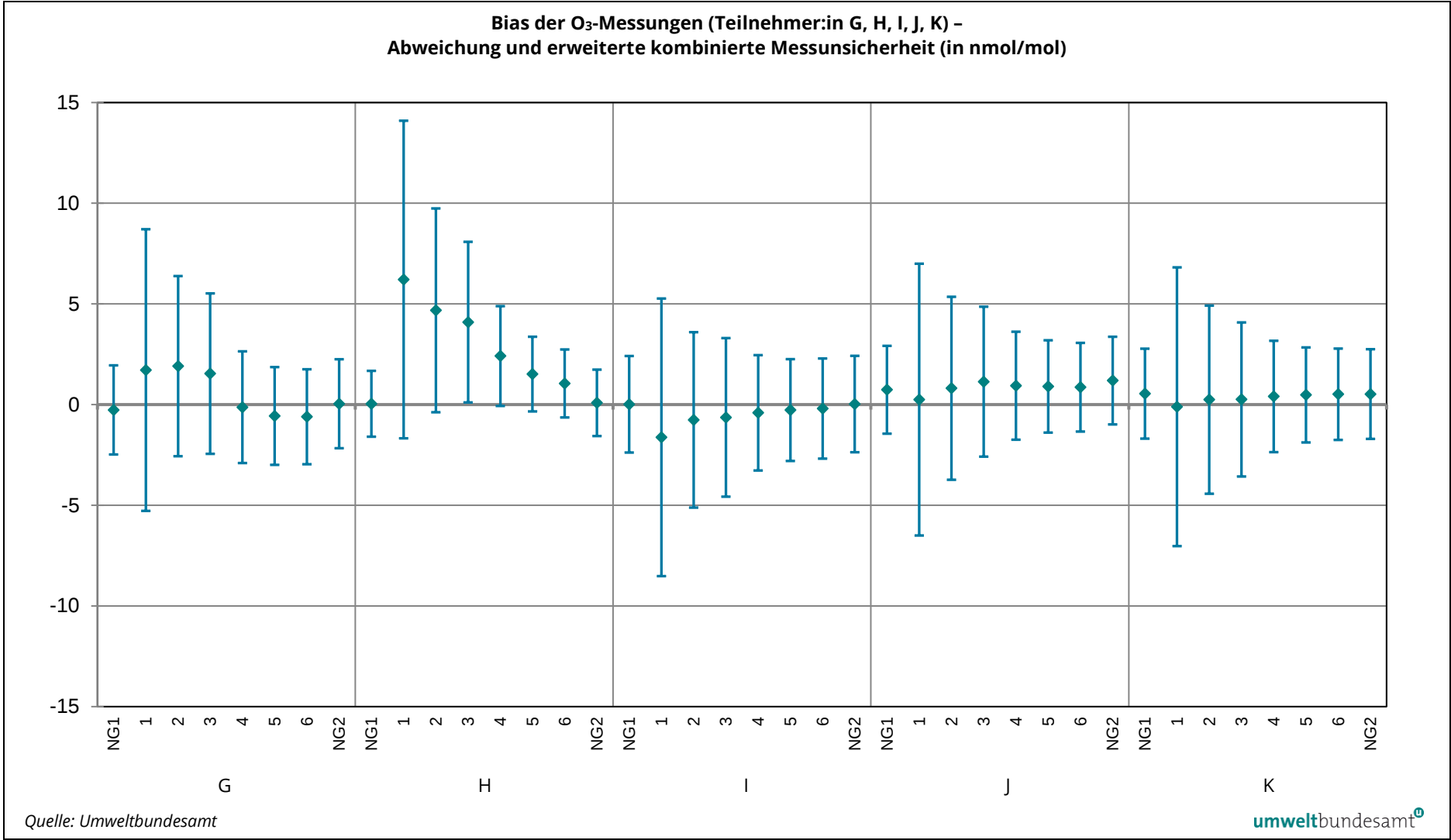


Abbildung 28: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in C, D, F) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

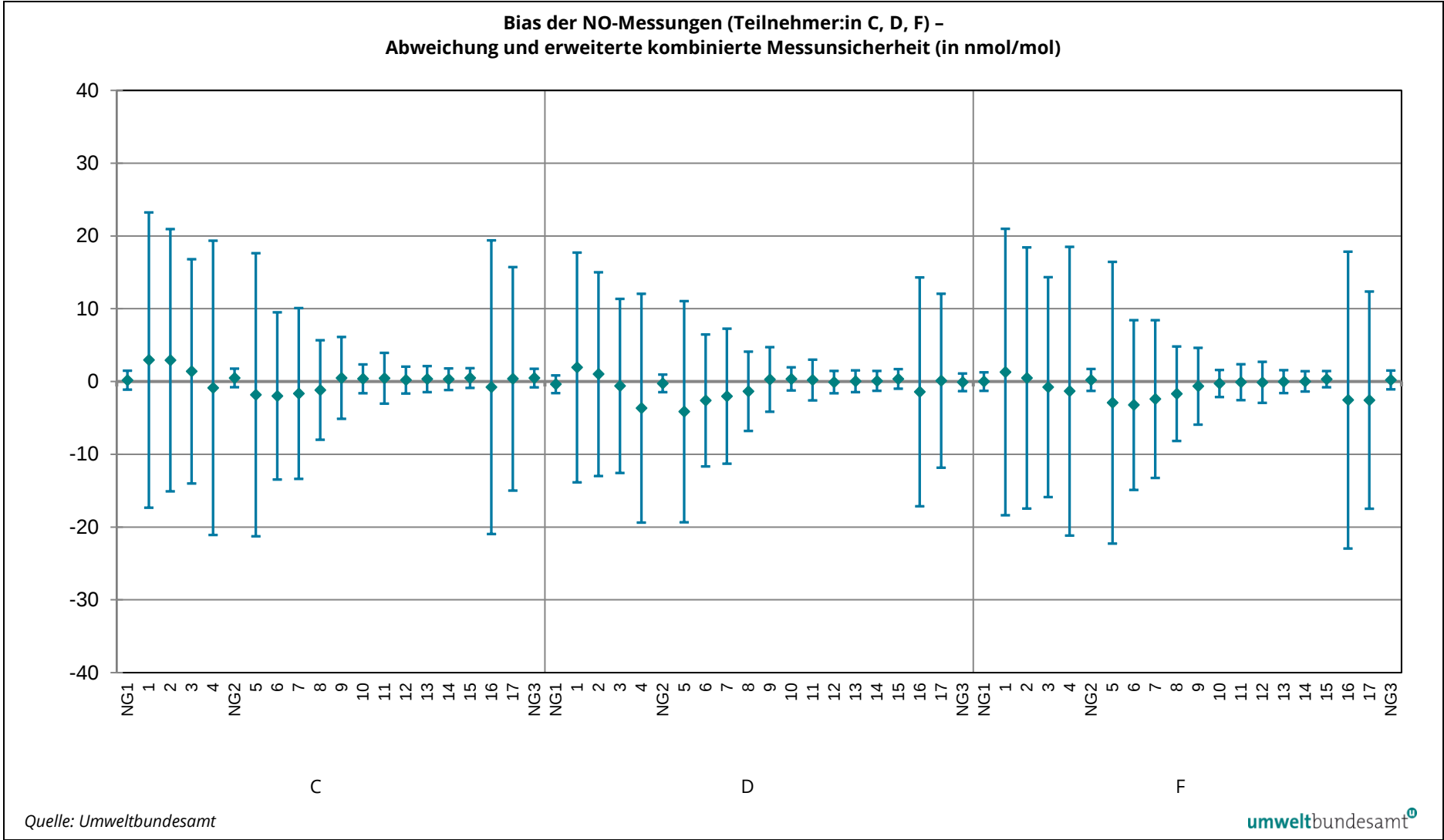


Abbildung 29: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

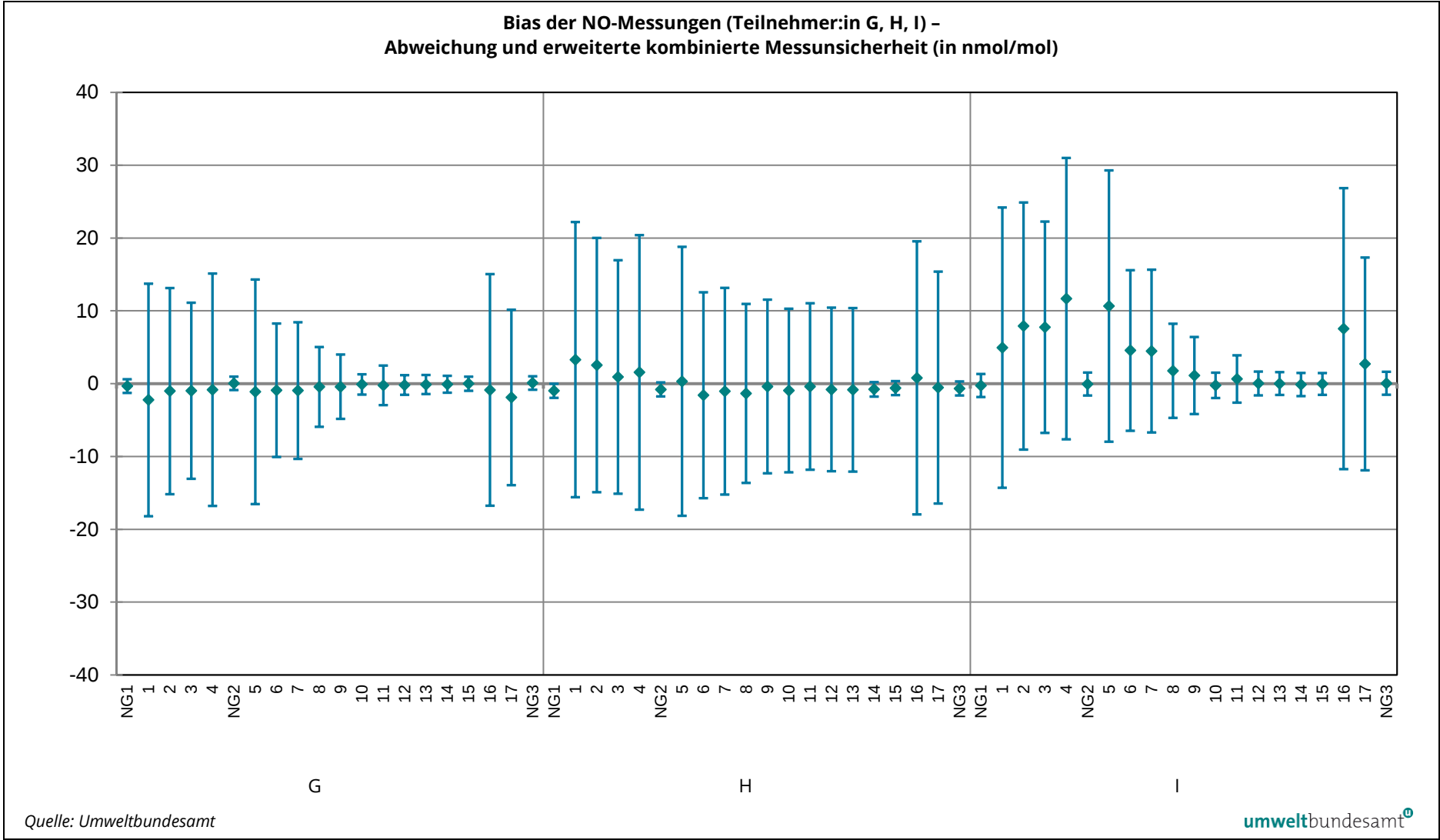
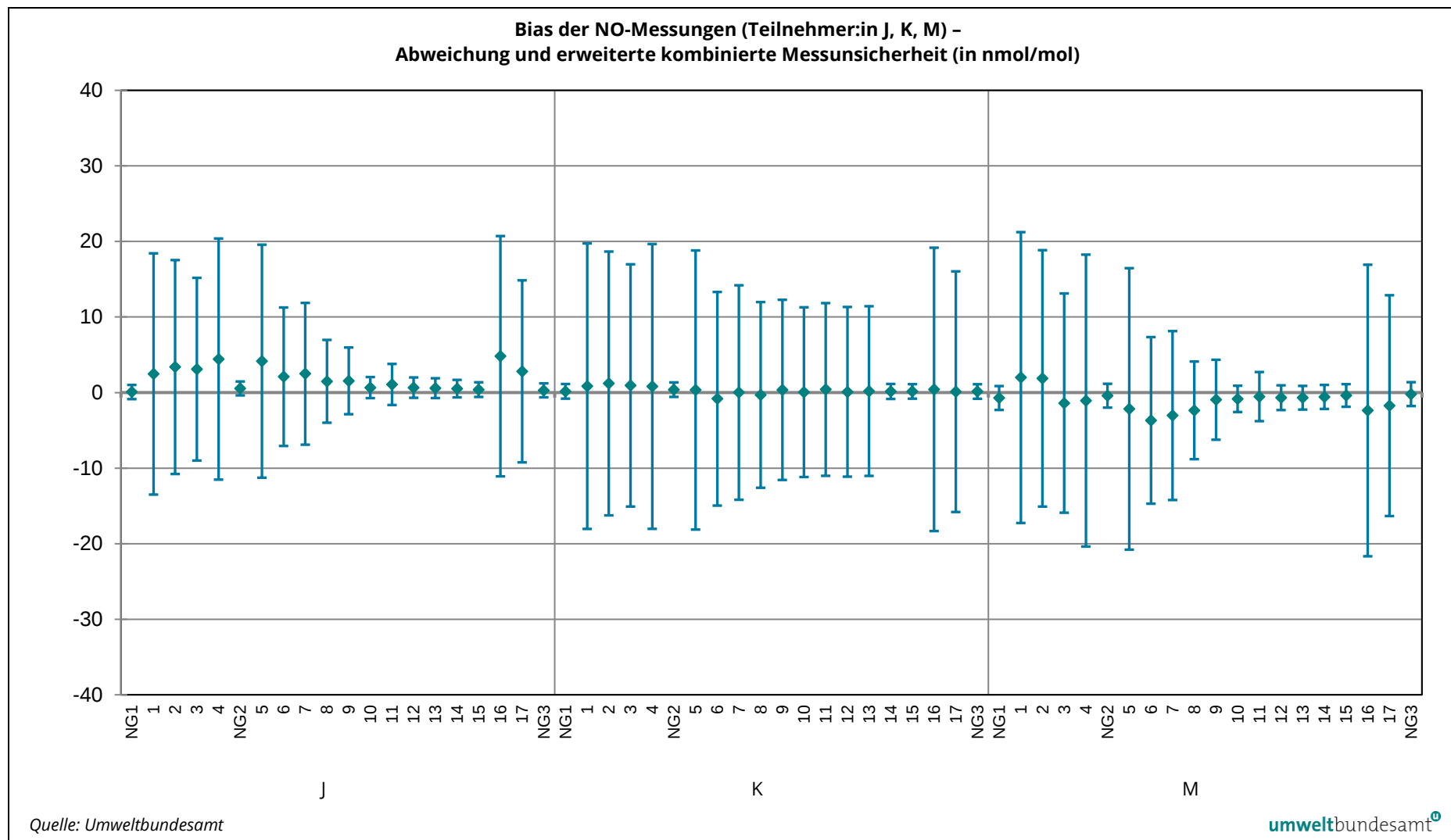


Abbildung 30: Bias der NO-Messungen (Teilnehmer:in J, K, M) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).



NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> Ausgabe/Edition 1 – 13.03.2025

Abbildung 32: Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen (Teilnehmer:in G, H, I) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).

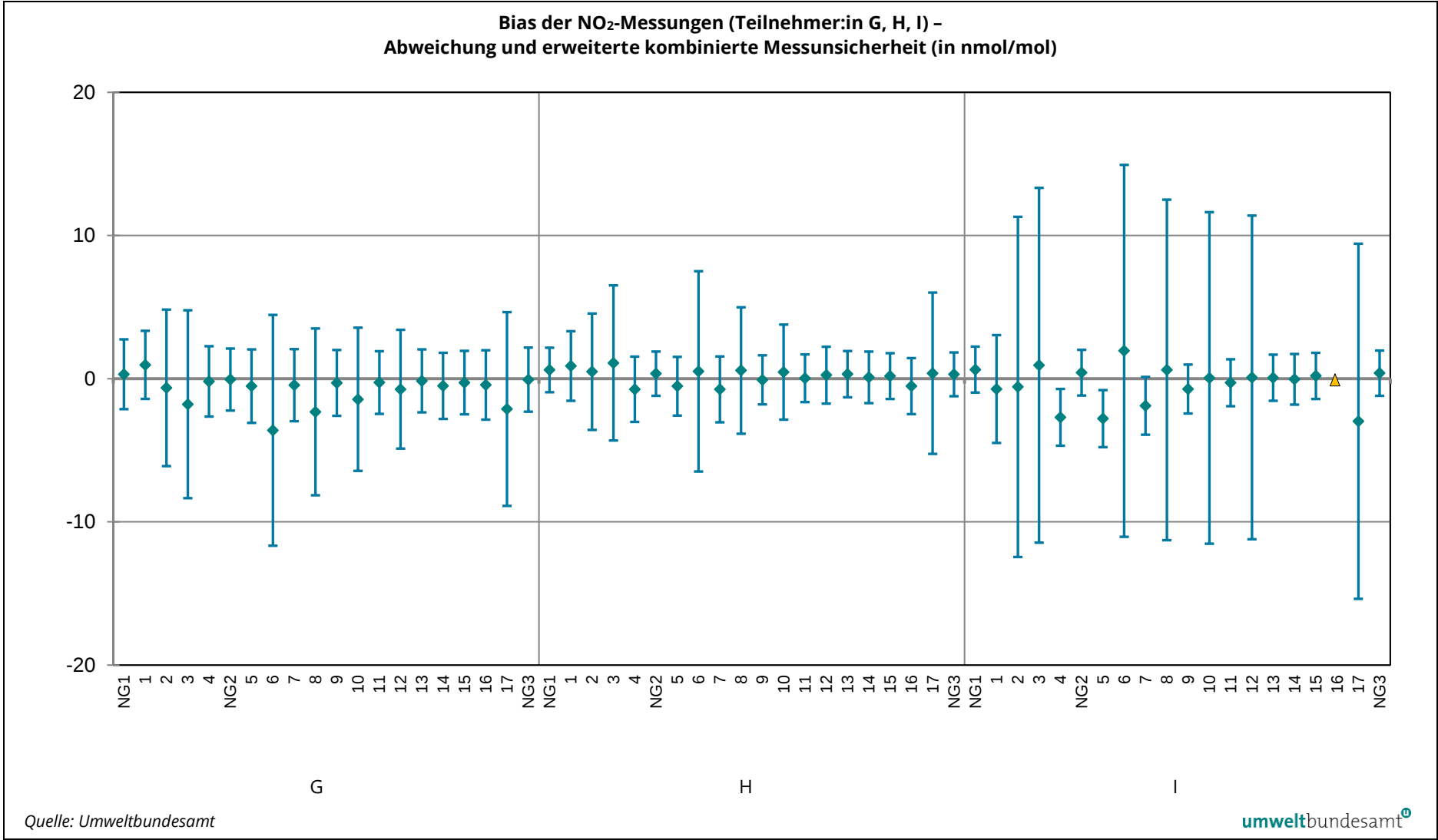
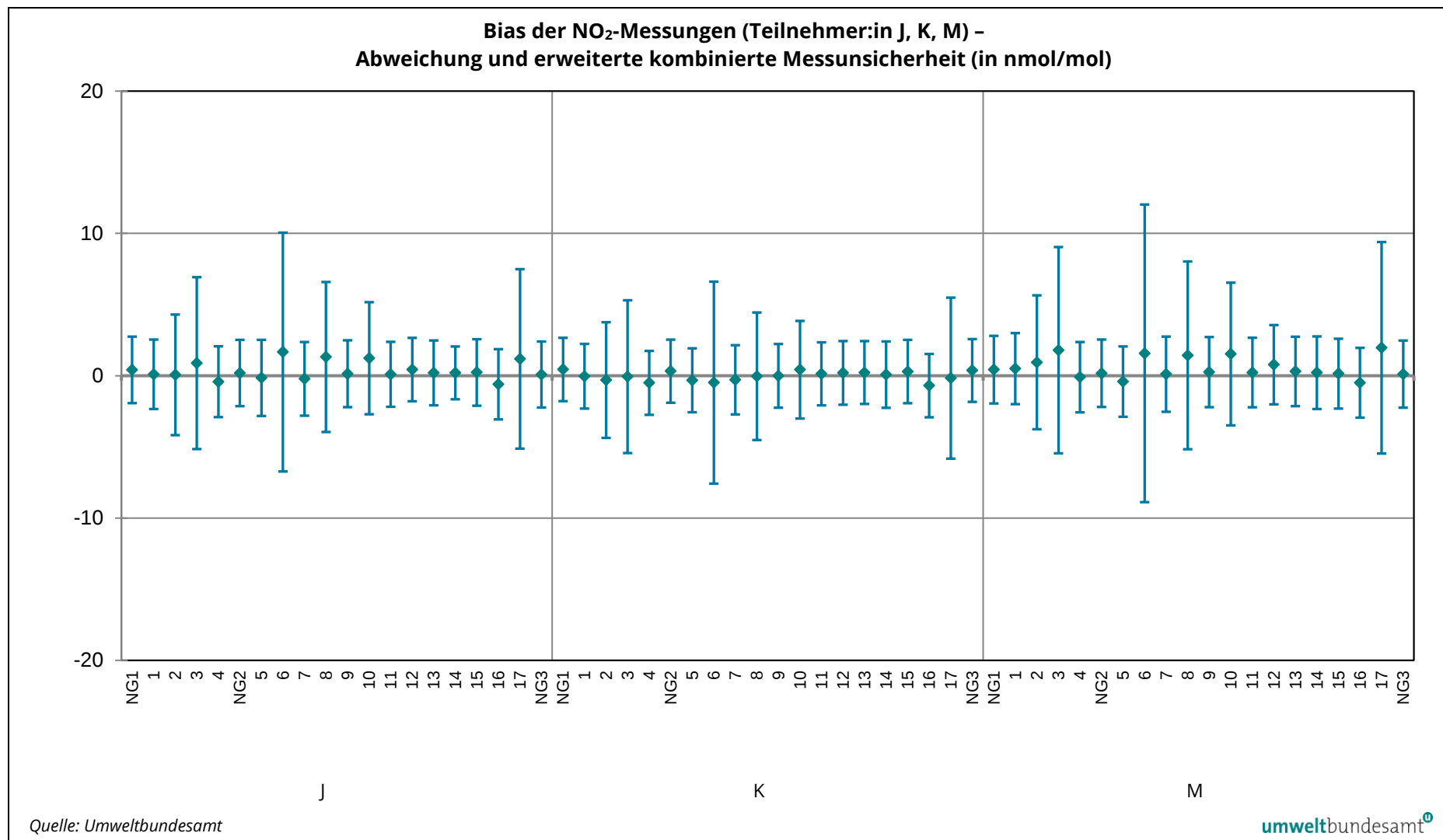


Abbildung 33: Bias der NO<sub>2</sub>-Messungen (Teilnehmer:in J, K, M) – Abweichung und erweiterte Messunsicherheit (in nmol/mol).



## LITERATURVERZEICHNIS

### Rechtsnormen und Leitlinien

AQUILA N37: 2024: 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: 2022: Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. International Organization for Standardization, Genf.

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

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

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

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

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

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

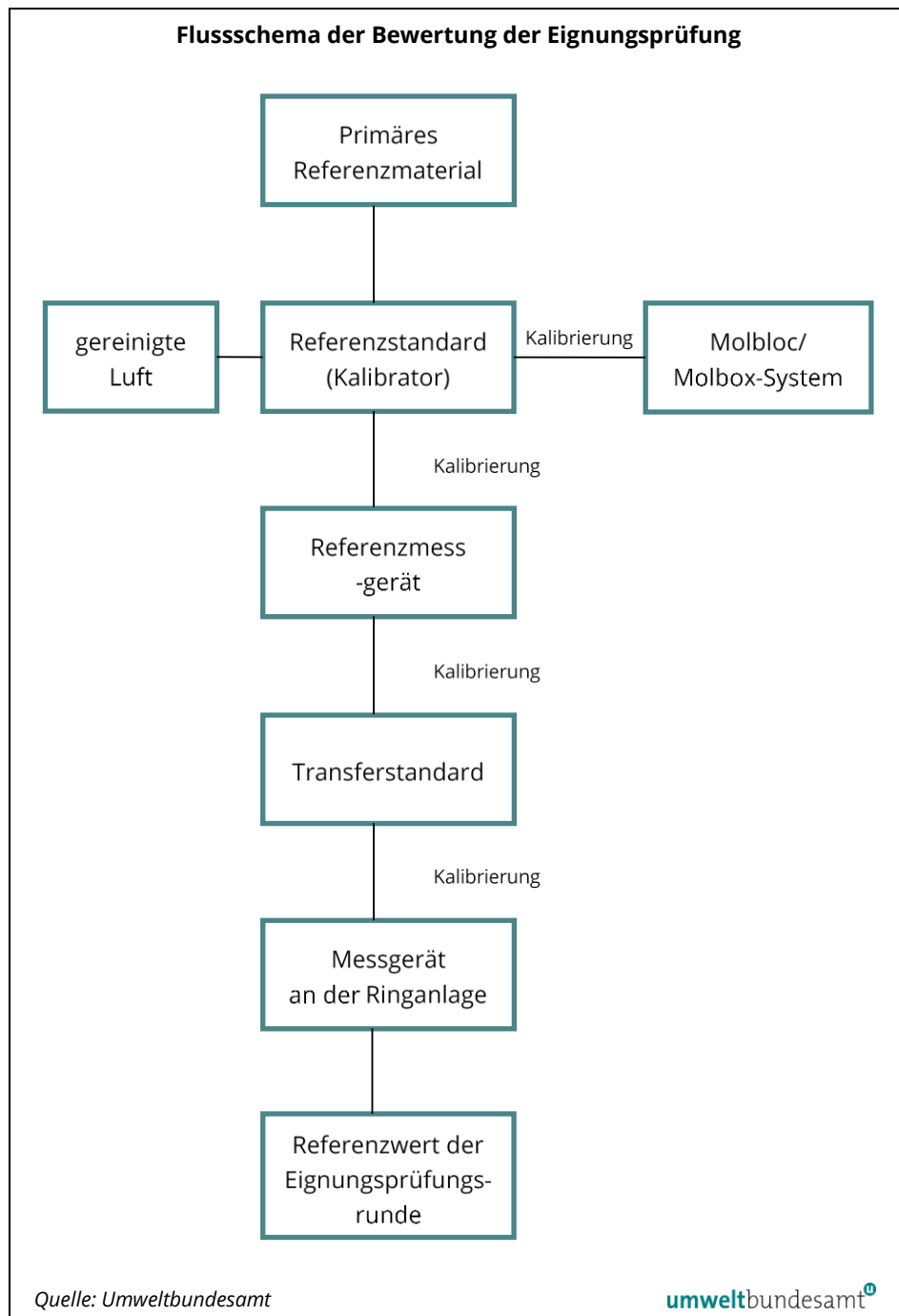
## ANHÄNGE

|                                                                                                   |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ANHANG A: RÜCKFÜHRUNG DER REFERENZWERTE.....</b>                                               | <b>43</b>  |
| <b>ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE.....</b>                                               | <b>46</b>  |
| <b>ANHANG C: BERICHTETE WERTE.....</b>                                                            | <b>48</b>  |
| <b>ANHANG D: FRAGEBÖGEN .....</b>                                                                 | <b>73</b>  |
| <b>ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHS-ANLAGE<br/>FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE .....</b> | <b>103</b> |
| <b>ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN-NUMMERN .....</b>                                  | <b>108</b> |

## 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 34:  
Rückführung bis zu  
den Messgeräten  
an der Anlage



## A1 Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte und metrologische Rückführbarkeit

Die Referenzwerte der Eignungsprüfung wurden von der nach EN ISO/IEC 17025:2017 akkreditierten Kalibrierstelle des Umweltbundesamtes ermittelt. Folgende Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte wurden bei der Eignungsprüfung 2024 eingesetzt:

*Tabelle 9:  
Messgeräte zur Ermittlung der Referenzwerte*

| <b>Platz 1</b>    |                   |               |                     |
|-------------------|-------------------|---------------|---------------------|
| <b>Komponente</b> | <b>Hersteller</b> | <b>Modell</b> | <b>Seriennummer</b> |
| NO                | HORIBA            | APNA-370      | TLK 34DAG           |
| O <sub>3</sub>    | Thermo Electron   | TEI 49i       | 1317957903          |
| <b>Platz 14</b>   |                   |               |                     |
| <b>Komponente</b> | <b>Hersteller</b> | <b>Modell</b> | <b>Seriennummer</b> |
| NO                | HORIBA            | APNA-370      | 300DPVAE            |
| O <sub>3</sub>    | Thermo Electron   | TEI 49i       | 0605915608          |

Zur Kalibrierung der Messgeräte vor Ort wurden folgende Kalibriermittel verwendet:

*Tabelle 10: Verwendung der Kalibriermittel zur Kalibrierung der Messgeräte für die Eignungsprüfung 2024*

| <b>Komponente</b> | <b>Hersteller/<br/>Flaschennummer</b> | <b>Matrix</b>        | <b>Wert</b>    | <b>erweiterte<br/>Messunsicherheit</b> | <b>Kalibrierschein-<br/>nummer</b> |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------|----------------------------------------|------------------------------------|
| NO                | Messer Schweiz<br>81309               | NO in N <sub>2</sub> | 770,1 nmol/mol | ±11,55 nmol/mol                        | 100/2024                           |

## **A2 Überprüfung der Stabilität und Homogenität der Prüfgasmischungen**

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

Die Kriterien zur Stabilität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2024 eingehalten.

## ANHANG B: VALIDIERUNG DER REFERENZWERTE

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

### Prüfkriterium

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

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

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

Tabelle 11:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für O<sub>3</sub>

| Bezeichnung | Einheit  | X     | u <sub>x</sub> | x*    | s*   | Bewertung |
|-------------|----------|-------|----------------|-------|------|-----------|
| NG1         | nmol/mol | 0.2   | 0.79           | 0.3   | 0.37 | ok        |
| O3 1        | nmol/mol | 193.2 | 2.39           | 193.3 | 1.32 | ok        |
| O3 2        | nmol/mol | 121.6 | 1.61           | 122.1 | 0.96 | ok        |
| O3 3        | nmol/mol | 92.0  | 1.32           | 92.5  | 1.05 | ok        |
| O3 4        | nmol/mol | 47.4  | 0.96           | 47.7  | 0.70 | ok        |
| O3 5        | nmol/mol | 22.0  | 0.83           | 22.3  | 0.70 | ok        |
| O3 6        | nmol/mol | 10.4  | 0.80           | 10.7  | 0.63 | ok        |
| NG2         | nmol/mol | 0.1   | 0.78           | 0.3   | 0.29 | ok        |

Tabelle 12:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für NO

| Bezeichnung | Einheit  | X     | u <sub>x</sub> | x*    | s*   | Bewertung |
|-------------|----------|-------|----------------|-------|------|-----------|
| NG1         | nmol/mol | 0.4   | 0.46           | 0.14  | 0.44 | ok        |
| NO 1        | nmol/mol | 468.7 | 5.87           | 470.8 | 1.48 | ok        |
| NO 2        | nmol/mol | 415.6 | 5.21           | 417.5 | 1.69 | ok        |
| NO 3        | nmol/mol | 355.5 | 4.45           | 356.2 | 2.10 | ok        |
| NO 4        | nmol/mol | 469.1 | 5.87           | 469.2 | 2.41 | ok        |
| NG 2        | nmol/mol | 0.3   | 0.45           | 0.3   | 0.48 | ok        |
| NO 5        | nmol/mol | 449.4 | 5.73           | 448.6 | 2.48 | ok        |
| NO 6        | nmol/mol | 263.5 | 3.45           | 262.0 | 1.77 | ok        |
| NO 7        | nmol/mol | 269.2 | 3.52           | 268.3 | 1.75 | ok        |
| NO 8        | nmol/mol | 155.4 | 2.07           | 154.5 | 1.08 | ok        |
| NO 9        | nmol/mol | 128.7 | 1.63           | 128.9 | 0.94 | ok        |
| NO 10       | nmol/mol | 45.7  | 0.46           | 45.6  | 0.61 | ok        |
| NO 11       | nmol/mol | 78.7  | 1.01           | 78.8  | 0.59 | ok        |
| NO 12       | nmol/mol | 41.3  | 0.47           | 41.2  | 0.31 | ok        |

| Bezeichnung | Einheit  | X     | u <sub>x</sub> | x*    | s*   | Bewertung |
|-------------|----------|-------|----------------|-------|------|-----------|
| NO 13       | nmol/mol | 39.1  | 0.46           | 39.1  | 0.26 | ok        |
| NO 14       | nmol/mol | 27.2  | 0.46           | 27.3  | 0.26 | ok        |
| NO15        | nmol/mol | 9.3   | 0.45           | 9.4   | 0.34 | ok        |
| NO16        | nmol/mol | 468.1 | 5.87           | 467.9 | 2.24 | ok        |
| NO17        | nmol/mol | 355.1 | 4.45           | 355.0 | 2.15 | ok        |
| NG3         | nmol/mol | 0.1   | 0.45           | 0.2   | 0.29 | ok        |

Tabelle 13:  
Referenzwerte und  
Ergebnisse der robusten  
Datenanalyse für NO<sub>2</sub>

| Bezeichnung        | Einheit  | X     | u <sub>x</sub> | x*    | s*   | Bewertung |
|--------------------|----------|-------|----------------|-------|------|-----------|
| NG1                | nmol/mol | -0.5  | 0.78           | 0.0   | 0.14 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 1  | nmol/mol | 11.8  | 0.81           | 12.1  | 0.58 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 2  | nmol/mol | 64.9  | 1.82           | 64.9  | 0.90 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 3  | nmol/mol | 125.1 | 2.19           | 125.9 | 0.39 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 4  | nmol/mol | 12.4  | 0.79           | 12.0  | 0.59 | ok        |
| NG 2               | nmol/mol | -0.2  | 0.77           | 0.1   | 0.20 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 5  | nmol/mol | 12.2  | 0.79           | 11.8  | 0.47 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 6  | nmol/mol | 198.3 | 2.60           | 198.1 | 2.14 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 7  | nmol/mol | 11.6  | 0.92           | 11.2  | 0.69 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 8  | nmol/mol | 124.9 | 1.62           | 124.8 | 1.40 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 9  | nmol/mol | 10.9  | 0.78           | 10.8  | 0.36 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 10 | nmol/mol | 93.6  | 1.22           | 94.1  | 0.62 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 11 | nmol/mol | 10.6  | 0.77           | 10.7  | 0.21 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 12 | nmol/mol | 48.1  | 0.78           | 48.3  | 0.35 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 13 | nmol/mol | 10.5  | 0.76           | 10.6  | 0.14 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 14 | nmol/mol | 22.4  | 0.85           | 22.5  | 0.19 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 15 | nmol/mol | 10.3  | 0.78           | 10.5  | 0.06 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 16 | nmol/mol | 12.3  | 0.78           | 11.8  | 0.22 | ok        |
| NO <sub>2</sub> 17 | nmol/mol | 125.5 | 2.33           | 125.3 | 1.75 | ok        |
| NG3                | nmol/mol | -0.2  | 0.76           | 0.1   | 0.20 | ok        |

## ANHANG C: BERICHTETE WERTE

Die Ergebnisse der Eignungsprüfung für O<sub>3</sub> und NO/NO<sub>2</sub> werden in der Einheit nmol/mol angegeben. Für alle Durchgänge werden die Messwerte, der Mittelwert ( $\bar{X}_i$ ) der Messwerte, die kombinierte ( $u_i$ ) und erweiterte Messunsicherheit ( $U_i$ ) sowie die Standardabweichung ( $S_i$ ) der Messungen der untersuchten Komponenten der jeweiligen Teilnehmer:innen angegeben.  $x^*$  ist der aus der robusten Statistik erhaltene Mittelwert, seine Standardabweichung wird als  $s^*$  angegeben.

### Ergebnisse der Eignungsprüfung vom 14.–17.10.2024

#### Ergebnisse für O<sub>3</sub>

Tabelle 14: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 0;  $x^* = 0,3$ ;  $s^* = 0,37$

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|             | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |  |
| $x_{i,1}$   | 0.2              | 0.0  | 0.0  | 0.9  | 0.2  | 0.0  | 0.2  | 0.2  | 0.9  | 0.7  |  |
| $x_{i,2}$   | 0.2              | -0.1 | 0.0  | 0.8  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | 0.2  | 0.9  | 0.7  |  |
| $\bar{X}_i$ | 0.2              | 0.0  | 0.0  | 0.9  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | 0.2  | 0.9  | 0.7  |  |
| $S_i$       | 0.0              | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |  |
| $u(x_i)$    | 0.79             | 0.53 | 0.75 | 0.86 | 0.40 | 0.78 | 0.23 | 0.91 | 0.76 | 0.79 |  |
| $U(x_i)$    | 1.57             | 1.06 | 1.50 | 1.73 | 0.80 | 1.56 | 0.45 | 1.81 | 1.51 | 1.59 |  |

Abbildung 35: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

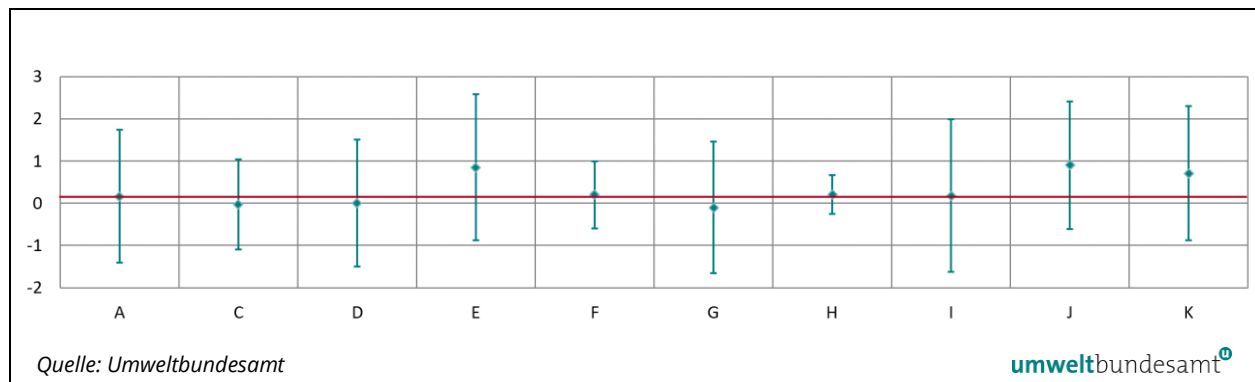
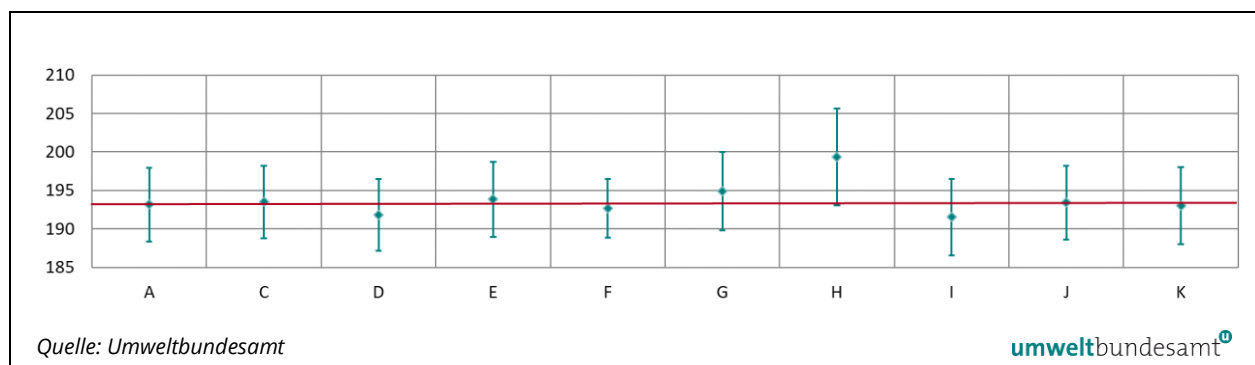


Tabelle 15: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 1;  $\bar{x}^* = 193,3$ ;  $s^* = 1,32$ 

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | E     | F     | G     | H     | I     | J     | K     |
| $x_{i,1}$   | 192.8            | 193.0 | 191.2 | 193.2 | 192.2 | 193.5 | 199.4 | 190.8 | 192.8 | 192.6 |
| $x_{i,2}$   | 193.2            | 193.5 | 191.9 | 193.9 | 192.5 | 195.1 | 198.8 | 191.6 | 193.5 | 193.2 |
| $x_{i,3}$   | 193.5            | 194.0 | 192.3 | 194.4 | 193.3 | 196.0 | 199.9 | 192.2 | 193.9 | 193.4 |
| $\bar{X}_i$ | 193.2            | 193.5 | 191.8 | 193.8 | 192.7 | 194.9 | 199.4 | 191.5 | 193.4 | 193.0 |
| $S_i$       | 0.3              | 0.5   | 0.6   | 0.6   | 0.6   | 1.3   | 0.5   | 0.7   | 0.6   | 0.4   |
| $u(x_i)$    | 2.39             | 2.35  | 2.33  | 2.44  | 1.90  | 2.55  | 3.13  | 2.48  | 2.38  | 2.50  |
| $U(x_i)$    | 4.79             | 4.70  | 4.66  | 4.87  | 3.80  | 5.10  | 6.27  | 4.96  | 4.76  | 5.00  |

Abbildung 36: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 1 (in nmol/mol).Tabelle 16: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 2;  $\bar{x}^* = 122,1$ ;  $s^* = 0,96$ 

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | E     | F     | G     | H     | I     | J     | K     |
| $x_{i,1}$   | 121.5            | 121.9 | 120.9 | 122.3 | 121.5 | 123.2 | 126.3 | 120.7 | 122.2 | 121.7 |
| $x_{i,2}$   | 121.6            | 122.1 | 121.1 | 122.7 | 121.9 | 123.6 | 126.3 | 120.9 | 122.5 | 121.8 |
| $x_{i,3}$   | 121.7            | 122.2 | 121.3 | 122.8 | 121.8 | 123.8 | 126.3 | 121.1 | 122.6 | 122.1 |
| $\bar{X}_i$ | 121.6            | 122.1 | 121.1 | 122.6 | 121.7 | 123.5 | 126.3 | 120.9 | 122.4 | 121.9 |
| $S_i$       | 0.1              | 0.2   | 0.2   | 0.3   | 0.2   | 0.3   | 0.0   | 0.2   | 0.2   | 0.2   |
| $u(x_i)$    | 1.61             | 1.76  | 1.58  | 1.68  | 1.65  | 1.55  | 1.95  | 1.46  | 1.60  | 1.69  |
| $U(x_i)$    | 3.23             | 3.52  | 3.16  | 3.36  | 3.30  | 3.10  | 3.90  | 2.93  | 3.20  | 3.38  |

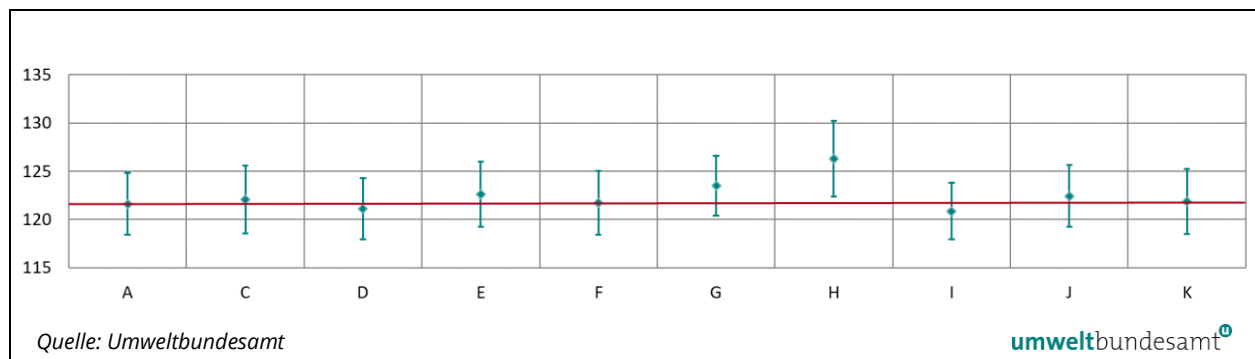
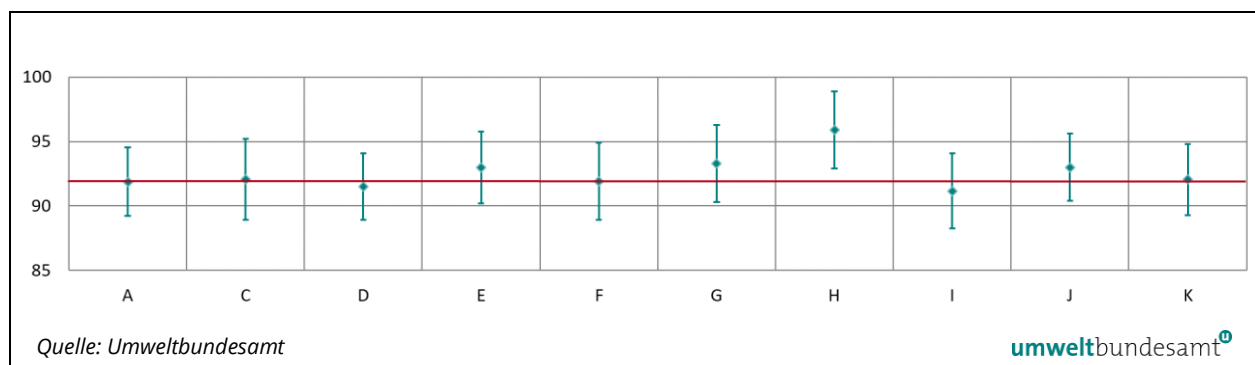
Abbildung 37: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 2 (in nmol/mol).

Tabelle 17: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 3 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 3;  $\bar{x}^* = 92,5$ ;  $s^* = 1,05$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |
| $x_{i,1}$   | 91.9             | 92.1 | 91.5 | 93.0 | 91.9 | 93.3 | 95.9 | 91.2 | 93.0 | 92.0 |
| $x_{i,2}$   | 91.9             | 92.0 | 91.5 | 93.0 | 92.0 | 93.6 | 96.1 | 91.4 | 93.1 | 92.2 |
| $x_{i,3}$   | 92.1             | 92.3 | 91.6 | 93.1 | 91.9 | 93.6 | 96.2 | 91.5 | 93.2 | 92.4 |
| $\bar{X}_i$ | 92.0             | 92.1 | 91.5 | 93.0 | 91.9 | 93.5 | 96.1 | 91.3 | 93.1 | 92.2 |
| $S_i$       | 0.1              | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.2  |
| $u(x_i)$    | 1.32             | 1.57 | 1.29 | 1.40 | 1.50 | 1.49 | 1.49 | 1.46 | 1.31 | 1.38 |
| $U(x_i)$    | 2.64             | 3.13 | 2.58 | 2.79 | 3.00 | 2.98 | 2.99 | 2.92 | 2.62 | 2.76 |

Abbildung 38: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 3 (in nmol/mol).Tabelle 18: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 4 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 4;  $\bar{x}^* = 47,7$ ;  $s^* = 0,70$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |
| $x_{i,1}$   | 47.2             | 47.4 | 46.9 | 48.0 | 47.5 | 47.0 | 49.7 | 46.9 | 48.2 | 47.6 |
| $x_{i,2}$   | 47.4             | 47.5 | 46.9 | 48.2 | 47.5 | 47.3 | 49.8 | 47.0 | 48.3 | 47.8 |
| $x_{i,3}$   | 47.5             | 47.6 | 47.0 | 48.3 | 47.6 | 47.4 | 49.8 | 47.1 | 48.4 | 47.9 |
| $\bar{X}_i$ | 47.4             | 47.5 | 46.9 | 48.2 | 47.5 | 47.2 | 49.8 | 47.0 | 48.3 | 47.8 |
| $S_i$       | 0.1              | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |
| $u(x_i)$    | 0.96             | 1.36 | 0.92 | 1.03 | 1.30 | 1.00 | 0.78 | 1.06 | 0.93 | 0.99 |
| $U(x_i)$    | 1.92             | 2.71 | 1.84 | 2.06 | 2.60 | 2.00 | 1.56 | 2.12 | 1.87 | 1.99 |

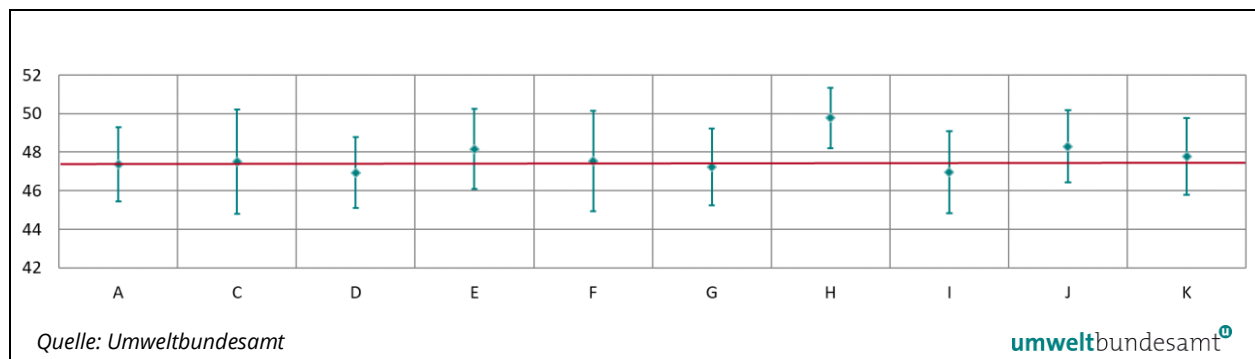
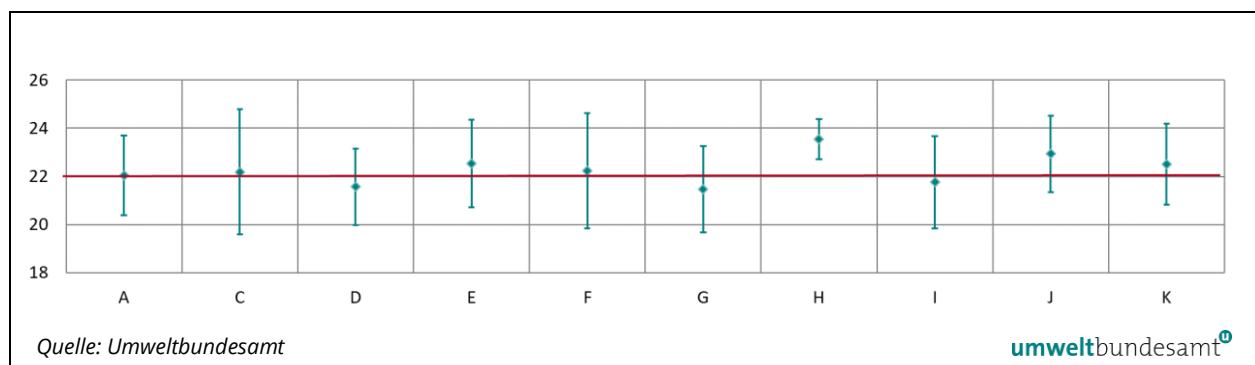
Abbildung 39: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 4 (in nmol/mol).

Tabelle 19: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 5;  $\bar{x}^* = 22,3$ ;  $s^* = 0,70$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |
| $x_{i,1}$   | 22.0             | 22.0 | 21.5 | 22.5 | 22.1 | 21.3 | 23.5 | 21.7 | 22.9 | 22.4 |
| $x_{i,2}$   | 22.0             | 22.2 | 21.6 | 22.6 | 22.2 | 21.5 | 23.5 | 21.8 | 22.9 | 22.6 |
| $x_{i,3}$   | 22.1             | 22.4 | 21.6 | 22.5 | 22.4 | 21.6 | 23.7 | 21.8 | 23.0 | 22.5 |
| $\bar{X}_i$ | 22.0             | 22.2 | 21.6 | 22.5 | 22.2 | 21.5 | 23.5 | 21.8 | 22.9 | 22.5 |
| $S_i$       | 0.0              | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.1  |
| $u(x_i)$    | 0.83             | 1.30 | 0.79 | 0.90 | 1.20 | 0.89 | 0.42 | 0.96 | 0.80 | 0.84 |
| $U(x_i)$    | 1.65             | 2.60 | 1.58 | 1.81 | 2.40 | 1.78 | 0.84 | 1.92 | 1.59 | 1.69 |

Abbildung 40: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 5 (in nmol/mol).Tabelle 20: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 6;  $\bar{x}^* = 10,7$ ;  $s^* = 0,63$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |
| $x_{i,1}$   | 10.4             | 10.5 | 10.0 | 10.8 | 10.8 | 9.8  | 11.5 | 10.2 | 11.3 | 10.9 |
| $x_{i,2}$   | 10.5             | 10.7 | 10.0 | 10.8 | 10.9 | 9.8  | 11.5 | 10.3 | 11.3 | 11.0 |
| $x_{i,3}$   | 10.4             | 10.9 | 10.1 | 10.8 | 10.8 | 9.9  | 11.5 | 10.3 | 11.3 | 11.0 |
| $\bar{X}_i$ | 10.4             | 10.7 | 10.0 | 10.8 | 10.8 | 9.8  | 11.5 | 10.2 | 11.3 | 11.0 |
| $S_i$       | 0.0              | 0.2  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1  |
| $u(x_i)$    | 0.80             | 1.29 | 0.76 | 0.87 | 1.15 | 0.87 | 0.28 | 0.96 | 0.76 | 0.81 |
| $U(x_i)$    | 1.59             | 2.58 | 1.52 | 1.74 | 2.30 | 1.74 | 0.56 | 1.91 | 1.52 | 1.62 |

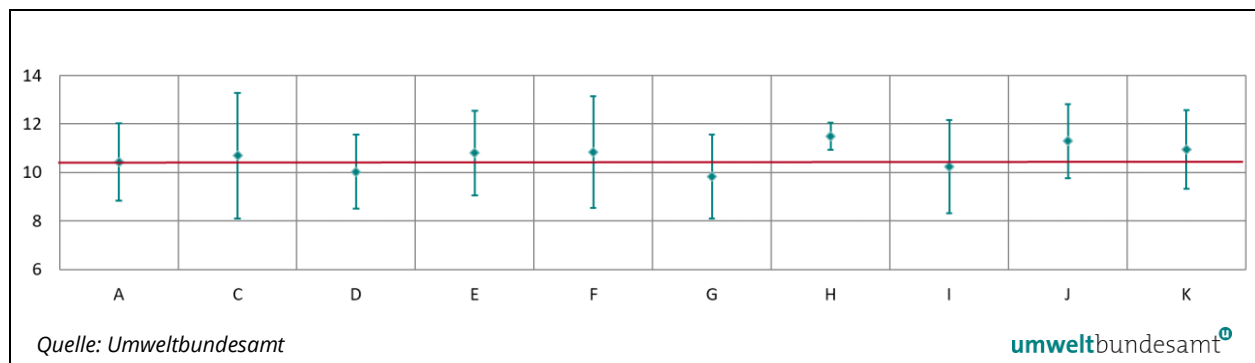
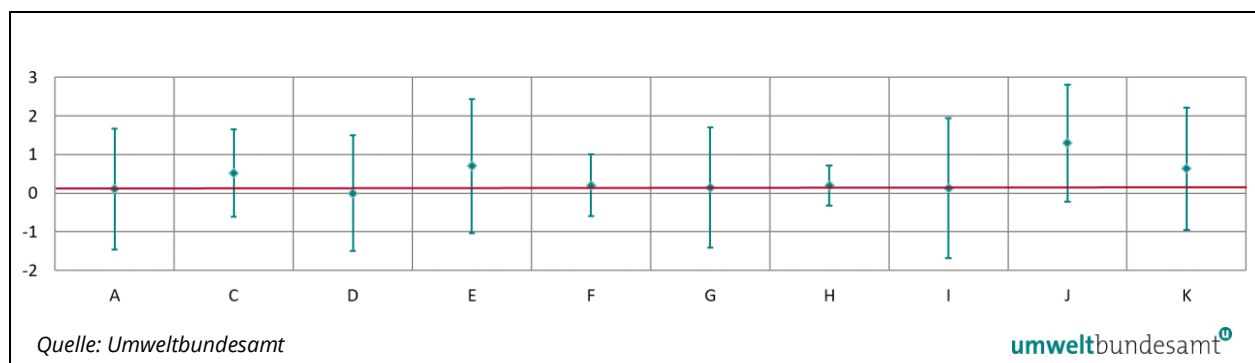
Abbildung 41: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 21: Ergebnisse für O<sub>3</sub> bei Nullgas 2 (in nmol/mol).  
 Parameter: O<sub>3</sub>; Durchgang 0 (NG2);  $x^* = 0,3$ ;  $s^* = 0,29$

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | E    | F    | G    | H    | I    | J    | K    |
| $x_{i,1}$ | 0.1              | 0.6  | 0.0  | 0.8  | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 1.3  | 0.7  |
| $x_{i,2}$ | 0.1              | 0.5  | 0.0  | 0.6  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 1.3  | 0.6  |
| $x_{i,3}$ |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $X_i$     | 0.1              | 0.5  | 0.0  | 0.7  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 1.3  | 0.6  |
| $S_i$     | 0.0              | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| $u(x_i)$  | 0.78             | 0.57 | 0.75 | 0.87 | 0.40 | 0.78 | 0.26 | 0.91 | 0.76 | 0.79 |
| $U(x_i)$  | 1.56             | 1.14 | 1.50 | 1.73 | 0.80 | 1.56 | 0.52 | 1.81 | 1.51 | 1.59 |

Abbildung 42: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den O<sub>3</sub>-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).



**Ergebnisse für NO**

Tabelle 22: Ergebnisse für NO bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 0;  $x^* = 0,1$ ;  $s^* = 0,44$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 0.3              | 0.6  | 0.0  | 0.4  | 0.0  | -0.6 | 0.1  | 0.4  | 0.5  | -0.3 |
| $x_{i,2}$ | 0.4              | 0.5  | 0.0  | 0.4  | 0.1  | -0.6 | 0.1  | 0.5  | 0.5  | -0.4 |
| $X_i$     | 0.4              | 0.6  | 0.0  | 0.4  | 0.1  | -0.6 | 0.1  | 0.5  | 0.5  | -0.3 |
| $S_i$     | 0.10             | 0.08 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.01 | 0.07 | 0.00 | 0.02 |
| $u(x_i)$  | 0.46             | 0.46 | 0.40 | 0.44 | 0.85 | 0.09 | 0.15 | 0.64 | 0.49 | 0.60 |
| $U(x_i)$  | 0.92             | 0.92 | 0.80 | 0.88 | 1.70 | 0.19 | 0.31 | 1.29 | 0.98 | 1.20 |

Abbildung 43: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

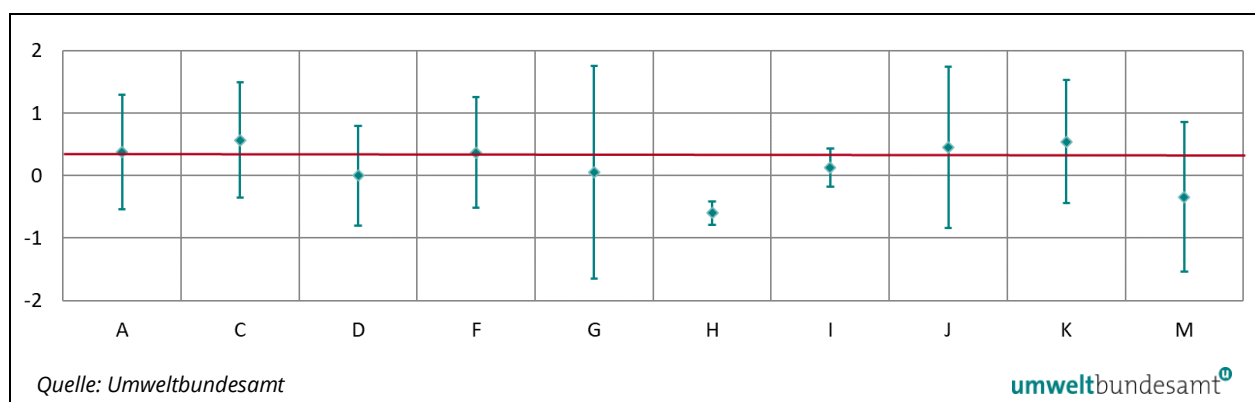


Tabelle 23: Ergebnisse für NO bei Durchgang 1 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 1;  $x^* = 470,8$ ;  $s^* = 1,48$ 

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 468.7            | 471.7 | 470.3 | 469.9 | 466.3 | 471.8 | 472.3 | 470.8 | 469.3 | 470.5 |
| $x_{i,2}$ | 468.7            | 471.6 | 470.9 | 470.0 | 466.3 | 471.9 | 473.6 | 471.1 | 469.5 | 471.0 |
| $x_{i,3}$ | 468.6            | 471.6 | 470.6 | 470.0 | 466.7 | 472.2 | 475.1 | 471.5 | 469.8 | 470.5 |
| $X_i$     | 468.7            | 471.6 | 470.6 | 470.0 | 466.4 | 472.0 | 473.6 | 471.1 | 469.5 | 470.7 |
| $S_i$     | 0.06             | 0.06  | 0.30  | 0.03  | 0.23  | 0.23  | 1.40  | 0.35  | 0.22  | 0.27  |
| $u(x_i)$  | 5.87             | 8.27  | 5.28  | 7.90  | 6.08  | 5.41  | 7.41  | 7.63  | 5.62  | 9.57  |
| $U(x_i)$  | 11.73            | 16.55 | 10.56 | 15.80 | 12.16 | 10.83 | 14.81 | 15.26 | 11.23 | 19.15 |

Abbildung 44: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 1 (in nmol/mol).

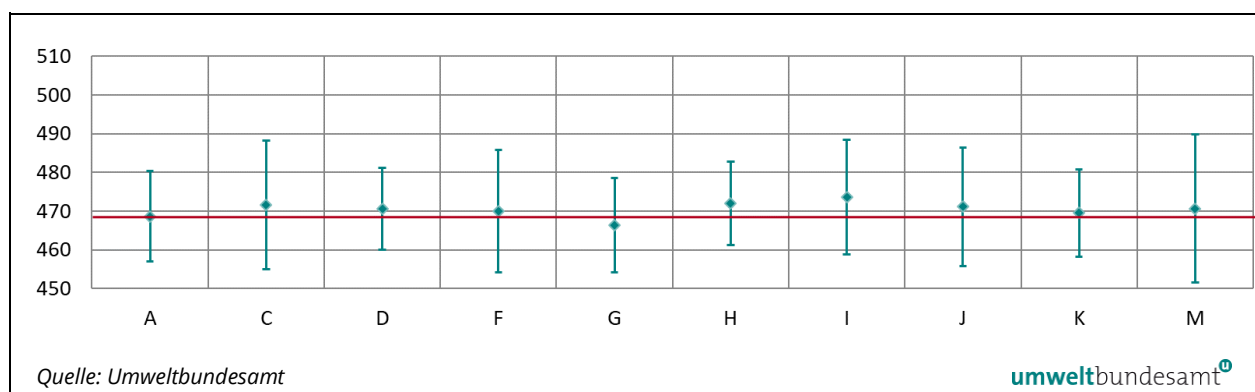


Tabelle 24: Ergebnisse für NO bei Durchgang 2 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 2;  $\bar{x}^* = 417,5$ ;  $s^* = 1,69$

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$   | 415.7            | 418.4 | 416.8 | 416.1 | 414.5 | 418.2 | 423.1 | 418.6 | 416.9 | 417.3 |
| $x_{i,2}$   | 415.6            | 418.5 | 416.5 | 416.2 | 414.6 | 418.1 | 423.5 | 418.9 | 416.7 | 417.6 |
| $x_{i,3}$   | 415.3            | 418.5 | 416.4 | 415.8 | 414.5 | 418.1 | 423.8 | 419.3 | 416.8 | 417.4 |
| $\bar{X}_i$ | 415.6            | 418.5 | 416.6 | 416.0 | 414.5 | 418.1 | 423.5 | 418.9 | 416.8 | 417.4 |
| $S_i$       | 0.21             | 0.05  | 0.21  | 0.22  | 0.06  | 0.05  | 0.38  | 0.35  | 0.12  | 0.15  |
| $u(x_i)$    | 5.21             | 7.35  | 4.67  | 7.30  | 5.46  | 4.79  | 7.00  | 6.69  | 4.99  | 8.49  |
| $U(x_i)$    | 10.43            | 14.69 | 9.34  | 14.60 | 10.92 | 9.57  | 14.00 | 13.38 | 9.98  | 16.98 |

Abbildung 45: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 2 (in nmol/mol).

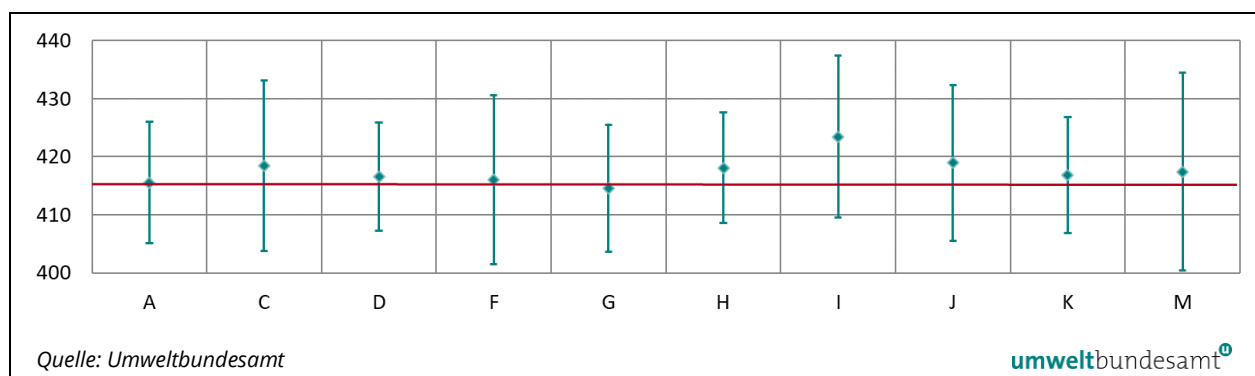


Tabelle 25: Ergebnisse für NO bei Durchgang 3 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 3;  $\bar{x}^* = 356,2$ ;  $s^* = 2,10$

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$   | 355.3            | 357.2 | 355.4 | 354.8 | 354.2 | 356.4 | 362.6 | 358.4 | 356.3 | 354.2 |
| $x_{i,2}$   | 355.6            | 357.1 | 355.0 | 354.7 | 354.6 | 356.7 | 363.3 | 358.6 | 356.5 | 353.9 |
| $x_{i,3}$   | 355.5            | 356.3 | 354.2 | 354.6 | 354.7 | 356.1 | 363.8 | 358.7 | 356.4 | 354.2 |
| $\bar{X}_i$ | 355.5            | 356.9 | 354.9 | 354.7 | 354.5 | 356.4 | 363.2 | 358.6 | 356.4 | 354.1 |
| $S_i$       | 0.11             | 0.47  | 0.61  | 0.08  | 0.26  | 0.30  | 0.62  | 0.15  | 0.09  | 0.20  |
| $u(x_i)$    | 4.45             | 6.29  | 3.99  | 6.10  | 4.76  | 4.09  | 6.66  | 5.73  | 4.27  | 7.21  |
| $U(x_i)$    | 8.91             | 12.57 | 7.98  | 12.20 | 9.52  | 8.18  | 13.33 | 11.46 | 8.53  | 14.43 |

Abbildung 46: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 3 (in nmol/mol).

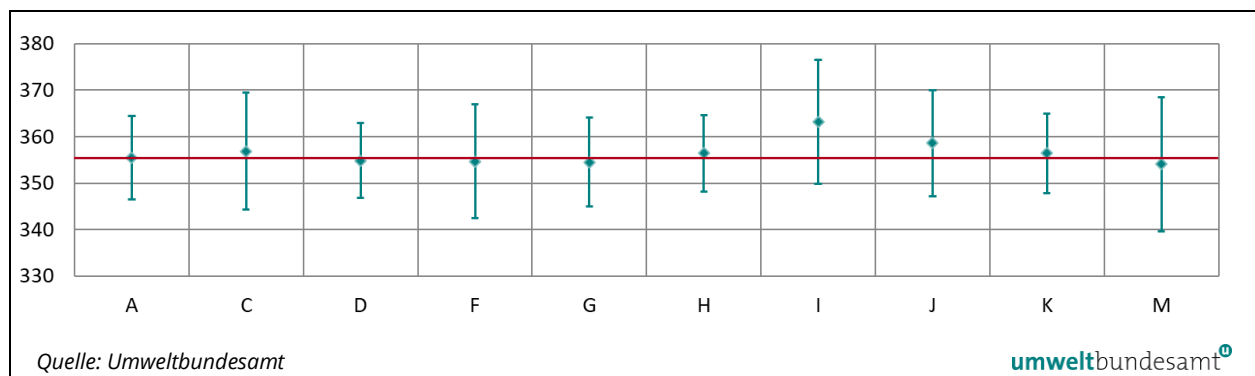


Tabelle 26: Ergebnisse für NO bei Durchgang 4 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 4;  $x^* = 469,2$ ;  $s^* = 2,41$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 468.9            | 468.8 | 465.9 | 467.7 | 468.4 | 470.9 | 480.9 | 473.6 | 469.8 | 467.9 |
| $x_{i,2}$ | 469.2            | 468.1 | 465.3 | 467.7 | 468.2 | 470.7 | 480.9 | 473.5 | 470.0 | 468.2 |
| $x_{i,3}$ | 469.3            | 467.9 | 465.2 | 468.0 | 468.3 | 470.5 | 480.7 | 473.6 | 470.1 | 468.1 |
| $X_{i,}$  | 469.1            | 468.3 | 465.5 | 467.8 | 468.3 | 470.7 | 480.8 | 473.6 | 469.9 | 468.1 |
| $S_{i,}$  | 0.18             | 0.50  | 0.38  | 0.17  | 0.10  | 0.17  | 0.13  | 0.06  | 0.15  | 0.13  |
| $u(x_i)$  | 5.87             | 8.23  | 5.22  | 7.99  | 6.11  | 5.40  | 7.37  | 7.67  | 5.62  | 9.52  |
| $U(x_i)$  | 11.75            | 16.45 | 10.44 | 15.98 | 12.22 | 10.80 | 14.74 | 15.34 | 11.25 | 19.04 |

Abbildung 47: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 4 (in nmol/mol).

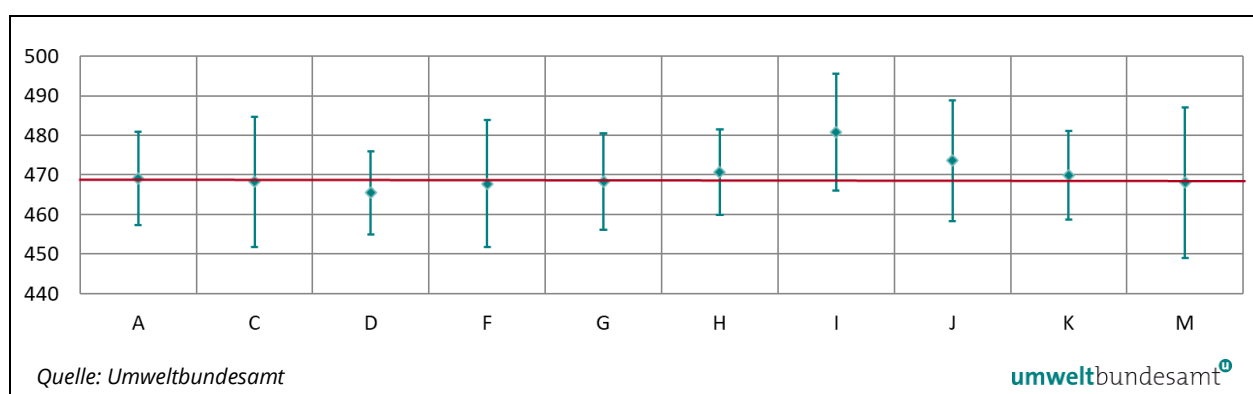


Tabelle 27: Ergebnisse für NO bei Nullgas (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 0 (NG2);  $x^* = 0,3$ ;  $s^* = 0,48$

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 0.3              | 0.8  | 0.0  | 0.5  | 0.3  | -0.6 | 0.2  | 0.7  | 0.7  | -0.1 |
| $x_{i,2}$ | 0.2              | 0.7  | 0.0  | 0.5  | 0.3  | -0.5 | 0.2  | 0.9  | 0.6  | -0.2 |
| $x_{i,3}$ |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $X_{i,}$  | 0.3              | 0.7  | 0.0  | 0.5  | 0.3  | -0.5 | 0.2  | 0.8  | 0.6  | -0.2 |
| $S_{i,}$  | 0.05             | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | 0.02 | 0.14 | 0.10 | 0.04 |
| $u(x_i)$  | 0.45             | 0.45 | 0.40 | 0.60 | 0.74 | 0.08 | 0.16 | 0.64 | 0.49 | 0.60 |
| $U(x_i)$  | 0.91             | 0.89 | 0.80 | 1.20 | 1.48 | 0.16 | 0.31 | 1.29 | 0.98 | 1.20 |

Abbildung 48: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 0 (Nullgas 2) (in nmol/mol).

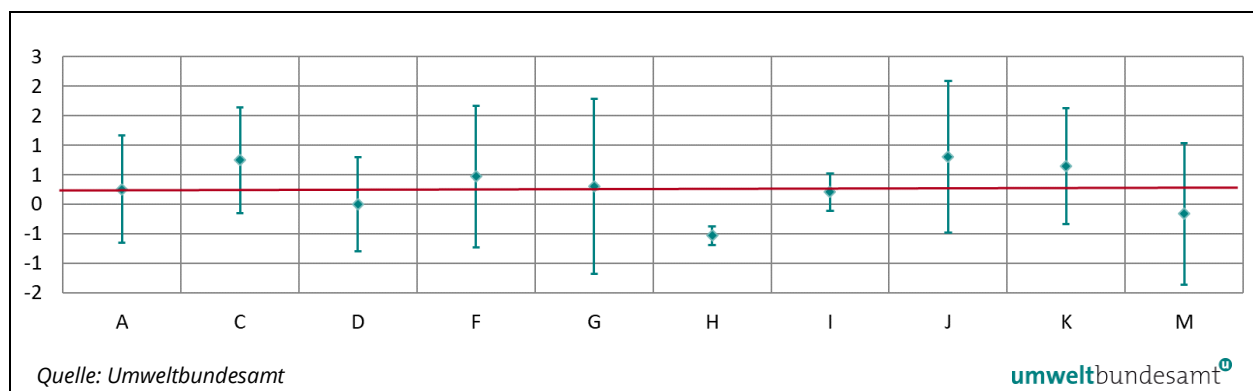


Tabelle 28: Ergebnisse für NO bei Durchgang 5 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 5;  $x^* = 448,6$ ;  $s^* = 2,48$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 449.7            | 447.9 | 445.3 | 446.4 | 448.1 | 449.4 | 460.3 | 453.7 | 449.7 | 447.8 |
| $x_{i,2}$ | 449.4            | 447.6 | 445.3 | 446.6 | 448.4 | 450.2 | 460.0 | 453.7 | 449.9 | 447.1 |
| $x_{i,3}$ | 449.1            | 447.3 | 445.2 | 446.5 | 448.4 | 449.6 | 459.9 | 453.3 | 449.7 | 446.9 |
| $X_{i,}$  | 449.4            | 447.6 | 445.3 | 446.5 | 448.3 | 449.7 | 460.1 | 453.6 | 449.8 | 447.3 |
| $S_{i,}$  | 0.33             | 0.26  | 0.06  | 0.10  | 0.17  | 0.38  | 0.25  | 0.23  | 0.14  | 0.46  |
| $u(x_i)$  | 5.73             | 7.86  | 4.99  | 7.80  | 5.87  | 5.16  | 7.24  | 7.34  | 5.38  | 9.10  |
| $U(x_i)$  | 11.46            | 15.72 | 9.98  | 15.60 | 11.74 | 10.32 | 14.49 | 14.69 | 10.76 | 18.20 |

Abbildung 49: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 5 (in nmol/mol).

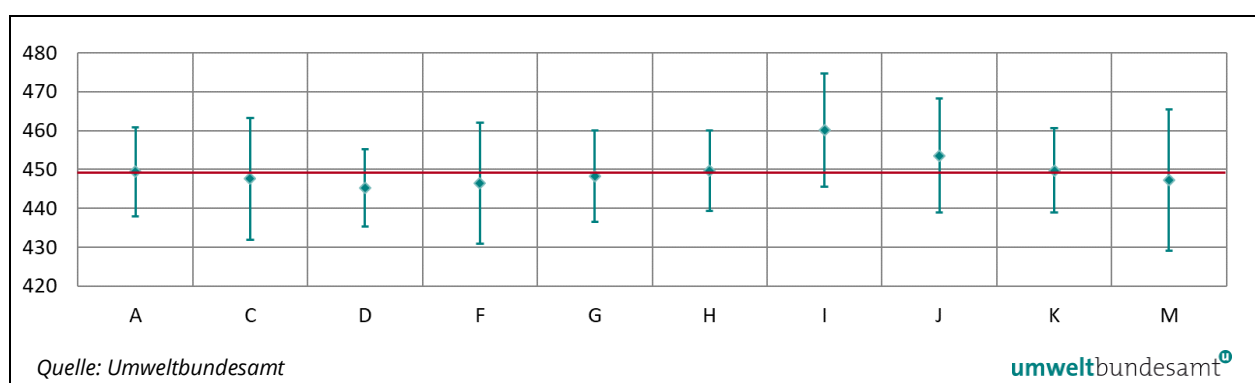


Tabelle 29: Ergebnisse für NO bei Durchgang 6 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 6;  $x^* = 262,0$ ;  $s^* = 1,77$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 263.1            | 261.5 | 260.7 | 260.6 | 262.6 | 262.1 | 268.3 | 265.3 | 262.7 | 260.1 |
| $x_{i,2}$ | 263.5            | 261.4 | 260.8 | 260.2 | 262.6 | 261.8 | 268.0 | 265.6 | 262.5 | 259.7 |
| $x_{i,3}$ | 263.8            | 261.6 | 261.1 | 260.0 | 262.5 | 261.7 | 267.8 | 265.8 | 262.7 | 259.6 |
| $X_{i,}$  | 263.5            | 261.5 | 260.9 | 260.2 | 262.6 | 261.9 | 268.0 | 265.6 | 262.6 | 259.8 |
| $S_{i,}$  | 0.36             | 0.10  | 0.21  | 0.33  | 0.06  | 0.21  | 0.28  | 0.25  | 0.10  | 0.26  |
| $u(x_i)$  | 3.45             | 4.59  | 2.94  | 4.70  | 3.71  | 3.01  | 6.17  | 4.30  | 3.16  | 5.29  |
| $U(x_i)$  | 6.90             | 9.18  | 5.88  | 9.40  | 7.42  | 6.03  | 12.34 | 8.60  | 6.31  | 10.58 |

Abbildung 50: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 6 (in nmol/mol).

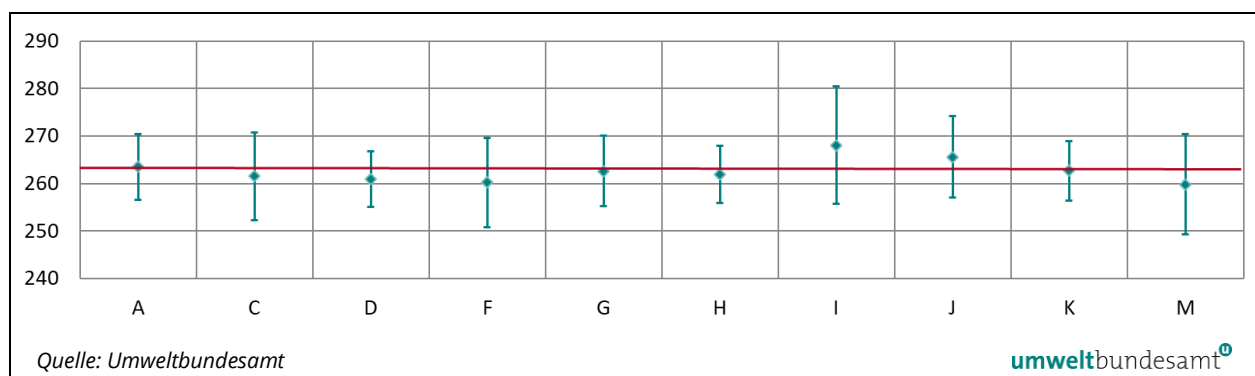


Tabelle 30: Ergebnisse für NO bei Durchgang 7 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 7;  $x^* = 268,3$ ;  $s^* = 1,75$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 269.4            | 267.6 | 267.3 | 266.7 | 268.2 | 267.9 | 273.8 | 271.8 | 269.3 | 266.1 |
| $x_{i,2}$ | 269.2            | 267.6 | 267.3 | 267.0 | 268.4 | 268.6 | 273.6 | 271.8 | 269.2 | 266.3 |
| $x_{i,3}$ | 269.1            | 267.6 | 267.1 | 266.8 | 268.3 | 268.1 | 273.7 | 271.6 | 269.3 | 266.2 |
| $X_{i,}$  | 269.2            | 267.6 | 267.2 | 266.8 | 268.3 | 268.2 | 273.7 | 271.7 | 269.3 | 266.2 |
| $S_{i,}$  | 0.17             | 0.04  | 0.12  | 0.15  | 0.10  | 0.37  | 0.09  | 0.12  | 0.04  | 0.08  |
| $u(x_i)$  | 3.52             | 4.69  | 3.02  | 4.12  | 3.77  | 3.10  | 6.16  | 4.34  | 3.23  | 5.42  |
| $U(x_i)$  | 7.04             | 9.39  | 6.04  | 8.24  | 7.54  | 6.20  | 12.32 | 8.68  | 6.46  | 10.83 |

Abbildung 51: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 7 (in nmol/mol).

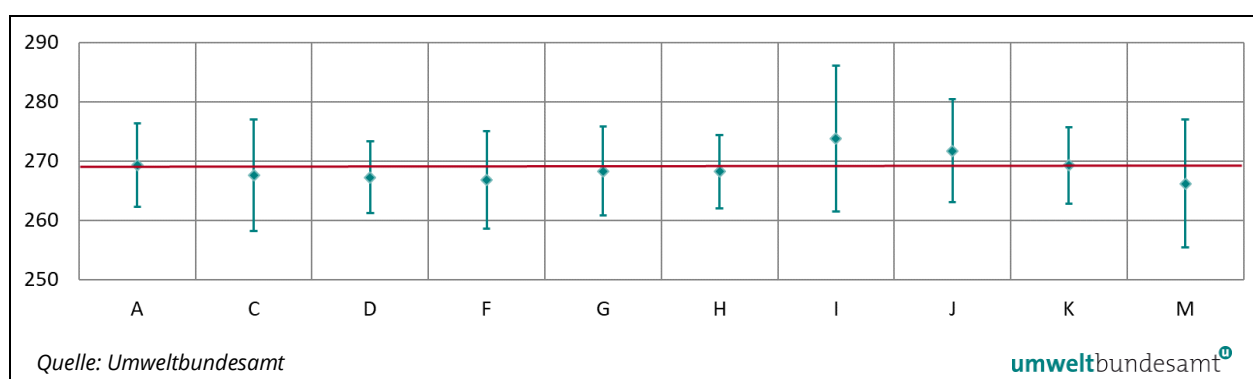


Tabelle 31: Ergebnisse für NO bei Durchgang 8 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 8;  $x^* = 154,5$ ;  $s^* = 1,08$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 155.4            | 154.3 | 154.2 | 153.7 | 155.1 | 154.1 | 157.3 | 156.9 | 155.2 | 153.1 |
| $x_{i,2}$ | 155.2            | 154.1 | 153.9 | 153.7 | 154.8 | 153.8 | 157.1 | 156.9 | 155.0 | 153.0 |
| $x_{i,3}$ | 155.5            | 154.2 | 154.0 | 153.7 | 154.9 | 154.2 | 157.1 | 156.8 | 155.1 | 153.0 |
| $X_{i,}$  | 155.4            | 154.2 | 154.0 | 153.7 | 154.9 | 154.0 | 157.1 | 156.9 | 155.1 | 153.0 |
| $S_{i,}$  | 0.2              | 0.1   | 0.2   | 0.0   | 0.2   | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.0   |
| $u(x_i)$  | 2.07             | 2.72  | 1.77  | 2.50  | 2.60  | 1.79  | 5.79  | 2.48  | 1.88  | 3.12  |
| $U(x_i)$  | 4.14             | 5.44  | 3.54  | 5.00  | 5.20  | 3.59  | 11.57 | 4.96  | 3.76  | 6.25  |

Abbildung 52: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 8 (in nmol/mol).

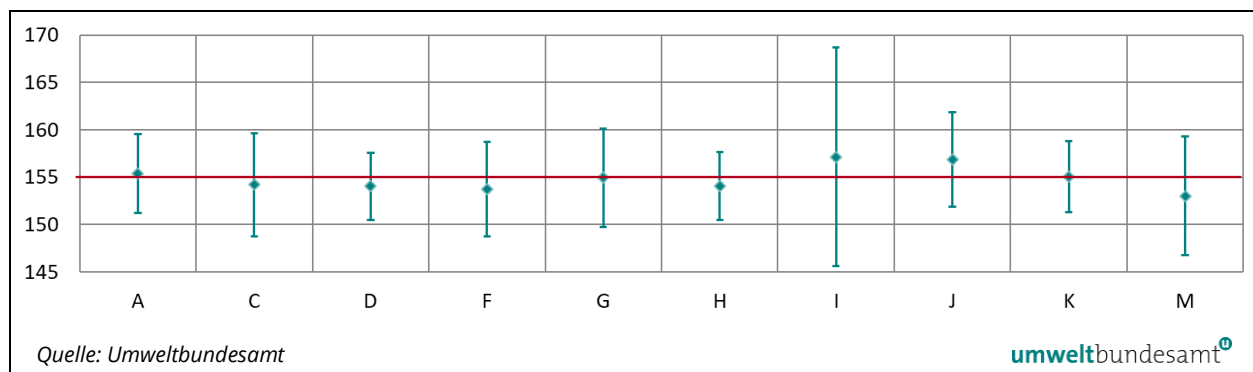


Tabelle 32: Ergebnisse für NO bei Durchgang 9 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 9;  $x^* = 128,9$ ;  $s^* = 0,94$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 128.7            | 129.1 | 128.8 | 128.0 | 128.2 | 128.2 | 129.8 | 130.3 | 128.9 | 127.7 |
| $x_{i,2}$ | 128.7            | 129.2 | 129.0 | 127.9 | 128.3 | 128.5 | 129.8 | 130.3 | 129.2 | 127.7 |
| $x_{i,3}$ | 128.7            | 129.4 | 129.2 | 128.3 | 128.4 | 128.3 | 129.8 | 130.2 | 129.1 | 127.9 |
| $X_{i,}$  | 128.7            | 129.2 | 129.0 | 128.1 | 128.3 | 128.3 | 129.8 | 130.3 | 129.1 | 127.8 |
| $S_{i,}$  | 0.02             | 0.16  | 0.20  | 0.21  | 0.10  | 0.16  | 0.01  | 0.06  | 0.13  | 0.11  |
| $u(x_i)$  | 1.63             | 2.29  | 1.50  | 2.07  | 2.36  | 1.49  | 5.73  | 2.08  | 1.57  | 2.61  |
| $U(x_i)$  | 3.27             | 4.58  | 3.00  | 4.14  | 4.72  | 2.97  | 11.47 | 4.16  | 3.15  | 5.21  |

Abbildung 53: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 9 (in nmol/mol).

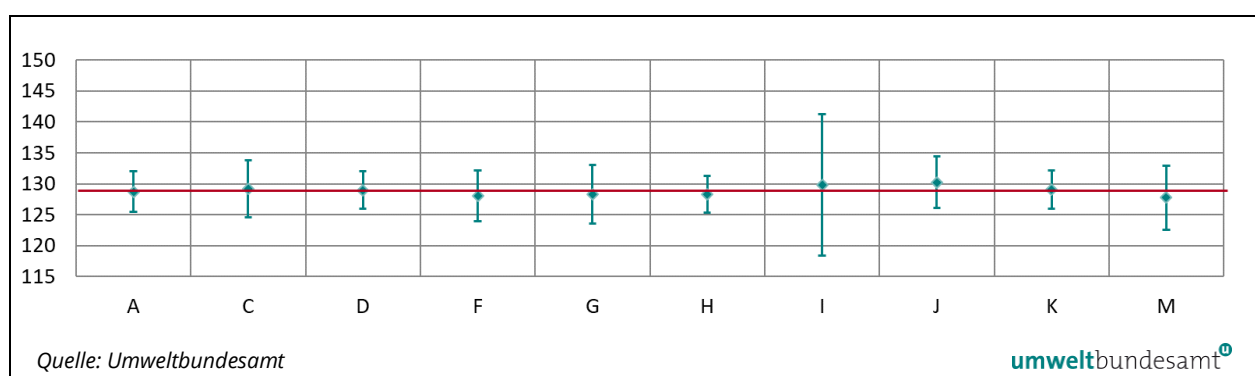


Tabelle 33: Ergebnisse für NO bei Durchgang 10 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 10;  $x^* = 45,6$ ;  $s^* = 0,61$

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 45.8             | 46.2 | 46.2 | 45.5 | 45.6 | 44.8 | 45.7  | 46.6 | 45.9 | 44.8 |
| $x_{i,2}$ | 45.7             | 46.0 | 46.1 | 45.5 | 45.7 | 44.8 | 45.5  | 46.4 | 45.7 | 44.9 |
| $x_{i,3}$ | 45.6             | 46.0 | 45.9 | 45.3 | 45.5 | 44.7 | 45.3  | 46.1 | 45.6 | 44.9 |
| $X_{i,}$  | 45.7             | 46.1 | 46.1 | 45.4 | 45.6 | 44.8 | 45.5  | 46.4 | 45.8 | 44.9 |
| $S_{i,}$  | 0.12             | 0.12 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.16  | 0.25 | 0.15 | 0.07 |
| $u(x_i)$  | 0.46             | 0.88 | 0.65 | 0.81 | 1.83 | 0.52 | 5.60  | 0.74 | 0.65 | 0.93 |
| $U(x_i)$  | 0.92             | 1.76 | 1.30 | 1.62 | 3.66 | 1.05 | 11.19 | 1.48 | 1.29 | 1.85 |

Abbildung 54: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 10 (in nmol/mol).

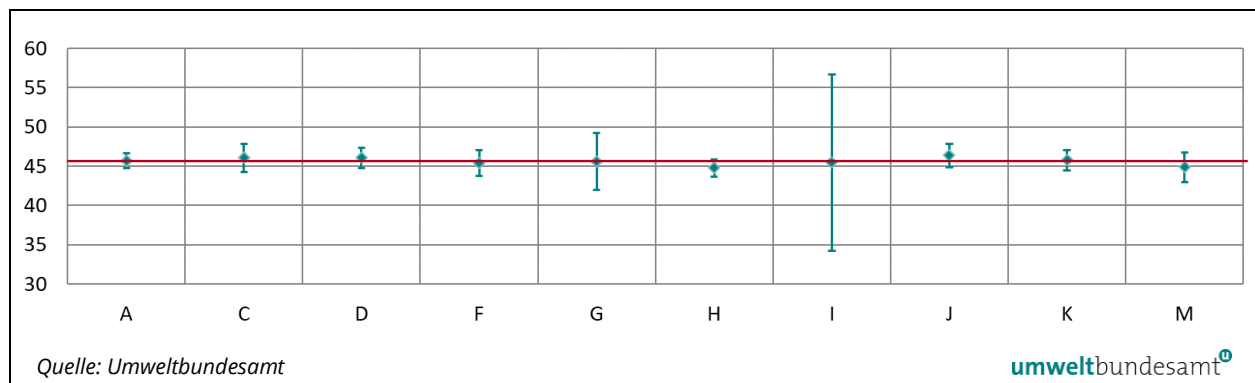


Tabelle 34: Ergebnisse für NO bei Durchgang 11 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 11;  $x^* = 78,8$ ;  $s^* = 0,59$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 78.7             | 79.1 | 78.9 | 78.6 | 78.5 | 78.3 | 79.2  | 79.8 | 79.0 | 78.1 |
| $x_{i,2}$ | 78.6             | 79.1 | 78.8 | 78.6 | 78.4 | 78.3 | 79.3  | 79.7 | 79.1 | 78.1 |
| $x_{i,3}$ | 78.7             | 79.1 | 78.9 | 78.5 | 78.4 | 78.2 | 79.4  | 79.7 | 79.1 | 78.2 |
| $X_{i,}$  | 78.7             | 79.1 | 78.9 | 78.6 | 78.4 | 78.3 | 79.3  | 79.7 | 79.1 | 78.1 |
| $S_{i,}$  | 0.03             | 0.03 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.10  | 0.06 | 0.03 | 0.07 |
| $u(x_i)$  | 1.01             | 1.42 | 0.97 | 0.71 | 1.97 | 0.91 | 5.63  | 1.27 | 1.00 | 1.60 |
| $U(x_i)$  | 2.02             | 2.84 | 1.94 | 1.42 | 3.94 | 1.82 | 11.25 | 2.55 | 2.01 | 3.19 |

Abbildung 55: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 11 (in nmol/mol).

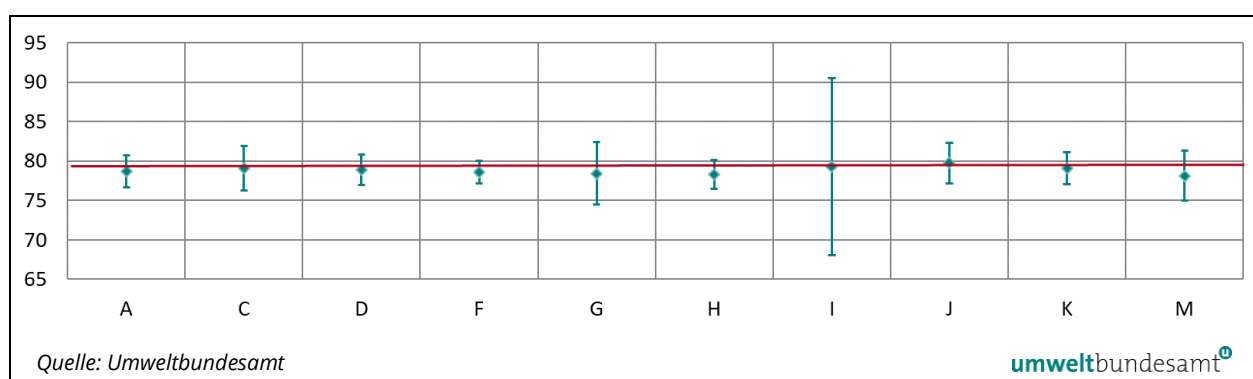


Tabelle 35: Ergebnisse für NO bei Durchgang 12 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 12;  $x^* = 41,2$ ;  $s^* = 0,31$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |       |       |       |       |       |      |      |       |
|-----------|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
|           | A                | C    | D     | F     | G     | H     | I     | J    | K    | M     |
| $x_{i,1}$ | 41.3             | 41.4 | 41.2  | 41.2  | 41.1  | 40.5  | 41.3  | 41.9 | 41.4 | 40.6  |
| $x_{i,2}$ | 41.4             | 41.6 | 41.3  | 41.2  | 41.1  | 40.6  | 41.4  | 42.0 | 41.4 | 40.6  |
| $x_{i,3}$ | 41.3             | 41.6 | 41.2  | 41.2  | 41.2  | 40.5  | 41.4  | 42.0 | 41.5 | 40.7  |
| $X_{i,}$  | 41.3             | 41.5 | 41.2  | 41.2  | 41.1  | 40.5  | 41.3  | 42.0 | 41.4 | 40.6  |
| $S_{i,}$  | 0.00             | 0.20 | -0.08 | -0.11 | -0.18 | -0.79 | 0.03  | 0.65 | 0.10 | -0.68 |
| $u(x_i)$  | 0.47             | 0.80 | 0.61  | 1.33  | 1.79  | 0.49  | 5.60  | 0.67 | 0.60 | 0.86  |
| $U(x_i)$  | 0.94             | 1.59 | 1.22  | 2.66  | 3.58  | 0.97  | 11.19 | 1.34 | 1.20 | 1.72  |

Abbildung 56: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 12 (in nmol/mol).

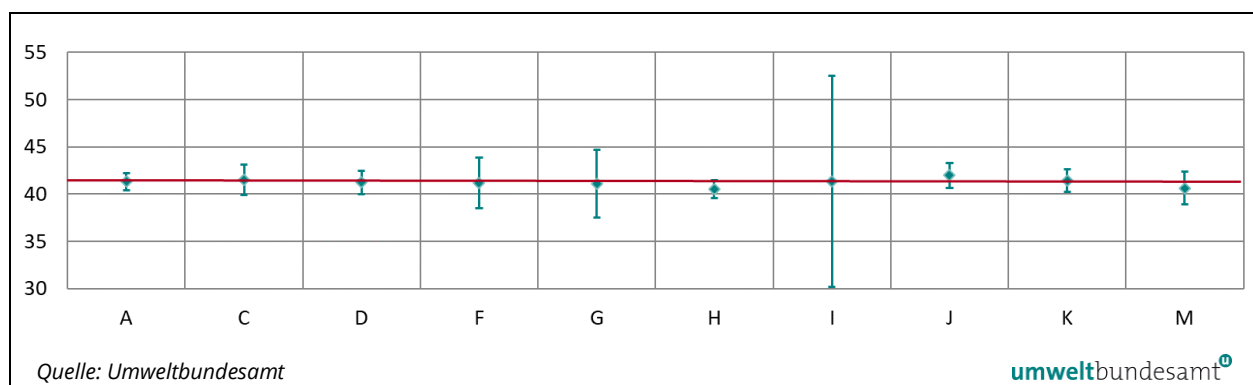


Tabelle 36: Ergebnisse für NO bei Durchgang 13 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 13;  $x^* = 39,1$ ;  $s^* = 0,26$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 39.0             | 39.4 | 39.2 | 39.0 | 39.1 | 38.4 | 39.1  | 39.7 | 39.2 | 38.6 |
| $x_{i,2}$ | 39.1             | 39.4 | 39.2 | 39.1 | 39.0 | 38.2 | 39.1  | 39.7 | 39.3 | 38.5 |
| $x_{i,3}$ | 39.2             | 39.5 | 39.1 | 39.1 | 38.9 | 38.4 | 39.2  | 39.7 | 39.3 | 38.4 |
| $X_{i,}$  | 39.1             | 39.4 | 39.2 | 39.1 | 39.0 | 38.3 | 39.1  | 39.7 | 39.3 | 38.5 |
| $S_{i,}$  | 0.08             | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.10 | 0.12 | 0.04  | 0.00 | 0.09 | 0.09 |
| $u(x_i)$  | 0.46             | 0.77 | 0.59 | 0.64 | 1.79 | 0.47 | 5.60  | 0.63 | 0.57 | 0.80 |
| $U(x_i)$  | 0.92             | 1.54 | 1.18 | 1.28 | 3.58 | 0.93 | 11.19 | 1.27 | 1.15 | 1.59 |

Abbildung 57: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 13 (in nmol/mol).

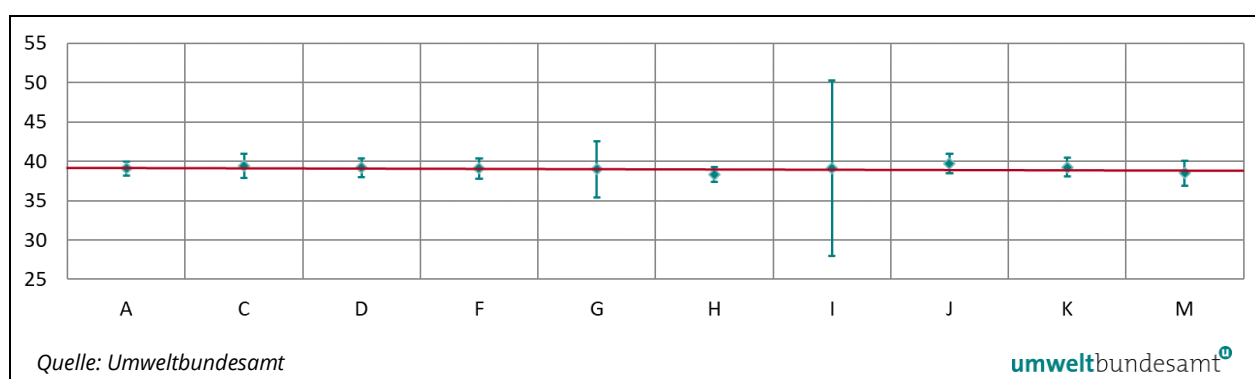


Tabelle 37: Ergebnisse für NO bei Durchgang 14 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 14;  $x^* = 27,3$ ;  $s^* = 0,26$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 27.3             | 27.5 | 27.3 | 27.2 | 27.2 | 26.4 | 27.1 | 27.8 | 27.5 | 26.6 |
| $x_{i,2}$ | 27.2             | 27.6 | 27.4 | 27.3 | 27.1 | 26.3 | 27.1 | 27.8 | 27.3 | 26.6 |
| $x_{i,3}$ | 27.2             | 27.6 | 27.3 | 27.3 | 27.2 | 26.6 | 27.2 | 27.7 | 27.4 | 26.8 |
| $X_{i,}$  | 27.2             | 27.6 | 27.3 | 27.3 | 27.2 | 26.5 | 27.1 | 27.8 | 27.4 | 26.7 |
| $S_{i,}$  | 0.07             | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.16 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.10 |
| $u(x_i)$  | 0.46             | 0.58 | 0.50 | 0.52 | 0.74 | 0.35 | 0.18 | 0.64 | 0.49 | 0.60 |
| $U(x_i)$  | 0.93             | 1.16 | 1.00 | 1.04 | 1.48 | 0.69 | 0.35 | 1.29 | 0.98 | 1.20 |

Abbildung 58: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 14 (in nmol/mol).

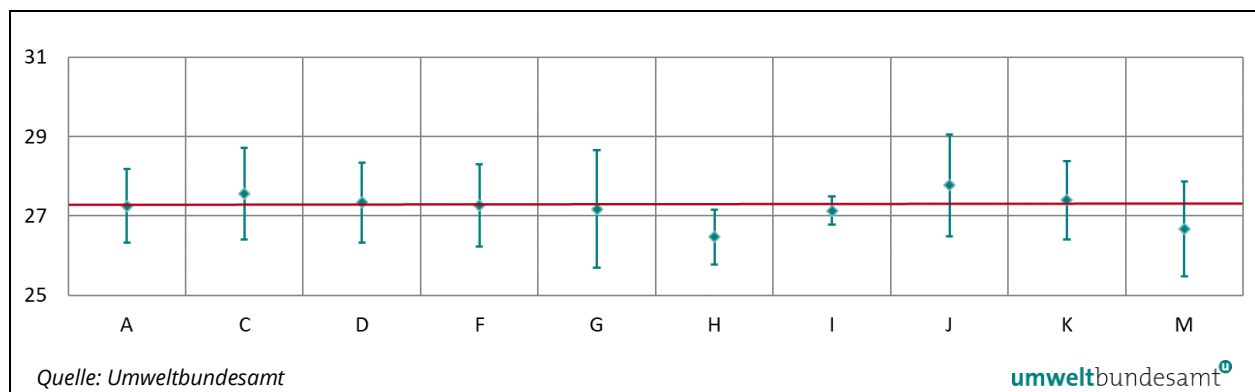


Tabelle 38: Ergebnisse für NO bei Durchgang 15 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 15;  $\bar{x}^* = 9,4$ ;  $s^* = 0,34$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 9.2              | 9.7  | 9.6  | 9.5  | 9.2  | 8.8  | 9.2  | 9.6  | 9.4  | 8.9  |
| $x_{i,2}$   | 9.3              | 9.8  | 9.7  | 9.7  | 9.3  | 8.6  | 9.2  | 9.7  | 9.4  | 9.0  |
| $x_{i,3}$   | 9.3              | 9.8  | 9.6  | 9.6  | 9.3  | 8.7  | 9.3  | 9.7  | 9.5  | 8.8  |
| $\bar{X}_i$ | 9.3              | 9.8  | 9.6  | 9.6  | 9.3  | 8.7  | 9.2  | 9.7  | 9.4  | 8.9  |
| $S_i$       | 0.07             | 0.02 | 0.06 | 0.10 | 0.06 | 0.09 | 0.02 | 0.06 | 0.05 | 0.09 |
| $u(x_i)$    | 0.45             | 0.51 | 0.50 | 0.33 | 0.75 | 0.18 | 0.17 | 0.60 | 0.49 | 0.60 |
| $U(x_i)$    | 0.90             | 1.01 | 1.00 | 0.66 | 1.50 | 0.36 | 0.33 | 1.20 | 0.98 | 1.20 |

Abbildung 59: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 15 (in nmol/mol).

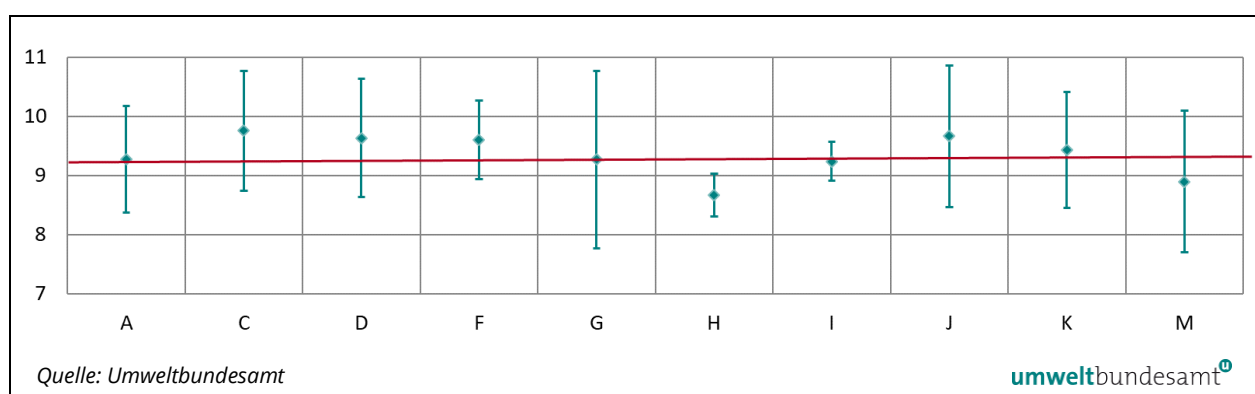


Tabelle 39: Ergebnisse für NO bei Durchgang 16 (in nmol/mol).

Parameter: NO; Durchgang 16;  $\bar{x}^* = 467,9$ ;  $s^* = 2,24$ 

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$   | 468.2            | 467.0 | 466.2 | 465.1 | 467.4 | 468.9 | 476.1 | 473.0 | 468.4 | 465.6 |
| $x_{i,2}$   | 468.1            | 467.3 | 466.4 | 465.7 | 467.3 | 468.8 | 475.6 | 472.9 | 468.5 | 465.4 |
| $x_{i,3}$   | 467.9            | 467.7 | 467.4 | 465.8 | 467.0 | 469.0 | 475.3 | 472.8 | 468.6 | 466.2 |
| $\bar{X}_i$ | 468.1            | 467.3 | 466.7 | 465.5 | 467.2 | 468.9 | 475.6 | 472.9 | 468.5 | 465.7 |
| $S_i$       | 0.14             | 0.37  | 0.64  | 0.38  | 0.21  | 0.14  | 0.41  | 0.10  | 0.11  | 0.43  |
| $u(x_i)$    | 5.87             | 8.21  | 5.23  | 8.34  | 6.10  | 5.36  | 7.31  | 7.66  | 5.60  | 9.48  |
| $U(x_i)$    | 11.74            | 16.41 | 10.46 | 16.68 | 12.20 | 10.73 | 14.62 | 15.31 | 11.20 | 18.96 |

Abbildung 60: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 16 (in nmol/mol).

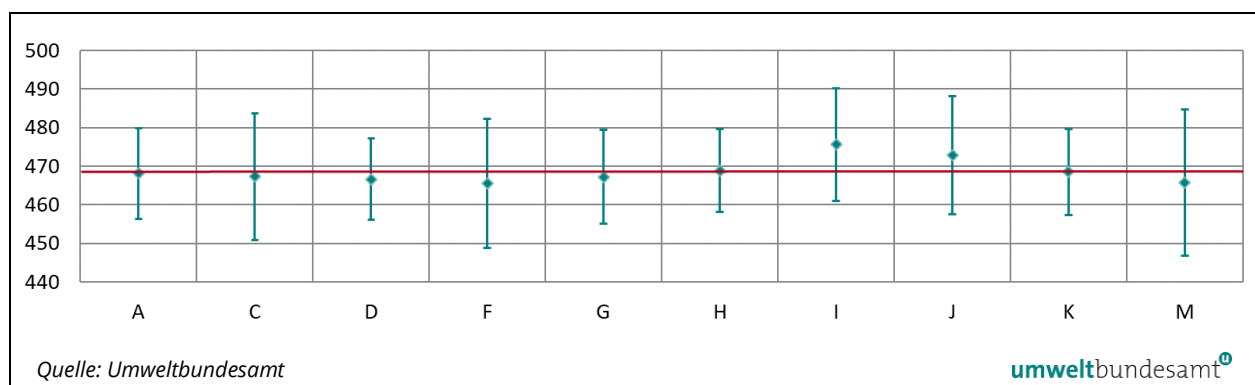


Tabelle 40: Ergebnisse für NO bei Durchgang 17 (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 17;  $x^* = 355,0$ ;  $s^* = 2,15$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 355.2            | 355.2 | 355.0 | 352.4 | 353.6 | 354.4 | 358.3 | 358.2 | 355.1 | 353.5 |
| $x_{i,2}$ | 355.0            | 355.2 | 355.0 | 352.4 | 353.1 | 354.7 | 357.6 | 357.7 | 355.1 | 353.5 |
| $x_{i,3}$ | 355.0            | 355.9 | 355.5 | 352.7 | 352.8 | 354.5 | 357.4 | 357.7 | 355.3 | 353.1 |
| $X_{i,}$  | 355.1            | 355.4 | 355.2 | 352.5 | 353.2 | 354.5 | 357.8 | 357.9 | 355.2 | 353.3 |
| $S_{i,}$  | 0.14             | 0.38  | 0.29  | 0.17  | 0.40  | 0.16  | 0.43  | 0.29  | 0.13  | 0.24  |
| $u(x_i)$  | 4.45             | 6.26  | 3.99  | 5.99  | 4.74  | 4.06  | 6.60  | 5.79  | 4.26  | 7.19  |
| $U(x_i)$  | 8.90             | 12.51 | 7.98  | 11.98 | 9.48  | 8.12  | 13.21 | 11.59 | 8.51  | 14.38 |

Abbildung 61: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 17 (in nmol/mol).

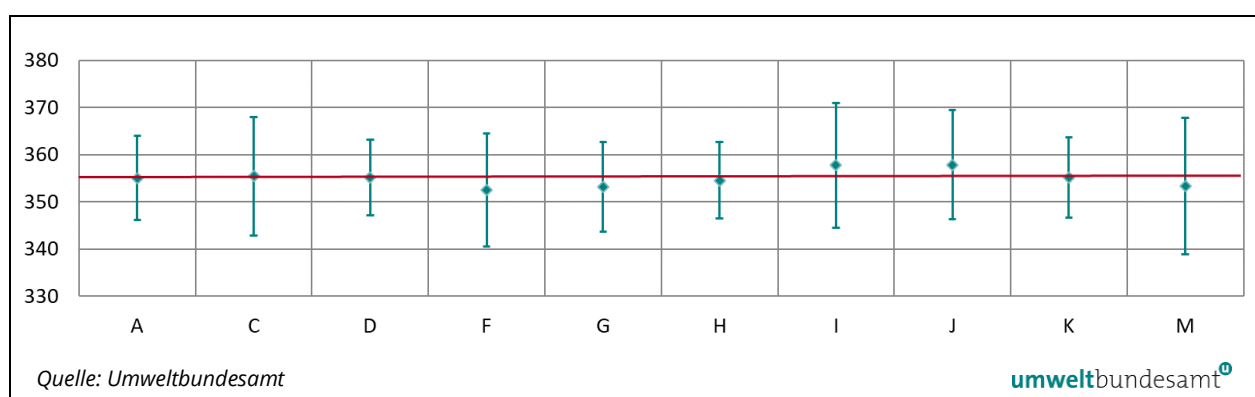
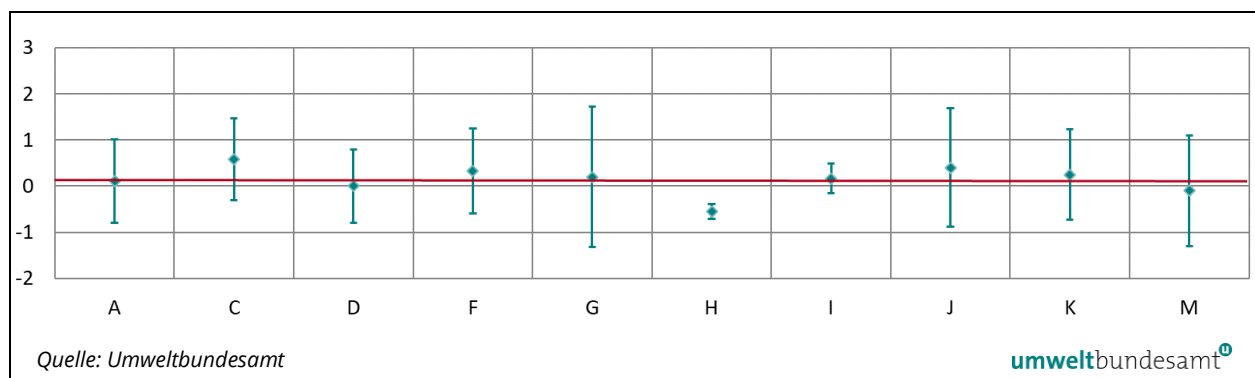


Tabelle 41: Ergebnisse für NO bei Nullgas (in nmol/mol).  
Parameter: NO; Durchgang 0 (NG3);  $x^* = 0,2$ ;  $s^* = 0,29$

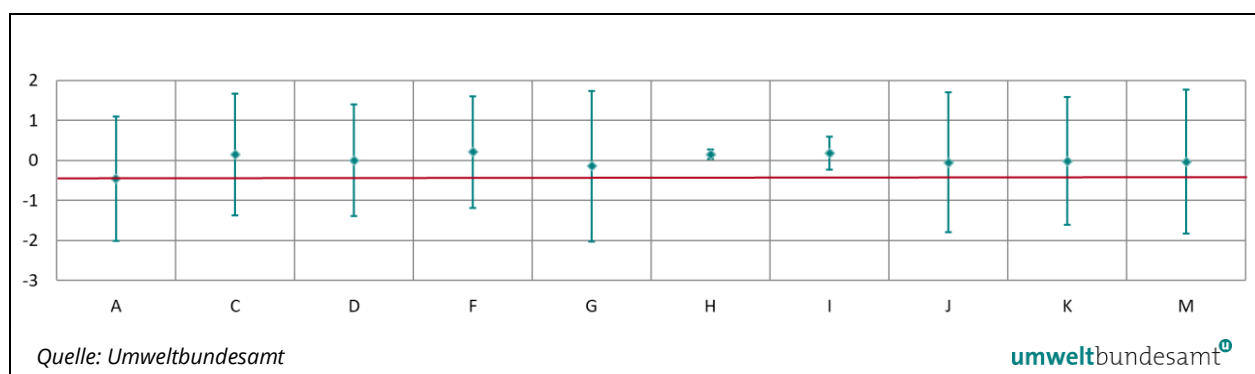
|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 0.1              | 0.7  | 0.0  | 0.4  | 0.1  | -0.5 | 0.2  | 0.4  | 0.2  | -0.1 |
| $x_{i,2}$ | 0.1              | 0.5  | 0.0  | 0.3  | 0.3  | -0.6 | 0.2  | 0.4  | 0.3  | -0.1 |
| $x_{i,3}$ |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $X_{i,}$  | 0.1              | 0.6  | 0.0  | 0.3  | 0.2  | -0.6 | 0.2  | 0.4  | 0.2  | -0.1 |
| $S_{i,}$  | 0.04             | 0.10 | 0.00 | 0.04 | 0.14 | 0.07 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.05 |
| $u(x_i)$  | 0.45             | 0.45 | 0.40 | 0.46 | 0.76 | 0.08 | 0.16 | 0.64 | 0.49 | 0.60 |
| $U(x_i)$  | 0.91             | 0.89 | 0.80 | 0.92 | 1.52 | 0.16 | 0.31 | 1.29 | 0.98 | 1.20 |

Abbildung 62: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO-Durchgang 0 (Nullgas 3) (in nmol/mol).



**Ergebnisse für NO<sub>2</sub>**Tabelle 42: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 0 (Nullgas) (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 0;  $x^* = 0,0$ ;  $s^* = 0,14$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | -0.4             | 0.1  | 0.0  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | 0.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| $x_{i,2}$ | -0.5             | 0.2  | 0.0  | 0.2  | -0.2 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | -0.1 | 0.0  |
| $X_i$     | -0.5             | 0.1  | 0.0  | 0.2  | -0.2 | 0.2  | 0.2  | -0.1 | 0.0  | 0.0  |
| $S_i$     | 0.10             | 0.08 | 0.00 | 0.02 | 0.07 | 0.07 | 0.01 | 0.07 | 0.05 | 0.01 |
| $u(x_i)$  | 0.78             | 0.76 | 0.70 | 0.70 | 0.94 | 0.06 | 0.21 | 0.87 | 0.80 | 0.90 |
| $U(x_i)$  | 1.55             | 1.52 | 1.40 | 1.40 | 1.88 | 0.11 | 0.41 | 1.75 | 1.59 | 1.80 |

Abbildung 63: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).Tabelle 43: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 1 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 1;  $x^* = 12,1$ ;  $s^* = 0,58$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 11.6             | 12.3 | 10.8 | 12.3 | 12.8 | 13.0 | 11.3 | 12.0 | 11.6 | 12.4 |
| $x_{i,2}$ | 11.9             | 12.5 | 10.6 | 12.2 | 12.8 | 12.9 | 11.0 | 11.9 | 11.8 | 12.2 |
| $x_{i,3}$ | 11.9             | 12.6 | 10.4 | 12.3 | 12.6 | 12.1 | 10.9 | 11.7 | 11.8 | 12.3 |
| $X_i$     | 11.8             | 12.5 | 10.6 | 12.3 | 12.7 | 12.7 | 11.0 | 11.9 | 11.7 | 12.3 |
| $S_i$     | 0.18             | 0.17 | 0.20 | 0.06 | 0.12 | 0.53 | 0.20 | 0.15 | 0.08 | 0.10 |
| $u(x_i)$  | 0.81             | 0.82 | 0.80 | 0.65 | 0.87 | 0.91 | 1.70 | 0.91 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.62             | 1.65 | 1.60 | 1.30 | 1.74 | 1.81 | 3.40 | 1.82 | 1.59 | 1.90 |

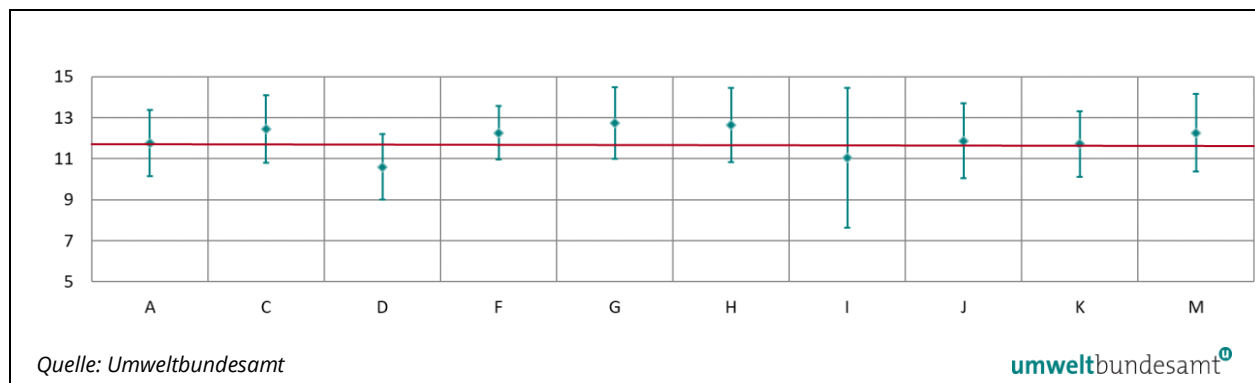
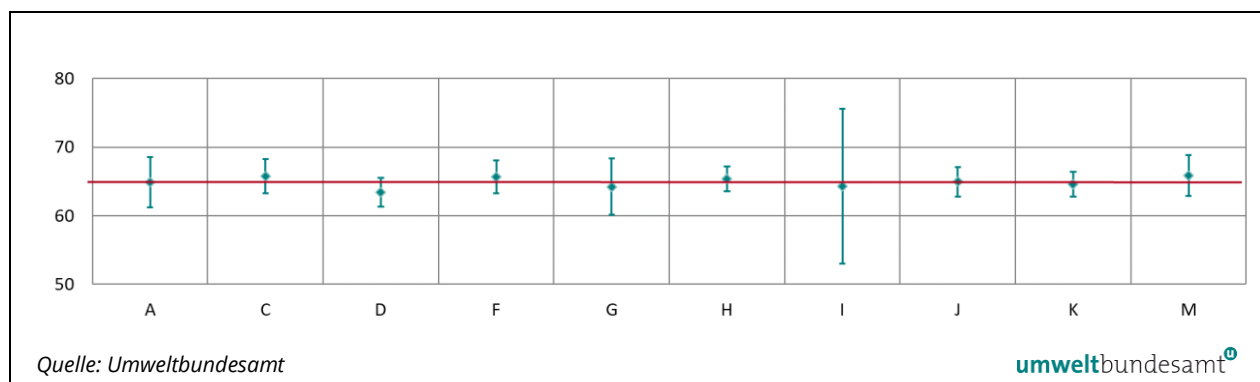
Abbildung 64: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 1 (in nmol/mol).

Tabelle 44: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 2 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 2;  $\bar{x}^* = 64,9$ ;  $s^* = 0,90$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 64.8             | 65.7 | 63.3 | 65.6 | 64.2 | 65.6 | 64.4  | 65.0 | 64.5 | 66.0 |
| $x_{i,2}$   | 64.8             | 65.7 | 63.4 | 65.6 | 64.3 | 65.1 | 64.3  | 64.9 | 64.5 | 65.8 |
| $x_{i,3}$   | 65.0             | 65.8 | 63.5 | 65.8 | 64.2 | 65.4 | 64.3  | 64.9 | 64.6 | 65.7 |
| $\bar{X}_i$ | 64.9             | 65.7 | 63.4 | 65.7 | 64.2 | 65.4 | 64.3  | 64.9 | 64.5 | 65.8 |
| $S_i$       | 0.14             | 0.06 | 0.10 | 0.12 | 0.06 | 0.21 | 0.06  | 0.06 | 0.05 | 0.17 |
| $u(x_i)$    | 1.82             | 1.25 | 1.06 | 1.20 | 2.04 | 0.91 | 5.65  | 1.09 | 0.91 | 1.49 |
| $U(x_i)$    | 3.64             | 2.50 | 2.12 | 2.40 | 4.08 | 1.82 | 11.31 | 2.17 | 1.81 | 2.99 |

Abbildung 65: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 2 (in nmol/mol).Tabelle 45: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 3 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 3;  $\bar{x}^* = 125,9$ ;  $s^* = 0,39$ 

|             | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$   | 125.1            | 126.3 | 123.8 | 125.8 | 123.4 | 126.6 | 125.9 | 126.0 | 125.1 | 127.2 |
| $x_{i,2}$   | 125.2            | 126.1 | 123.6 | 125.9 | 123.4 | 126.0 | 126.0 | 125.9 | 125.0 | 126.8 |
| $x_{i,3}$   | 125.2            | 126.0 | 123.6 | 125.8 | 123.3 | 126.1 | 126.4 | 126.2 | 125.1 | 126.8 |
| $\bar{X}_i$ | 125.1            | 126.2 | 123.7 | 125.8 | 123.4 | 126.3 | 126.1 | 126.0 | 125.1 | 126.9 |
| $S_i$       | 0.06             | 0.14  | 0.12  | 0.06  | 0.06  | 0.34  | 0.26  | 0.15  | 0.09  | 0.21  |
| $u(x_i)$    | 2.19             | 2.31  | 1.84  | 2.40  | 2.44  | 1.59  | 5.79  | 2.08  | 1.55  | 2.88  |
| $U(x_i)$    | 4.39             | 4.61  | 3.68  | 4.80  | 4.88  | 3.18  | 11.59 | 4.15  | 3.10  | 5.77  |

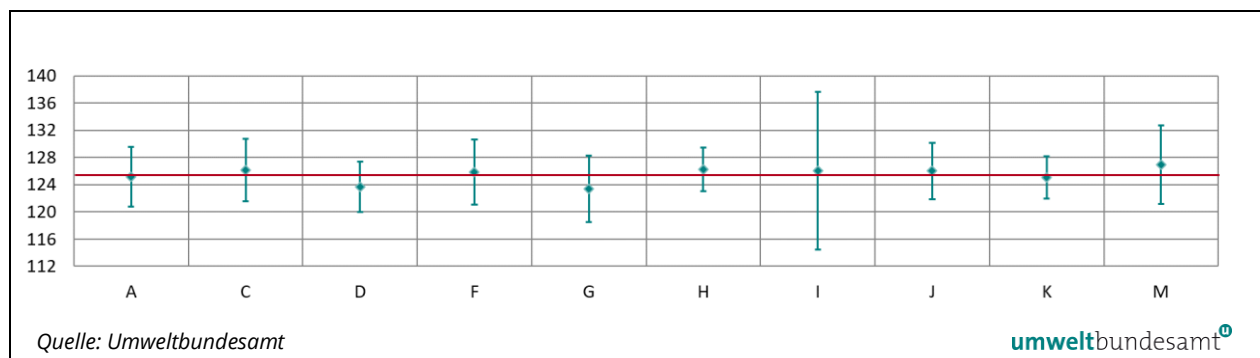
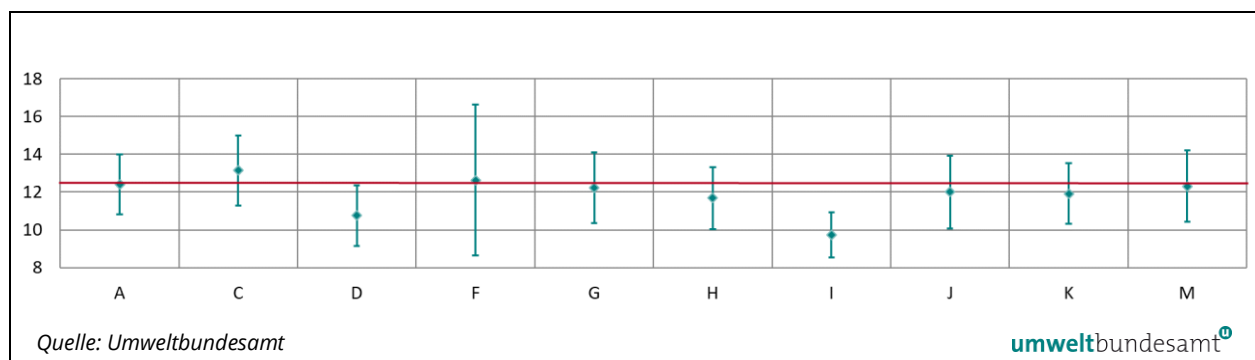
Abbildung 66: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 3 (in nmol/mol).

Tabelle 46: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 4 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 4;  $x^* = 12,0$ ;  $s^* = 0,59$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 12.4             | 13.1 | 10.6 | 12.6 | 12.1 | 11.8 | 9.8  | 12.0 | 11.9 | 12.6 |
| $x_{i,2}$ | 12.3             | 13.1 | 10.9 | 12.7 | 12.3 | 11.5 | 9.6  | 12.1 | 11.9 | 11.9 |
| $x_{i,3}$ | 12.5             | 13.2 | 10.8 | 12.6 | 12.3 | 11.8 | 9.8  | 11.9 | 12.0 | 12.5 |
| $X_i$     | 12.4             | 13.1 | 10.8 | 12.6 | 12.2 | 11.7 | 9.7  | 12.0 | 11.9 | 12.3 |
| $S_i$     | 0.10             | 0.04 | 0.15 | 0.06 | 0.12 | 0.19 | 0.12 | 0.10 | 0.04 | 0.37 |
| $u(x_i)$  | 0.79             | 0.92 | 0.80 | 2.00 | 0.94 | 0.82 | 0.60 | 0.96 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.58             | 1.84 | 1.60 | 4.00 | 1.88 | 1.64 | 1.19 | 1.92 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 67: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 4 (in nmol/mol).Tabelle 47: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Nullgas (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang (NG2);  $x^* = 0,1$ ;  $s^* = 0,20$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | -0.1             | 0.6  | 0.0  | 0.3  | -0.3 | 0.2  | 0.2  | 0.0  | 0.1  | -0.1 |
| $x_{i,2}$ | -0.3             | 0.3  | 0.0  | 0.2  | -0.3 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | 0.1  | -0.1 |
| $x_{i,3}$ |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $X_i$     | -0.2             | 0.4  | 0.0  | 0.3  | -0.3 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | 0.1  | -0.1 |
| $S_i$     | 0.14             | 0.21 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.06 | 0.01 | 0.07 | 0.04 | 0.00 |
| $u(x_i)$  | 0.77             | 0.77 | 0.70 | 0.70 | 0.76 | 0.06 | 0.21 | 0.87 | 0.80 | 0.90 |
| $U(x_i)$  | 1.54             | 1.53 | 1.40 | 1.40 | 1.52 | 0.12 | 0.42 | 1.75 | 1.59 | 1.80 |

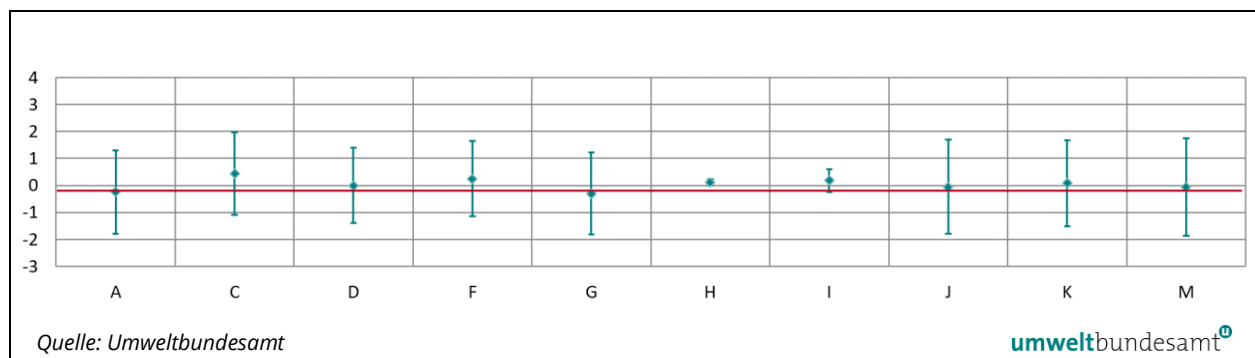
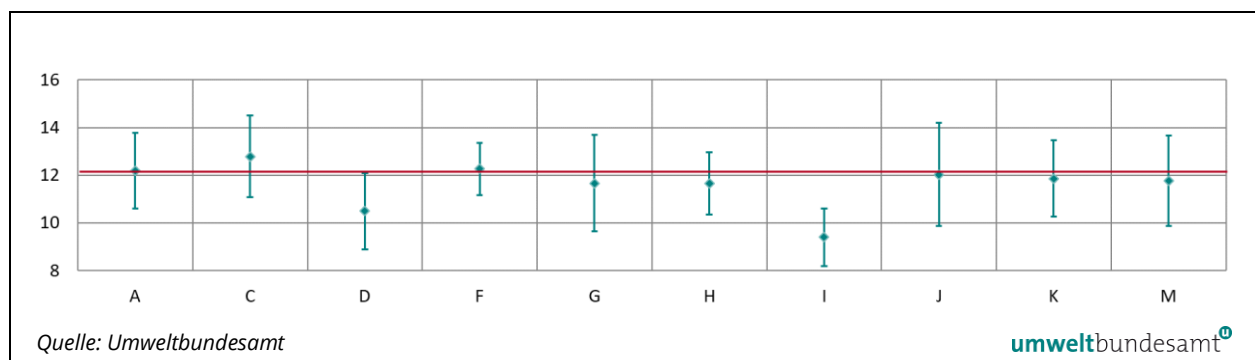
Abbildung 68: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang bei Nullgas (in nmol/mol).

Tabelle 48: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 5 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 5;  $x^* = 11,8$ ;  $s^* = 0,47$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 12.2             | 12.6 | 10.4 | 12.2 | 12.1 | 12.0 | 9.3  | 11.9 | 11.8 | 11.8 |
| $x_{i,2}$ | 12.1             | 12.8 | 10.5 | 12.3 | 11.4 | 11.4 | 9.5  | 11.9 | 11.9 | 11.8 |
| $x_{i,3}$ | 12.2             | 13.0 | 10.6 | 12.3 | 11.5 | 11.6 | 9.4  | 12.3 | 11.9 | 11.7 |
| $X_i$     | 12.2             | 12.8 | 10.5 | 12.3 | 11.7 | 11.7 | 9.4  | 12.0 | 11.9 | 11.8 |
| $S_i$     | 0.05             | 0.17 | 0.10 | 0.06 | 0.38 | 0.34 | 0.07 | 0.23 | 0.07 | 0.05 |
| $u(x_i)$  | 0.79             | 0.86 | 0.80 | 0.55 | 1.01 | 0.65 | 0.61 | 1.08 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.58             | 1.72 | 1.60 | 1.10 | 2.02 | 1.31 | 1.21 | 2.16 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 69: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 5 (in nmol/mol).Tabelle 49: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 6 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 6;  $x^* = 198,1$ ;  $s^* = 2,14$ 

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 197.8            | 197.5 | 195.2 | 197.4 | 194.2 | 198.6 | 200.1 | 199.5 | 197.5 | 199.4 |
| $x_{i,2}$ | 198.3            | 198.0 | 195.6 | 197.5 | 194.8 | 198.9 | 200.3 | 200.1 | 197.8 | 199.7 |
| $x_{i,3}$ | 198.6            | 198.3 | 196.0 | 197.8 | 195.0 | 198.8 | 200.2 | 200.2 | 198.1 | 200.4 |
| $X_i$     | 198.3            | 198.0 | 195.6 | 197.6 | 194.7 | 198.8 | 200.2 | 199.9 | 197.8 | 199.8 |
| $S_i$     | 0.40             | 0.43  | 0.40  | 0.21  | 0.42  | 0.16  | 0.10  | 0.38  | 0.32  | 0.50  |
| $u(x_i)$  | 2.60             | 3.53  | 2.82  | 3.22  | 3.08  | 2.34  | 5.95  | 3.29  | 2.42  | 4.54  |
| $U(x_i)$  | 5.20             | 7.05  | 5.64  | 6.44  | 6.16  | 4.68  | 11.90 | 6.59  | 4.83  | 9.07  |

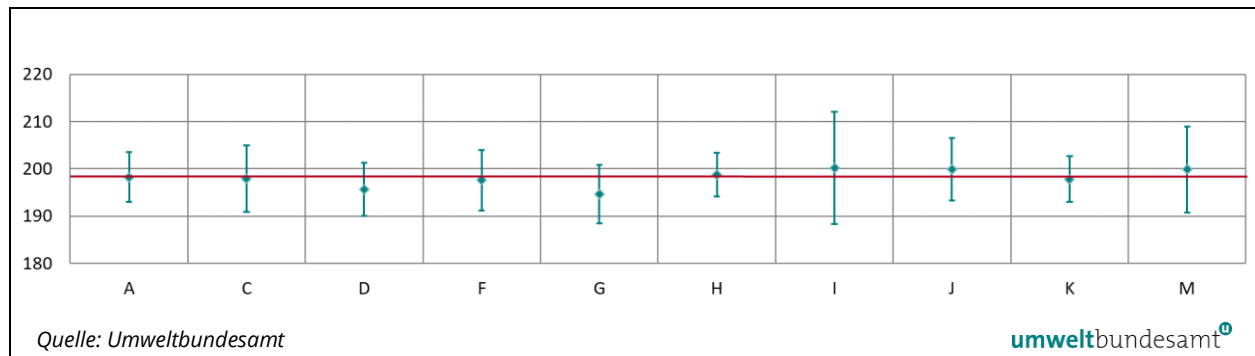
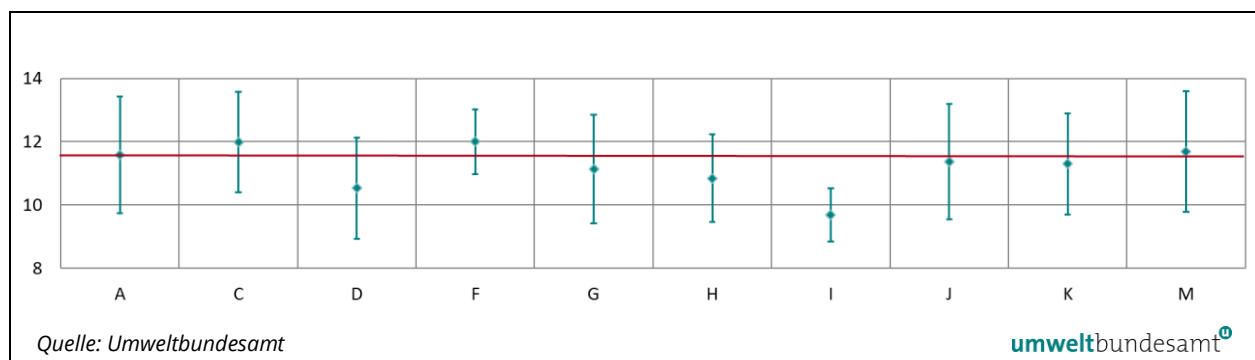
Abbildung 70: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 6 (in nmol/mol).

Tabelle 50: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 7 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 7;  $x^* = 11,2$ ;  $s^* = 0,69$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 11.5             | 12.0 | 10.5 | 11.9 | 11.3 | 10.9 | 9.6  | 11.3 | 11.3 | 11.7 |
| $x_{i,2}$ | 11.7             | 12.0 | 10.5 | 12.1 | 11.0 | 10.3 | 9.8  | 11.3 | 11.4 | 11.6 |
| $x_{i,3}$ | 11.6             | 12.0 | 10.6 | 12.0 | 11.1 | 11.3 | 9.6  | 11.5 | 11.3 | 11.8 |
| $X_i$     | 11.6             | 12.0 | 10.5 | 12.0 | 11.1 | 10.8 | 9.7  | 11.4 | 11.3 | 11.7 |
| $S_i$     | 0.09             | 0.03 | 0.06 | 0.10 | 0.15 | 0.47 | 0.11 | 0.12 | 0.05 | 0.07 |
| $u(x_i)$  | 0.92             | 0.79 | 0.80 | 0.51 | 0.86 | 0.69 | 0.42 | 0.91 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.84             | 1.59 | 1.60 | 1.02 | 1.72 | 1.38 | 0.84 | 1.82 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 71: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 7 (in nmol/mol).Tabelle 51: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 8 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 8;  $x^* = 124,8$ ;  $s^* = 1,40$ 

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 124.8            | 124.6 | 123.5 | 123.7 | 122.4 | 125.4 | 125.5 | 126.1 | 124.8 | 126.1 |
| $x_{i,2}$ | 124.9            | 124.7 | 123.7 | 123.8 | 122.7 | 125.6 | 125.5 | 126.2 | 124.8 | 126.5 |
| $x_{i,3}$ | 124.8            | 124.7 | 123.5 | 123.7 | 122.5 | 125.4 | 125.3 | 126.2 | 124.8 | 126.3 |
| $X_i$     | 124.9            | 124.7 | 123.6 | 123.7 | 122.5 | 125.4 | 125.5 | 126.2 | 124.8 | 126.3 |
| $S_i$     | 0.1              | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.0   | 0.2   |
| $u(x_i)$  | 1.62             | 2.24  | 1.84  | 3.34  | 2.42  | 1.50  | 5.72  | 2.08  | 1.55  | 2.87  |
| $U(x_i)$  | 3.24             | 4.47  | 3.68  | 6.68  | 4.84  | 3.00  | 11.44 | 4.16  | 3.10  | 5.75  |

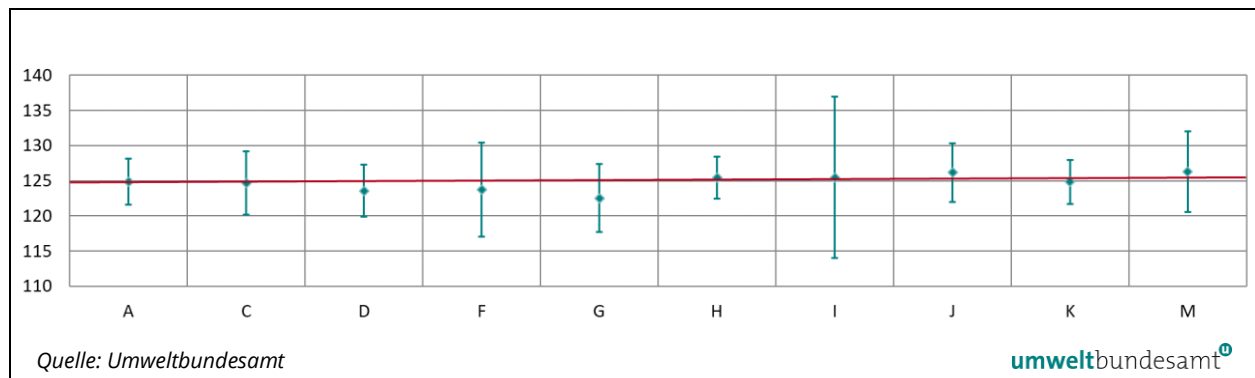
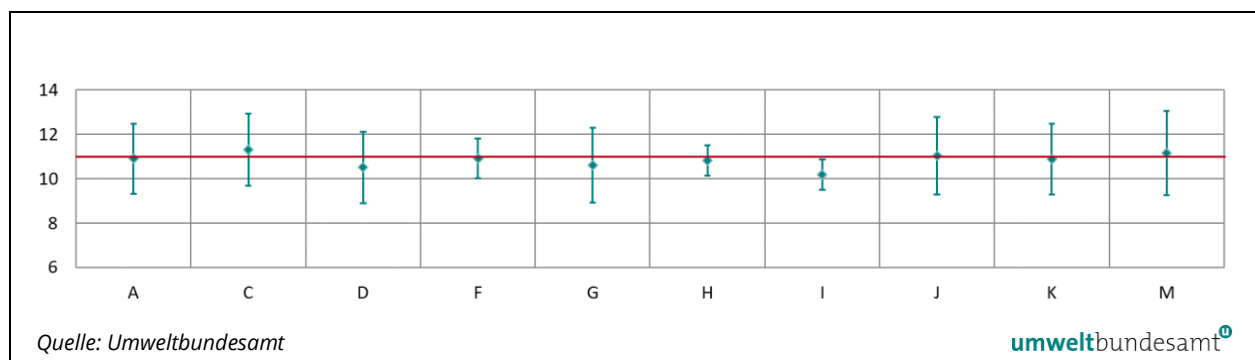
Abbildung 72: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 8 (in nmol/mol).

Tabelle 52: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 9 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 9;  $x^* = 10,8$ ;  $s^* = 0,36$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 10.8             | 11.2 | 10.5 | 10.9 | 10.7 | 10.9 | 10.3 | 11.0 | 10.9 | 11.1 |
| $x_{i,2}$ | 11.0             | 11.3 | 10.5 | 10.9 | 10.6 | 10.7 | 10.2 | 11.1 | 10.8 | 11.2 |
| $x_{i,3}$ | 10.9             | 11.4 | 10.5 | 10.9 | 10.5 | 10.9 | 10.0 | 11.0 | 10.9 | 11.1 |
| $X_i$     | 10.9             | 11.3 | 10.5 | 10.9 | 10.6 | 10.8 | 10.2 | 11.0 | 10.9 | 11.1 |
| $S_i$     | 0.07             | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.13 | 0.17 | 0.06 | 0.04 | 0.08 |
| $u(x_i)$  | 0.78             | 0.81 | 0.80 | 0.45 | 0.84 | 0.34 | 0.34 | 0.87 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.57             | 1.62 | 1.60 | 0.90 | 1.68 | 0.69 | 0.68 | 1.75 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 73: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 9 (in nmol/mol).Tabelle 53: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 10 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 10;  $x^* = 94,1$ ;  $s^* = 0,62$ 

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 93.6             | 94.4 | 93.8 | 93.8 | 92.2 | 94.1 | 93.5  | 94.7 | 93.9 | 95.0 |
| $x_{i,2}$ | 93.6             | 94.5 | 93.8 | 93.7 | 92.1 | 94.1 | 93.7  | 94.8 | 94.1 | 95.1 |
| $x_{i,3}$ | 93.6             | 94.6 | 94.2 | 93.8 | 92.2 | 94.0 | 93.8  | 95.0 | 94.1 | 95.3 |
| $X_i$     | 93.6             | 94.5 | 93.9 | 93.8 | 92.2 | 94.1 | 93.7  | 94.8 | 94.0 | 95.1 |
| $S_i$     | 0.04             | 0.10 | 0.23 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.12  | 0.15 | 0.11 | 0.14 |
| $u(x_i)$  | 1.22             | 1.72 | 1.44 | 1.65 | 2.18 | 1.12 | 5.66  | 1.54 | 1.20 | 2.19 |
| $U(x_i)$  | 2.45             | 3.45 | 2.88 | 3.30 | 4.36 | 2.24 | 11.32 | 3.08 | 2.40 | 4.38 |

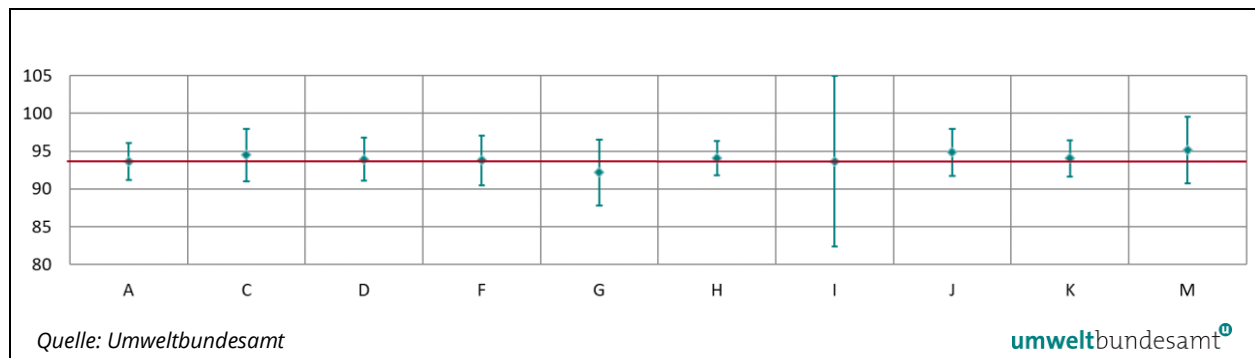
Abbildung 74: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 10 (in nmol/mol).

Tabelle 54: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 11 (in nmol/mol).  
Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 11;  $x^* = 10,7$ ;  $s^* = 0,21$

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 10.6             | 10.9 | 10.6 | 10.8 | 10.4 | 10.6 | 10.4 | 10.7 | 10.7 | 10.8 |
| $x_{i,2}$ | 10.7             | 10.9 | 10.5 | 10.9 | 10.4 | 10.5 | 10.3 | 10.7 | 10.8 | 10.9 |
| $x_{i,3}$ | 10.6             | 10.9 | 10.5 | 10.9 | 10.3 | 10.9 | 10.3 | 10.8 | 10.8 | 10.9 |
| $X_i$     | 10.6             | 10.9 | 10.5 | 10.9 | 10.4 | 10.7 | 10.4 | 10.7 | 10.8 | 10.9 |
| $S_i$     | 0.02             | 0.01 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.22 | 0.03 | 0.06 | 0.07 | 0.09 |
| $u(x_i)$  | 0.77             | 0.79 | 0.80 | 0.50 | 0.78 | 0.32 | 0.29 | 0.84 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$  | 1.54             | 1.57 | 1.60 | 1.00 | 1.56 | 0.65 | 0.57 | 1.69 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 75: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 11 (in nmol/mol).

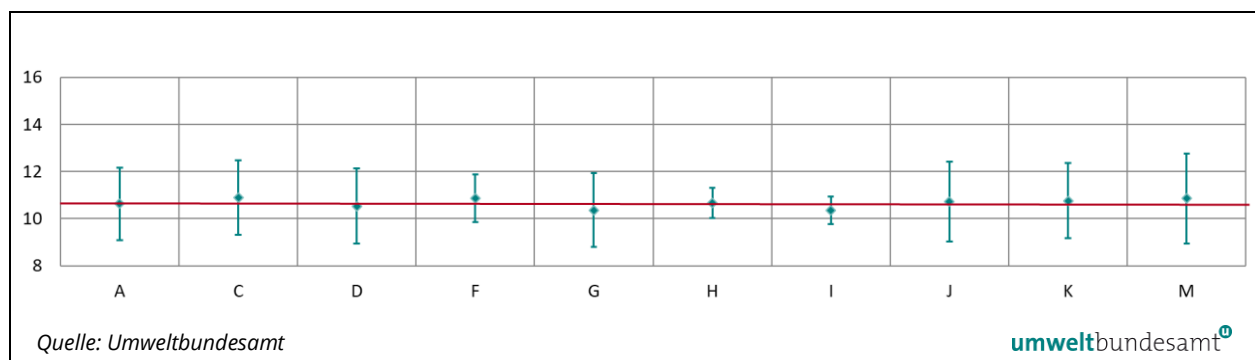


Tabelle 55: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 12 (in nmol/mol).  
Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 12;  $x^* = 48,3$ ;  $s^* = 0,35$

|           | Teilnehmer:innen |      |       |       |       |      |       |      |      |      |
|-----------|------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|
|           | A                | C    | D     | F     | G     | H    | I     | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | 48.1             | 48.5 | 48.0  | 47.9  | 47.4  | 48.3 | 48.2  | 48.6 | 48.3 | 48.9 |
| $x_{i,2}$ | 48.1             | 48.4 | 48.0  | 48.0  | 47.4  | 48.4 | 48.2  | 48.5 | 48.4 | 49.0 |
| $x_{i,3}$ | 48.2             | 48.3 | 48.0  | 48.1  | 47.4  | 48.5 | 48.2  | 48.6 | 48.3 | 48.8 |
| $X_i$     | 48.1             | 48.4 | 48.0  | 48.0  | 47.4  | 48.4 | 48.2  | 48.6 | 48.3 | 48.9 |
| $S_i$     | 0.00             | 0.25 | -0.13 | -0.13 | -0.73 | 0.25 | 0.09  | 0.43 | 0.20 | 0.77 |
| $u(x_i)$  | 0.78             | 0.93 | 0.88  | 0.52  | 1.92  | 0.61 | 5.60  | 0.79 | 0.80 | 1.15 |
| $U(x_i)$  | 1.57             | 1.87 | 1.76  | 1.04  | 3.84  | 1.22 | 11.19 | 1.58 | 1.59 | 2.30 |

Abbildung 76: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 12 (in nmol/mol).

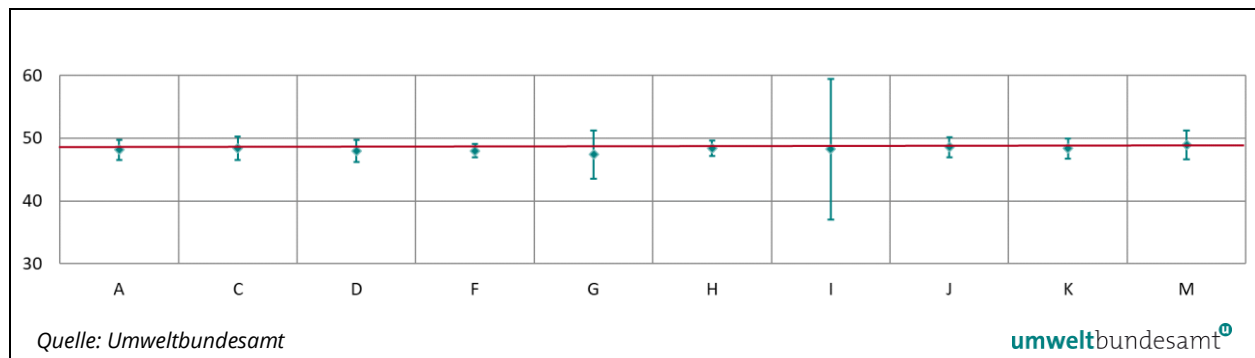
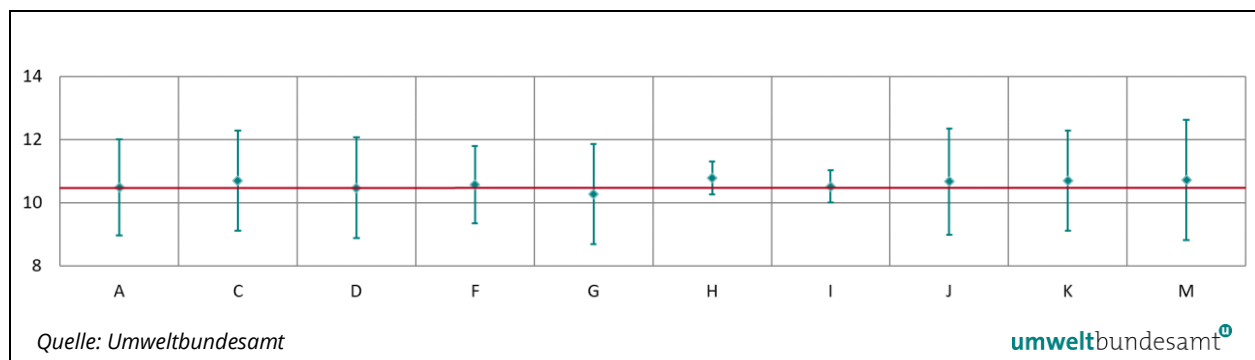


Tabelle 56: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 13 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 13;  $\bar{x}^* = 10,6$ ;  $s^* = 0,14$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 10.5             | 10.6 | 10.3 | 10.5 | 10.2 | 10.8 | 10.5 | 10.7 | 10.7 | 10.6 |
| $x_{i,2}$   | 10.5             | 10.8 | 10.6 | 10.6 | 10.3 | 10.8 | 10.5 | 10.6 | 10.7 | 10.7 |
| $x_{i,3}$   | 10.4             | 10.7 | 10.5 | 10.6 | 10.3 | 10.8 | 10.5 | 10.7 | 10.7 | 10.8 |
| $\bar{X}_i$ | 10.5             | 10.7 | 10.5 | 10.6 | 10.3 | 10.8 | 10.5 | 10.7 | 10.7 | 10.7 |
| $S_i$       | 0.07             | 0.08 | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.06 | 0.04 | 0.07 |
| $u(x_i)$    | 0.76             | 0.79 | 0.80 | 0.61 | 0.79 | 0.26 | 0.25 | 0.84 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$    | 1.53             | 1.58 | 1.60 | 1.22 | 1.58 | 0.52 | 0.51 | 1.69 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 77: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 13 (in nmol/mol).Tabelle 57: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 14 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 14;  $\bar{x}^* = 22,5$ ;  $s^* = 0,19$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 22.4             | 22.6 | 22.3 | 22.1 | 21.9 | 22.5 | 22.4 | 22.6 | 22.5 | 22.7 |
| $x_{i,2}$   | 22.5             | 22.7 | 22.5 | 22.2 | 22.0 | 22.5 | 22.4 | 22.7 | 22.5 | 22.6 |
| $x_{i,3}$   | 22.4             | 22.6 | 22.5 | 22.3 | 21.9 | 22.6 | 22.3 | 22.6 | 22.5 | 22.6 |
| $\bar{X}_i$ | 22.4             | 22.6 | 22.4 | 22.2 | 21.9 | 22.5 | 22.4 | 22.6 | 22.5 | 22.6 |
| $S_i$       | 0.07             | 0.06 | 0.12 | 0.10 | 0.06 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.03 | 0.09 |
| $u(x_i)$    | 0.85             | 0.86 | 0.80 | 0.55 | 0.78 | 0.29 | 0.24 | 0.37 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$    | 1.70             | 1.72 | 1.60 | 1.10 | 1.56 | 0.58 | 0.48 | 0.74 | 1.59 | 1.90 |

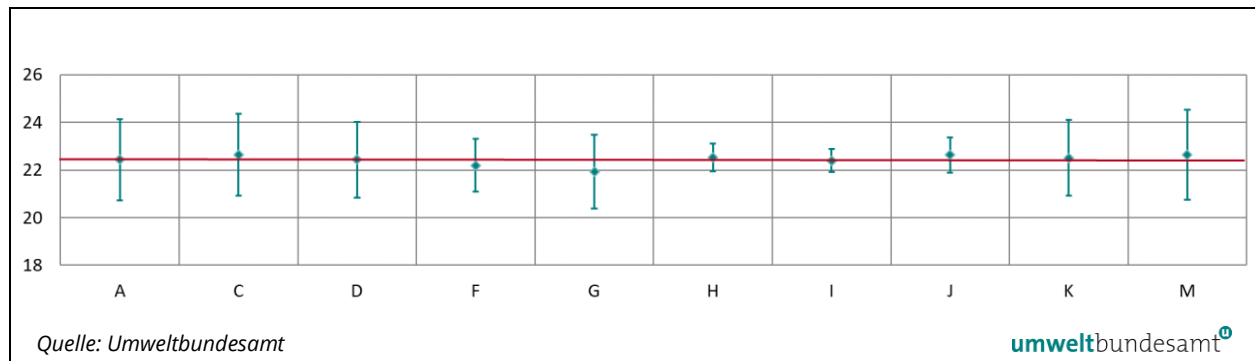
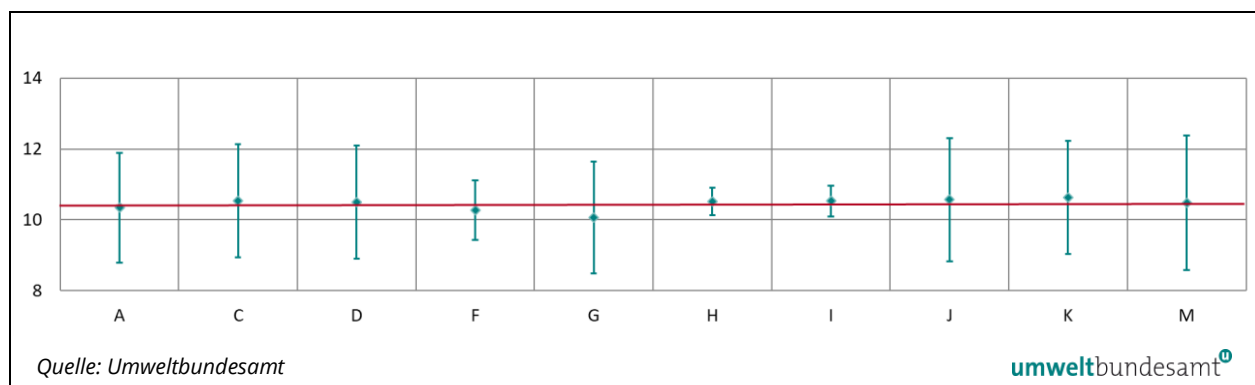
Abbildung 78: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 14 (in nmol/mol).

Tabelle 58: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 15 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 15;  $\bar{x}^* = 10,5$ ;  $s^* = 0,06$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 10.4             | 10.5 | 10.5 | 10.2 | 10.1 | 10.4 | 10.5 | 10.6 | 10.6 | 10.5 |
| $x_{i,2}$   | 10.3             | 10.5 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.7 | 10.5 |
| $x_{i,3}$   | 10.3             | 10.6 | 10.5 | 10.3 | 10.0 | 10.5 | 10.6 | 10.6 | 10.6 | 10.4 |
| $\bar{X}_i$ | 10.3             | 10.5 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 10.5 | 10.5 | 10.6 | 10.6 | 10.5 |
| $S_i$       | 0.06             | 0.02 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.08 | 0.02 | 0.06 | 0.07 | 0.06 |
| $u(x_i)$    | 0.78             | 0.80 | 0.80 | 0.42 | 0.79 | 0.19 | 0.22 | 0.87 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$    | 1.55             | 1.59 | 1.60 | 0.84 | 1.58 | 0.38 | 0.44 | 1.75 | 1.59 | 1.90 |

Abbildung 79: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 15 (in nmol/mol).Tabelle 59: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 16 (in nmol/mol).Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 16;  $\bar{x}^* = 11,8$ ;  $s^* = 0,22$ 

|             | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |   |      |      |      |
|-------------|------------------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|
|             | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$   | 12.2             | 12.5 | 10.2 | 11.5 | 11.8 | 11.6 |   | 11.6 | 11.6 | 11.8 |
| $x_{i,2}$   | 12.4             | 12.9 | 10.4 | 11.6 | 11.9 | 12.1 |   | 11.8 | 11.7 | 11.9 |
| $x_{i,3}$   | 12.4             | 12.9 | 10.4 | 11.5 | 12.0 | 11.8 |   | 11.8 | 11.7 | 11.8 |
| $\bar{X}_i$ | 12.3             | 12.8 | 10.3 | 11.5 | 11.9 | 11.8 |   | 11.7 | 11.6 | 11.8 |
| $S_i$       | 0.08             | 0.20 | 0.12 | 0.06 | 0.10 | 0.27 |   | 0.12 | 0.07 | 0.05 |
| $u(x_i)$    | 0.78             | 0.89 | 0.80 | 0.55 | 0.93 | 0.60 |   | 0.96 | 0.80 | 0.95 |
| $U(x_i)$    | 1.55             | 1.79 | 1.60 | 1.10 | 1.86 | 1.19 |   | 1.92 | 1.59 | 1.90 |

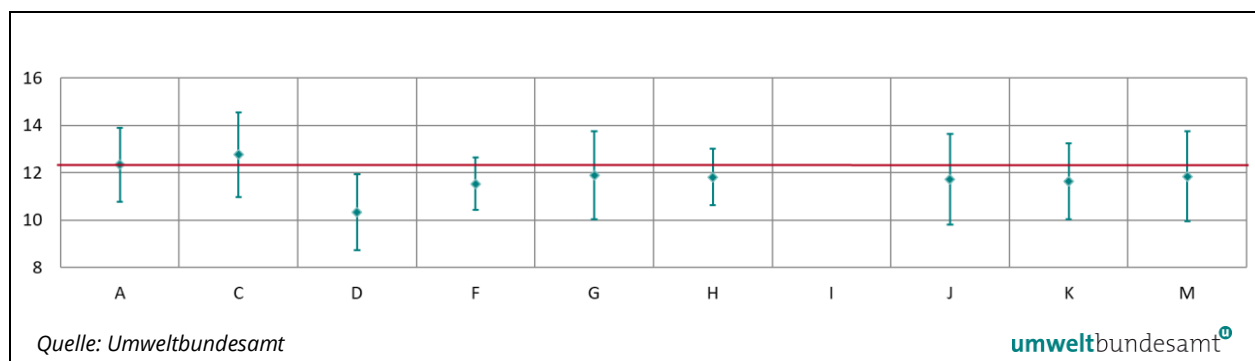
Abbildung 80: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 16 (in nmol/mol).

Tabelle 60: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> bei Durchgang 17 (in nmol/mol).  
Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 17;  $x^* = 125,3$ ;  $s^* = 1,75$

|           | Teilnehmer:innen |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|           | A                | C     | D     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | M     |
| $x_{i,1}$ | 125.4            | 126.1 | 124.2 | 125.2 | 123.0 | 125.7 | 122.4 | 126.6 | 125.1 | 127.8 |
| $x_{i,2}$ | 125.5            | 126.6 | 124.3 | 125.3 | 123.5 | 126.0 | 122.5 | 126.8 | 125.4 | 127.0 |
| $x_{i,3}$ | 125.6            | 126.8 | 124.7 | 125.2 | 123.7 | 126.0 | 122.7 | 126.7 | 125.6 | 127.7 |
| $X_i$     | 125.5            | 126.5 | 124.4 | 125.2 | 123.4 | 125.9 | 122.5 | 126.7 | 125.3 | 127.5 |
| $S_i$     | 0.12             | 0.34  | 0.26  | 0.06  | 0.36  | 0.15  | 0.14  | 0.10  | 0.26  | 0.45  |
| $u(x_i)$  | 2.33             | 2.31  | 1.85  | 2.20  | 2.45  | 1.58  | 5.74  | 2.12  | 1.60  | 2.89  |
| $U(x_i)$  | 4.67             | 4.62  | 3.70  | 4.40  | 4.90  | 3.15  | 11.49 | 4.24  | 3.20  | 5.78  |

Abbildung 81: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 17 (in nmol/mol).

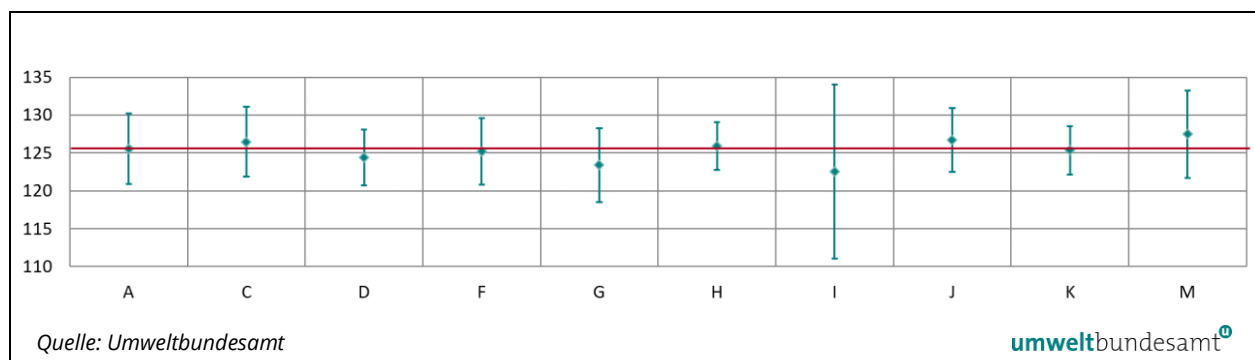
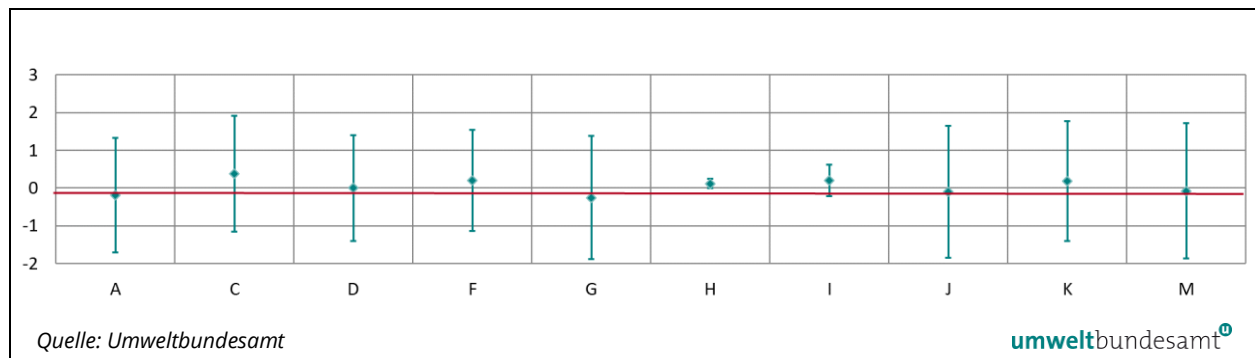


Tabelle 61: Ergebnisse für NO<sub>2</sub> Nullgas (in nmol/mol).  
Parameter: NO<sub>2</sub>; Durchgang 0 (Nullgas 3);  $x^* = 0,1$ ;  $s^* = 0,20$

|           | Teilnehmer:innen |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|           | A                | C    | D    | F    | G    | H    | I    | J    | K    | M    |
| $x_{i,1}$ | -0.1             | 0.5  | 0.0  | 0.2  | -0.1 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | 0.0  |
| $x_{i,2}$ | -0.3             | 0.3  | 0.0  | 0.2  | -0.4 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | -0.1 |
| $x_{i,3}$ |                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $X_i$     | -0.2             | 0.4  | 0.0  | 0.2  | -0.3 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | -0.1 |
| $S_i$     | 0.12             | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | 0.06 |
| $u(x_i)$  | 0.76             | 0.77 | 0.70 | 0.67 | 0.82 | 0.06 | 0.21 | 0.87 | 0.80 | 0.90 |
| $U(x_i)$  | 1.52             | 1.54 | 1.40 | 1.34 | 1.64 | 0.12 | 0.42 | 1.75 | 1.59 | 1.80 |

Abbildung 82: Mittelwert und erweiterte Messunsicherheit für den NO<sub>2</sub>-Durchgang 0 (NG3) (in nmol/mol).



## Anhang D: FRAGEBÖGEN

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

### Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> 14. bis 17. Oktober 2024

#### Persönliche Angaben

**Organisation:** Stadt Wien - Umweltschutz

**Namen der Teilnehmer:** Ing. Christina Kellner, Ing. Andreas Gabler

**Kontakt:** 1200 Wien, Dresdner Straße 45

**Telefonnummer:** +43 676 8118 73777

**E-Mail:** [christina.kellner@wien.gv.at](mailto:christina.kellner@wien.gv.at)

#### NO/NO<sub>2</sub>

##### Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | 895,5nmol/mol / 898,1nmol/mol |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 0,75%                         |
| Hersteller                                                                      | Horiba                        |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(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 53/2024

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                 | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                 | x  |      |
| GPT                                                             | x  |      |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?         |    | x    |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APNA-370

Baujahr: 2020

**Auswertung der Ergebnisse:**

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

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

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

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

Umweltbundesamt 052/2023

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

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: T100

Baujahr: 2020

**Auswertung der Ergebnisse:**

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

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>  
14. bis 17. Oktober 2024****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](mailto:stefan.haslinger@noel.gv.at)

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | Transferkalibrator (HA2007) 934/937<br>nmol/mol           |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 1,5% (k=2)                                                |
| Hersteller                                                                      | Horiba, Flasche Messer                                    |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt GmbH Wien                                 |
| Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)                                        | Kalibrator mit 200 ppm NO Flasche (in<br>N <sub>2</sub> ) |

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 031/2024 vom 11.03.2024

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk,  
Molekularsieb

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |
| GPT                                                            | x  |      |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        | x  |      |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370

Baujahr: 2014

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                                                                                                                                        |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                                                                                                   |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | $u_{NO} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{rNO}^2)$<br>$u_{NOx} = \text{Wurzel}(u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{rNO}^2 + u_{rNOx}^2)$ |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

|                                                                               |                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | Thermo 49CPS mit 200 nmol/mol                                |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | $U_{(x)}=2 \cdot \text{Wurzel}(0,75^2 + 0,0115^2 \cdot x^2)$ |
| Hersteller                                                                    | Thermo                                                       |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt GmbH Wien                                    |

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

Rückführung Umweltbundesamt Wien Kalibrierschein 029/2024 vom 12.03.2024

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle, Natronkalk, Molekularsieb

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APOA 370

Baujahr: 2012

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                              |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                                                            |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                       |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | $U_{(x)}=2 \cdot \text{Wurzel}(0,75^2 + 0,0115^2 \cdot x^2)$ |

## Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> 14. bis 17. Oktober 2024

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Amt der Salzburger Landesregierung

**Namen der Teilnehmer:** Thomas Hofer

**Kontakt:** Thomas Hofer

**Telefonnummer:** 0662/8042 DW 4593 und Mobil: 0664/6116653

**E-Mail:** thomas.hofer@salzburg.gv.at

### NO/NO<sub>2</sub>

#### Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                  |                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                              | NO: 756ppb; NO <sub>x</sub> : 761,7ppb |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                    | 3%                                     |
| Hersteller                                                                       | MCZ CMK 5T #1407-230                   |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch:<br>(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 Kalibrierstelle für  
Luftqualität).

Kalibrierschein UBA vom 27.02.2024 #024/2024

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

#### 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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |

|                                                         |   |
|---------------------------------------------------------|---|
| GPT                                                     | x |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet? | x |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370 SNr. RHAGFPY

Baujahr: 2014

**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 |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

|                                                                               |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | 200,5ppb                          |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | 4,8%                              |
| Hersteller                                                                    | Teledyne API; 703E #164; BJ: 2008 |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt Wien              |

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

Kalibrierschein UBA vom 27.02.2024 #021/2024

Verwendetes Nullgas: über Kalibrator API 703E #164

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APOA ,SNr.: RNE10TSU

Baujahr: 2022

**Auswertung der Ergebnisse:**

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

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und CO  
6. bis 10. November 2023****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

**Organisation:** Amt der Oberösterreichischen Landesregierung

**Namen der Teilnehmer:** Manfred Stummer, Gabrysch Mario

**Kontakt:** siehe Teilnehmer

**Telefonnummer:** 0732/7720-13602 (Labor)

**E-Mail:** [manfred.stummer@ooe.gv.at](mailto:manfred.stummer@ooe.gv.at);  
[mario.gabrysch@ooe.gv.at](mailto:mario.gabrysch@ooe.gv.at)

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | PGG NO/NO <sub>x</sub> 914,6/916,3<br>Flasche NO/NO <sub>x</sub> 801/805 |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | PGG im Kalibrierpunkt 6,0 nmol/mol                                       |
| Hersteller                                                                      | Horiba, Messer                                                           |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(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. Kalibrierstelle für  
Luftqualität).

**Bezugsnormal Statische Injektion Nr: 98023** (Stickstoff 5.0, NO 2.5)  
**Crosscheck Dynamische Verdünnung Nr: 98060** (NO/N<sub>2</sub> Primärgas VSL Nr:  
D153607  
**ÖKD-Zertifikat UBA-Wien:** 056/2024, 057/2024

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

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |
| GPT                                                            | x  |      |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        |    | x    |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: HORIBA

Modell: APNA 370

Baujahr: 2021

**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,<br>QMSOP-GA-001/LG |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

|                                                                               |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (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        |

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:** 050/2024

Verwendetes Nullgas: Nullluftaufbereitung mit Silikagel und Aktivkohle

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Thermo Electron

Modell: TE94i

Baujahr: 2017

**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 |

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>  
14. bis 17. Oktober 2024****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

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

**Namen der Teilnehmer:** Thomas Oberhauser und Manuel Holzmann

**Kontakt:** Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

**Telefonnummer:** 0043 676 88 508 4621

**E-Mail:** [thomas.oberhauser@tirol.gv.at](mailto:thomas.oberhauser@tirol.gv.at)

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | 734,6ppb / 742,3ppb                        |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 1,5% (Referenz – UBA) + 1%                 |
| Hersteller                                                                      | Messer Österreich                          |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | UBA-Wien + Transferabgleich Land Tirol     |
| Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)                                        | MFC (Fa. Vögtlin) / Transfer-Light-GPT-372 |

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

Umweltbundesamt Wien – Kalibrierworkshop 2024 -> Transferabgleich Land Tirol

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |
| GPT                                                            | x  |      |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        |    | x    |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APNA 370 und APNA380

Baujahr: 2013 und 2024

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte:                                    | 2 (Nullpunkt und Endpunkt)                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): | linear                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:    | NO:<br>$u = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{stabw}^2}$<br>$u_{Null} = \sqrt{u_{NWG2}^2 + u_{stabw}^2}$<br><br>NO <sub>2</sub> :<br>$u = \sqrt{u_{kal}^2 + u_{lin}^2 + u_{stabw-NO2}^2 + u_{stabw-NOx}^2}$<br>$u_{Null} = \sqrt{u_{NWG2}^2 + u_{stabw-NO2}^2 + u_{stabw-NOx}^2}$ |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

|                                                                               |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | 150ppb                                 |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | 1,5ppb – 4,6ppb + 1%                   |
| Hersteller                                                                    | API Teledyne                           |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | UBA-Wien + Transferabgleich 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 2024 -> Transferabgleich Land Tirol

Verwendetes Nullgas: Silikagel – Aktivkohle – DFU-Filter

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Horiba

Modell: APOA370

Baujahr: 2018

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                                |                                                      |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte:                                    | 2 (Nullpunkt und Endpunkt)                           |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): | linear                                               |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:    | $u = \sqrt{u_{ka}^2 + u_{Transfer}^2 + u_{stabw}^2}$ |

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>  
14. bis 17. Oktober 2024****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

**Organisation:** Amt der Burgenländischen Landesregierung

**Namen der Teilnehmer:** Philipp Gulner

**Kontakt:** Abteilung 4, Hauptreferat Klima und Energie, Referat  
Luftreinhaltung und Luftgüte, A-7000 Eisenstadt,  
Landhaus, Europaplatz 1

**Telefonnummer:** 057/6002933

**E-Mail:** [post.a4-luft@bglg.gv.at](mailto:post.a4-luft@bglg.gv.at)

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | 754,8 / 759,5                                                     |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 11,32 nmol/mol                                                    |
| Hersteller                                                                      | HORIBA                                                            |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt Wien                                              |
| Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)                                        | Kalibrator mit Prüfgasflasche und in-<br>terner Nulllufterzeugung |

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

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |
| GPT                                                            |    | x    |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        |    | x    |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: T200

Baujahr: 2022

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                       |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                  |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | lt. Internen Unterlagen |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

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

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

Verwendetes Nullgas:

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: T400

Baujahr: 2023

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                       |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                  |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | lt. Internen Unterlagen |

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>  
14. bis 17. Dezember 2024****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

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

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                              |                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                          | 0   801,7 nmol/mol NO, 804,3 nmol/mol NO <sub>x</sub>                             |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                | 0   11,61 nmol/mol                                                                |
| Hersteller                                                                   | MCZ                                                                               |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt Wien                                                              |
| Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)                                     | Kalibrator zur dynamischen Verdünnung des PRM: Horiba ASGU 370S, SerienNr. HA1410 |

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

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: S/N 8390

Baujahr: 2023

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2 (0   773,3 nmol/mol NO)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | <p><u>Erweiterte Messunsicherheit NO:</u></p> $U_{C,NO} = 2 \times u_{C,NO} \quad u_{C,NO} = \sqrt{(u_{(rep,NO)}^2 + u_{(cal)}^2 + u_{(lin,NO)}^2)}$ <p><u>Erweiterte Messunsicherheit NO<sub>2</sub>:</u></p> $U_{C,NO_2} = 2 \times u_{C,NO_2} \quad u_{C,NO_2} = \sqrt{(u_{(rep,NO)}^2 + u_{(rep,NOx)}^2 + u_{(cal)}^2 + u_{(lin,NO)}^2 + u_{(lin,NOx)}^2)}$ <p><math>u_{(rep,NO)}</math> ...Messunsicherheit des jeweiligen NO HMW</p> <p><math>u_{(rep,NOx)}</math>...Messunsicherheit des jeweiligen NO<sub>x</sub> HMW</p> <p><math>u_{(cal)}</math>...Messunsicherheit Kalibrator (siehe Prüfschein) ... 1,25 %</p> <p><math>u_{(lin,NO)}</math>...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO... 0,74 %</p> <p><math>u_{(lin,NOx)}</math>...max Einzelwertmessunsicherheit bei Linearitätsüberprüfung NO<sub>x</sub>... 0,43 %</p> <p>Minimale Messunsicherheit (unter anderem für den Nullpunkt) wurden mit 0,6 nmol/mol für NO und 0,9 nmol/mol NO<sub>2</sub> angenommen.</p> |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

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

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

Verwendetes Nullgas:

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller:

Modell:

Baujahr: 2023

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |
|---------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    |

## Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und CO 6. bis 10. November 2023

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Land Kärnten

**Namen der Teilnehmer:** Ing. Franz Hohenwarter

**Kontakt:** Flatschacherstrasse 70 9020 Klagenfurt

**Telefonnummer:** 04638053618072

**E-Mail:** [franz.hohenwarter@ktn.gv.at](mailto:franz.hohenwarter@ktn.gv.at)

### NO/NO<sub>2</sub>

#### Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | 818,8/823,2                                  |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 12,28                                        |
| Hersteller                                                                      | Horiba                                       |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts |
| Verdünnungsmethode (wenn ja welche/nein)                                        | TMD Flasche                                  |

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

#### 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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | x  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | x    |
| GPT                                                            | x  |      |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        | x  |      |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: T200

Baujahr: 2021

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | $\text{NO: } u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$ $u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw}}^2}$ $\text{NO}_2: u = \sqrt{u_{\text{kal}}^2 + u_{\text{lin}}^2 + u_{\text{stabw-NO}_2}^2 + u_{\text{stabw-NOx}}^2}$ $u_{\text{Null}} = \sqrt{u_{\text{NWG}}^2 + u_{\text{stabw-NO}_2}^2 + u_{\text{stabw-NOx}}^2}$ |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

|                                                                               |                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | 150                                          |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | 3,9                                          |
| Hersteller                                                                    | Thermo Elektron                              |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | nationale Referenzlabor des Umweltbundesamts |

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

Verwendetes Nullgas: Vorlagenbehälter Silikagel, Aktivkohle

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: API

Modell: T400

Baujahr: 2021

**Auswertung der Ergebnisse:**

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

## Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> 14. bis 17. Oktober 2024

### Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards

**Organisation:** Amt der steiermärkischen Landesregierung

**Namen der Teilnehmer:** Martin Tantscher, Gerald Altmann

**Kontakt:** Benedikt Tschofenig

**Telefonnummer:** +43 676 8666 4919

**E-Mail:** [benedikt.tschofenig@stmk.gv.at](mailto:benedikt.tschofenig@stmk.gv.at)

### NO/NO<sub>2</sub>

#### Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |   |
|---------------------------------------------------------------------------------|---|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | - |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | - |
| Hersteller                                                                      | - |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(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. Kalibrierstelle für  
Luftqualität).

#### Vorgehen bei der Eignungsprüfung:

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller:

Modell:

Baujahr:

**Auswertung der Ergebnisse:**

---

Anzahl der Kalibrierpunkte

---

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

---

Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse

---

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | 150        |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | 3,9        |
| Hersteller                                                                    | API T753 U |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | 149,5      |

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: Aufbereitete Nullluft durch: Silicagel, Aktivkohle, Molekular Sieb, Natronkalk

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: HORIBA

Modell: APOA 370

Baujahr: 2023

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | <p>Berechnung der Unsicherheit erfolgt über die am Kalibrierschein angegebene Formel:</p> $U(x) = 2 \cdot \sqrt{0.86^2 + 0.0117^2 \cdot x^2 + u(x)_{stdAbw}^2}$ <p><math>u(x)_{stdAbw}</math> ... Standardabweichung der Minutenmesswerte über die Messperiode</p> |

**Eignungsprüfung für NO/NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>  
14. bis 17. Oktober 2024****Fragebogen zu Messgeräten und Kalibrierstandards**

**Organisation:** Umweltbundesamt GmbH / Messnetz

**Namen der Teilnehmer:** Franz Zimmerl, Anton Tanzberger

**Kontakt:** Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

**Telefonnummer:** +43 (0)664 6210325

**E-Mail:** [franz.zimmerl@umweltbundesamt.at](mailto:franz.zimmerl@umweltbundesamt.at),  
[anton.tanzberger@umweltbundesamt.at](mailto:anton.tanzberger@umweltbundesamt.at)

**NO/NO<sub>2</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung verwendet?**

Für Mehrpunkt-Kalibrierungen bitte die erste und zweite Zeile der Tabelle entsprechend kopieren (siehe „Auswertung der Ergebnisse“):

|                                                                                 |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Stoffmengenanteile (NO/NO <sub>x</sub> in nmol/mol)                             | 744,2                |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                   | 11,16                |
| Hersteller                                                                      | Messer Schweiz       |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch<br>(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. Kalibrierstelle für  
Luftqualität).

Kalibrierschein 102/2024 vom 25.09.2024 (ausgestellt vom nationalen Referenz-  
labor des Umweltbundesamts)

**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 <sub>x</sub> -Kanals mit NO                | X  |      |
| Überprüfung mit NO <sub>2</sub>                                |    | X    |
| GPT                                                            |    | X    |
| Ergebnis der Kalibrierung zur Datenkorrektur verwendet?        |    | X    |

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Thermo Fisher Scientific

Modell: TEI 42iTL #1236656162

Baujahr: 2013

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte:                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung): | linear                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse:    | NO: $u_{NO} = \text{Wurzel}(u^2_{Kal} + u^2_{repeat} + u^2_{LoF})$ ;<br>$u_{Null} = \text{Wurzel}(u^2_{NWG} + u^2_{repeat})$<br>NO <sub>2</sub> : $u_{NO2} = \text{Wurzel}(u^2_{Kal} + u^2_{repeatNO} + u^2_{repeatNOx} + u^2_{LoF})$<br>$u_{Null} = \text{Wurzel}(u^2_{NWG} + u^2_{repeat})$ |

**O<sub>3</sub>****Welcher Kalibrierstandard wurde für die Eignungsprüfung benutzt?**

|                                                                               |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Stoffmengenanteile O <sub>3</sub> (in nmol/mol)                               | 150                      |
| Erweiterte Unsicherheit (U) in nmol/mol od. %                                 | 3,9                      |
| Hersteller                                                                    | Thermo Fisher Scientific |
| Stoffmengenanteil zertifiziert durch: (Umweltbundesamt Wien oder anderweitig) | Umweltbundesamt Wien     |

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

Kalibrierschein 104/2023 vom 25.09.2024 (ausgestellt vom nationalen Referenzlabor des Umweltbundesamts)

Verwendetes Nullgas: Tragbare Nullluftanlage Horiba

**Vorgehen bei der Eignungsprüfung:**

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

**Welcher Analysator wurde verwendet?**

Hersteller: Thermo Fisher Scientific

Modell: TEI 49i #1228954964

Baujahr: 2012

**Auswertung der Ergebnisse:**

|                                                               |                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Kalibrierpunkte                                    | 2                                                                                                                       |
| Art der Kalibrierfunktion (linear, nicht-linear, Eingabelung) | linear                                                                                                                  |
| Wie erfolgt die Berechnung der Unsicherheit der Ergebnisse    | uO <sub>3</sub> = Wurzel (u <sup>2</sup> Kal + u <sup>2</sup> repeat + u <sup>2</sup> LoF)<br>uNull aus Kalibrierschein |

## ANHANG E: PRÜFGEGENSTÄNDE DER RINGVERSUCHSANLAGE FÜR GASFÖRMIGE LUFTSCHADSTOFFE

Die Prüfgegenstände NO<sub>x</sub> und O<sub>3</sub> wurden mit der Gasmischanlage der Ringversuchsanlage erzeugt und über die Ringleitung aus Borosilikatglas an die Teilnehmer:innen der Eignungsprüfungen verteilt.

### E1 Eingesetzte Referenzmessgeräte

O<sub>3</sub>: (auch zur Überprüfung der Ringleitung vor der Eignungsprüfung):

- Platz 1: TEI 49i, S/N 1317957903
- Platz 14: TEI 49i, S/N 0605915608
- NO: Platz 1: Horiba APNA 370, S/N: TLK34DAG  
Platz 14: Horiba APNA 370, S/N: 300DPVAE

### E2 Herstellung der Prüfgegenstände

Folgende Verdünnungsgase wurden für die Eignungsprüfung 2024 eingesetzt:

Tabelle 62: Eingesetztes Verdünnungsgas bei der Eignungsprüfung 2024.

|    | Hersteller                | Stoffmengenanteil | Analyselateranz<br>des Herstellers | Trärgas        |
|----|---------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|
| NO | Messer Austria<br>D034240 | 51, 3 µmol/mol    | +/- 2 %                            | N <sub>2</sub> |

### E3 Dokumentation der Umgebungsbedingungen

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

Bei der Eignungsprüfung beträgt die mittlere Temperatur im Messraum 22,1°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von 21,1°C und eine Maximaltemperatur von 24,0°C aufgezeichnet.

Während der Eignungsprüfung beträgt die mittlere Taupunkttemperatur der Nullluft -42,3°C. Es wurde eine Minimaltemperatur von -55,8°C und eine Maximaltemperatur von -37,3°C aufgezeichnet.

## E4 Überprüfung von Homogenität und Stabilität

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

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

Bei der Überprüfung der Ringleitung auf Verunreinigungen am 09. und 10.10.2024, wurden keine Verunreinigungen festgestellt, 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:

$O_3$  < 3,0 nmol/mol

$NO, NO_2$  < 4,0 nmol/mol

Die Kriterien zur Homogenität der Prüfgasmischungen wurden über den gesamten Messzeitraum der Eignungsprüfung 2024 eingehalten.

Die maximalen Differenzen für die Komponenten  $O_3$  und  $NO/NO_2$  in der Eignungsprüfungsrunde betrugen:

$O_3$  0,41 nmol/mol

$NO/NO_2$  0,59/2,04 nmol/mol

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

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

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

O<sub>3</sub>: < 1 % oder 2,5 nmol/mol

NO, NO<sub>2</sub> < 1 % oder 5,0 nmol/mol

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

Die maximalen Differenzen für die Komponenten O<sub>3</sub> und NO/NO<sub>2</sub> in der Eignungsprüfungsrunde betrugen:

O<sub>3</sub> 0,35 nmol/mol

NO/NO<sub>2</sub> 0,37/0,48 nmol/mol

## E5 Berechnung der Messunsicherheit der Referenzwerte

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

- Beitrag Messunsicherheit Kalibriergas jeweilige Komponente –  $u_{Kal}$   
Der Beitrag der verwendeten Kalibriergasgemische zur Messunsicherheit ergibt sich aus dem gültigen Kalibrierschein der Gasmischung (Gasflasche oder Kalibrator). Im Allgemeinen werden Kalibriergasgemische mit einer erweiterten Messunsicherheit  $< 2 \%$  eingesetzt.
- Beitrag Messunsicherheit der Streuung des Messsignal –  $u_{repeat}$   
Während der aktuellen Messung: Als Beitrag der Streuung des eingesetzten Analysators wird die Standardabweichung der Einzelwerte, die zur Berechnung des Halbstundenmittelwertes verwendet werden, herangezogen. Im Allgemeinen handelt es sich dabei um Einminuten(mittel)werte, aus denen ein Halbstundenmittelwert gebildet wird.
- Beitrag Messunsicherheit Abweichung von der Linearität (LoF) –  $u_{LoF}$   
Der Beitrag der Linearität der Messgeräte ergibt sich aus dem Ergebnis der vorangegangenen LoF-Überprüfung derselben. Die LoF-Überprüfung erfolgt im Allgemeinen im Nullpunkt und in 20 %, 40 %, 60 %, 80 % und 95 % des Zertifizierungsbereiches (oder des definierten Arbeitsbereiches) der jeweiligen Komponente. Die Auswertung einer LoF-Überprüfung erfolgt gemäß den anzuwendenden Normen. Für jeden der Stoffmengenanteile wird ein Wert errechnet, die höchste Abweichung wird für die Berechnung herangezogen. Die maximal zulässige Abweichung beträgt 1 %.
- Beitrag der Messunsicherheit für die Homogenität der Prüfmittel für alle Teilnehmer:innen-  $u_{HOM}$   
Dieser Betrag besteht aus der tatsächlichen Differenz der beiden Referenzmessgeräte von Platz 1 und Platz 14. Diese wird quadriert und zu den übrigen Teilbeträgen addiert. Die Quadratwurzel aus den 4 Teilbeträgen ergibt dann den Wert der einfachen Messunsicherheit, welcher mit dem Faktor 2 multipliziert die erweiterte Messunsicherheit mit einem Konfidenzintervall von 95% ergibt.

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

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

$$u_{Null} = \sqrt{(u_{NWG}^2 + u_{repeat}^2 + u_{HOM}^2)} \quad \text{Formel 3}$$

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

| Komponente      | Nachweisgrenze |
|-----------------|----------------|
| NO              | 0,4 nmol/mol   |
| NO <sub>2</sub> | 0,6 nmol/mol   |
| CO              | 0,1 µmol/mol   |
| SO <sub>2</sub> | 0,3 nmol/mol   |

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

$$u_x = \sqrt{(u_{Kal}^2 + u_{repeat}^2 + u_{LoF}^2 + u_{HOM}^2)} \quad \text{Formel 4}$$

Für die Messunsicherheit von Stoffmengenanteilen von NO<sub>2</sub> wird, da es aus (NO<sub>x</sub> – NO) gebildet wird, sowohl die Streuung des NO-Signals als auch die Streuung des NO<sub>x</sub> Signals als zufälliger Beitrag herangezogen.

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

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

$$U_x = 2u_x \quad \text{Formel 6}$$

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

Die vom Umweltbundesamt ermittelten Referenzwerte werden mit den Ergebnissen der Teilnehmer:innen nach ISO 13528 überprüft und den berechneten robusten Mittelwerten und ihren Standardabweichungen gegenübergestellt.

**ANHANG F: ZUSAMMENSTELLUNG Z'-SCORES UND EN-NUMMERN**

| NO         | C        |           | D        |           | F        |           | G        |           | H        |           | I        |           |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|            | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b> | 0.167    | 0.14      | -0.343   | -0.31     | -0.009   | -0.01     | -0.298   | -0.17     | -0.884   | -1.04     | -0.226   | -0.26     |
| <b>c1</b>  | 0.217    | 0.15      | 0.142    | 0.12      | 0.096    | 0.07      | -0.165   | -0.13     | 0.243    | 0.21      | 0.364    | 0.26      |
| <b>c2</b>  | 0.241    | 0.16      | 0.083    | 0.07      | 0.040    | 0.03      | -0.084   | -0.07     | 0.210    | 0.18      | 0.651    | 0.45      |
| <b>c3</b>  | 0.133    | 0.09      | -0.058   | -0.05     | -0.074   | -0.05     | -0.093   | -0.07     | 0.087    | 0.08      | 0.737    | 0.48      |
| <b>C4</b>  | -0.064   | -0.04     | -0.270   | -0.23     | -0.098   | -0.07     | -0.061   | -0.05     | 0.114    | 0.10      | 0.859    | 0.62      |
| <b>NG2</b> | 0.445    | 0.39      | -0.230   | -0.21     | 0.196    | 0.14      | 0.042    | 0.03      | -0.714   | -0.85     | -0.044   | -0.05     |
| <b>C5</b>  | -0.139   | -0.09     | -0.317   | -0.27     | -0.222   | -0.15     | -0.085   | -0.07     | 0.025    | 0.02      | 0.813    | 0.58      |
| <b>C6</b>  | -0.245   | -0.17     | -0.322   | -0.29     | -0.399   | -0.28     | -0.112   | -0.09     | -0.196   | -0.17     | 0.563    | 0.32      |
| <b>C7</b>  | -0.199   | -0.14     | -0.244   | -0.22     | -0.292   | -0.22     | -0.115   | -0.09     | -0.126   | -0.11     | 0.543    | 0.32      |
| <b>C8</b>  | -0.226   | -0.17     | -0.260   | -0.25     | -0.325   | -0.26     | -0.086   | -0.07     | -0.259   | -0.24     | 0.342    | 0.14      |
| <b>C9</b>  | 0.113    | 0.09      | 0.065    | 0.06      | -0.147   | -0.12     | -0.094   | -0.07     | -0.087   | -0.09     | 0.255    | 0.09      |
| <b>C10</b> | 0.171    | 0.19      | 0.168    | 0.23      | -0.127   | -0.15     | -0.050   | -0.03     | -0.438   | -0.67     | -0.107   | -0.02     |
| <b>C11</b> | 0.147    | 0.13      | 0.067    | 0.07      | -0.031   | -0.04     | -0.075   | -0.05     | -0.126   | -0.14     | 0.211    | 0.06      |
| <b>C12</b> | 0.096    | 0.11      | -0.039   | -0.05     | -0.055   | -0.04     | -0.088   | -0.05     | -0.386   | -0.59     | 0.013    | 0.00      |
| <b>C13</b> | 0.175    | 0.19      | 0.041    | 0.06      | -0.005   | -0.01     | -0.042   | -0.02     | -0.383   | -0.58     | 0.020    | 0.00      |
| <b>C14</b> | 0.183    | 0.21      | 0.051    | 0.06      | 0.013    | 0.02      | -0.046   | -0.04     | -0.455   | -0.67     | -0.069   | -0.12     |
| <b>C15</b> | 0.366    | 0.35      | 0.274    | 0.27      | 0.249    | 0.29      | -0.007   | -0.01     | -0.468   | -0.63     | -0.030   | -0.04     |
| <b>C16</b> | -0.058   | -0.04     | -0.105   | -0.09     | -0.188   | -0.13     | -0.063   | -0.05     | 0.059    | 0.05      | 0.557    | 0.40      |
| <b>C17</b> | 0.035    | 0.02      | 0.010    | 0.01      | -0.243   | -0.17     | -0.180   | -0.15     | -0.51    | -0.04     | 0.258    | 0.17      |
| <b>NG3</b> | 0.429    | 0.37      | -0.098   | -0.09     | 0.197    | 0.17      | 0.084    | 0.05      | -0.597   | -0.71     | 0.052    | 0.06      |

| NO         | J        |           | K        |           | M        |           |
|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|            | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b> | 0.063    | 0.04      | 0.148    | 0.12      | -0.650   | -0.48     |
| <b>c1</b>  | 0.181    | 0.13      | 0.063    | 0.05      | 0.146    | 0.09      |
| <b>c2</b>  | 0.278    | 0.20      | 0.104    | 0.09      | 0.155    | 0.09      |
| <b>c3</b>  | 0.294    | 0.21      | 0.090    | 0.08      | -0.132   | -0.08     |
| <b>C4</b>  | 0.326    | 0.23      | 0.060    | 0.05      | -0.078   | -0.05     |
| <b>NG2</b> | 0.495    | 0.35      | 0.350    | 0.29      | -0.375   | -0.28     |
| <b>C5</b>  | 0.317    | 0.22      | 0.026    | 0.02      | -0.165   | -0.10     |
| <b>C6</b>  | 0.259    | 0.19      | -0.102   | -0.09     | -0.455   | -0.29     |
| <b>C7</b>  | 0.301    | 0.22      | 0.001    | 0.00      | -0.369   | -0.24     |
| <b>C8</b>  | 0.288    | 0.23      | -0.060   | -0.06     | -0.456   | -0.31     |
| <b>C9</b>  | 0.352    | 0.29      | 0.081    | 0.08      | -0.215   | -0.15     |
| <b>C10</b> | 0.308    | 0.38      | 0.025    | 0.03      | -0.388   | -0.40     |
| <b>C11</b> | 0.350    | 0.33      | 0.134    | 0.14      | -0.174   | -0.14     |
| <b>C12</b> | 0.319    | 0.40      | 0.049    | 0.07      | -0.331   | -0.35     |
| <b>C13</b> | 0.293    | 0.37      | 0.100    | 0.14      | -0.343   | -0.37     |
| <b>C14</b> | 0.304    | 0.33      | 0.086    | 0.11      | -0.337   | -0.38     |
| <b>C15</b> | 0.300    | 0.26      | 0.116    | 0.11      | -0.294   | -0.26     |
| <b>C16</b> | 0.355    | 0.25      | 0.031    | 0.03      | -0.175   | -0.11     |
| <b>C17</b> | 0.267    | 0.19      | 0.011    | 0.01      | -0.164   | -0.10     |
| <b>NG3</b> | 0.266    | 0.19      | 0.129    | 0.11      | -0.185   | -0.14     |

| NO <sub>2</sub> | C        |           | D        |           | F        |           | G        |           | H        |           | I        |           |
|-----------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|                 | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b>      | 0.378    | 0.28      | 0.290    | 0.22      | 0.419    | 0.32      | 0.195    | 0.13      | 0.384    | 0.39      | 0.400    | 0.40      |
| <b>c1</b>       | 0.363    | 0.30      | -0.611   | -0.51     | 0.262    | 0.24      | 0.506    | 0.41      | 0.464    | 0.36      | -0.377   | -0.19     |
| <b>c2</b>       | 0.232    | 0.19      | -0.398   | -0.35     | 0.215    | 0.18      | -0.173   | -0.12     | 0.132    | 0.12      | -0.155   | -0.05     |
| <b>c3</b>       | 0.187    | 0.16      | -0.276   | -0.26     | 0.128    | 0.11      | -0.332   | -0.27     | 0.205    | 0.20      | 0.175    | 0.08      |
| <b>C4</b>       | 0.378    | 0.30      | -0.863   | -0.74     | 0.110    | 0.05      | -0.098   | -0.08     | -0.385   | -0.32     | -1.406   | -1.36     |
| <b>NG2</b>      | 0.431    | 0.32      | 0.151    | 0.12      | 0.308    | 0.24      | -0.037   | -0.03     | 0.220    | 0.23      | 0.264    | 0.26      |
| <b>C5</b>       | 0.311    | 0.25      | -0.882   | -0.75     | 0.042    | 0.04      | -0.272   | -0.20     | -0.275   | -0.26     | -1.459   | -1.40     |
| <b>C6</b>       | -0.043   | -0.04     | -0.360   | -0.35     | -0.095   | -0.09     | -0.486   | -0.45     | 0.069    | 0.07      | 0.262    | 0.15      |
| <b>C7</b>       | 0.202    | 0.16      | -0.539   | -0.43     | 0.212    | 0.20      | -0.231   | -0.18     | -0.382   | -0.32     | -0.969   | -0.94     |
| <b>C8</b>       | -0.036   | -0.03     | -0.249   | -0.26     | -0.217   | -0.15     | -0.449   | -0.40     | 0.111    | 0.13      | 0.119    | 0.05      |
| <b>C9</b>       | 0.220    | 0.18      | -0.210   | -0.18     | 0.004    | 0.00      | -0.156   | -0.13     | -0.043   | -0.05     | -0.384   | -0.42     |
| <b>C10</b>      | 0.209    | 0.21      | 0.079    | 0.09      | 0.039    | 0.04      | -0.342   | -0.29     | 0.110    | 0.14      | 0.013    | 0.00      |
| <b>C11</b>      | 0.141    | 0.12      | -0.054   | -0.05     | 0.125    | 0.13      | -0.144   | -0.12     | 0.017    | 0.02      | -0.151   | -0.17     |
| <b>C12</b>      | 0.087    | 0.10      | -0.047   | -0.06     | -0.047   | -0.07     | -0.257   | -0.18     | 0.086    | 0.12      | 0.031    | 0.01      |
| <b>C13</b>      | 0.115    | 0.10      | -0.008   | -0.01     | 0.045    | 0.04      | -0.081   | -0.07     | 0.172    | 0.20      | 0.037    | 0.04      |
| <b>C14</b>      | 0.094    | 0.09      | 0.000    | 0.00      | -0.106   | -0.11     | -0.227   | -0.22     | 0.043    | 0.05      | -0.019   | -0.02     |
| <b>C15</b>      | 0.103    | 0.09      | 0.087    | 0.07      | -0.038   | -0.04     | -0.146   | -0.12     | 0.098    | 0.11      | 0.105    | 0.12      |
| <b>C16</b>      | 0.229    | 0.18      | -1.048   | -0.90     | -0.420   | -0.42     | -0.228   | -0.18     | -0.271   | -0.27     | -        | -         |
| <b>C17</b>      | 0.176    | 0.15      | -0.205   | -0.19     | -0.052   | -0.04     | -0.389   | -0.31     | 0.070    | 0.07      | -0.547   | -0.24     |
| <b>NG3</b>      | 0.359    | 0.26      | 0.116    | 0.09      | 0.242    | 0.19      | -0.041   | -0.03     | 0.192    | 0.20      | 0.242    | 0.24      |

| NO <sub>2</sub> | J        |           | K        |           | M        |           |
|-----------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|                 | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b>      | 0.258    | 0.18      | 0.276    | 0.20      | 0.268    | 0.18      |
| <b>c1</b>       | 0.053    | 0.04      | -0.020   | -0.02     | 0.261    | 0.20      |
| <b>c2</b>       | 0.017    | 0.01      | -0.087   | -0.08     | 0.256    | 0.20      |
| <b>c3</b>       | 0.165    | 0.15      | -0.012   | -0.01     | 0.334    | 0.25      |
| <b>C4</b>       | -0.220   | -0.17     | -0.262   | -0.22     | -0.053   | -0.04     |
| <b>NG2</b>      | 0.120    | 0.08      | 0.200    | 0.14      | 0.109    | 0.07      |
| <b>C5</b>       | -0.080   | -0.06     | -0.168   | -0.14     | -0.216   | -0.17     |
| <b>C6</b>       | 0.224    | 0.20      | -0.066   | -0.07     | 0.212    | 0.15      |
| <b>C7</b>       | -0.112   | -0.08     | -0.147   | -0.12     | 0.055    | 0.04      |
| <b>C8</b>       | 0.255    | 0.25      | -0.007   | -0.01     | 0.278    | 0.22      |
| <b>C9</b>       | 0.075    | 0.06      | -0.005   | 0.00      | 0.136    | 0.10      |
| <b>C10</b>      | 0.293    | 0.31      | 0.100    | 0.12      | 0.363    | 0.30      |
| <b>C11</b>      | 0.053    | 0.04      | 0.071    | 0.06      | 0.121    | 0.09      |
| <b>C12</b>      | 0.152    | 0.19      | 0.070    | 0.09      | 0.271    | 0.28      |
| <b>C13</b>      | 0.110    | 0.08      | 0.115    | 0.10      | 0.125    | 0.10      |
| <b>C14</b>      | 0.091    | 0.11      | 0.035    | 0.03      | 0.096    | 0.08      |
| <b>C15</b>      | 0.123    | 0.10      | 0.158    | 0.13      | 0.077    | 0.06      |
| <b>C16</b>      | -0.315   | -0.24     | -0.364   | -0.31     | -0.258   | -0.20     |
| <b>C17</b>      | 0.217    | 0.19      | -0.032   | -0.03     | 0.361    | 0.26      |
| <b>NG3</b>      | 0.054    | 0.04      | 0.232    | 0.17      | 0.071    | 0.05      |

| O <sub>3</sub> | C        |           | D        |           | E        |           | F        |           | G        |           | H        |           |
|----------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|                | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b>     | -0.15    | -0.10     | -0.13    | -0.08     | 0.54     | 0.29      | 0.03     | 0.02      | -0.17    | -0.10     | 0.03     | 0.02      |
| <b>c1</b>      | 0.06     | 0.05      | -0.25    | -0.20     | 0.13     | 0.10      | -0.09    | -0.08     | 0.32     | 0.25      | 1.15     | 0.79      |
| <b>c2</b>      | 0.12     | 0.09      | -0.14    | -0.12     | 0.26     | 0.21      | 0.03     | 0.02      | 0.50     | 0.43      | 1.23     | 0.92      |
| <b>c3</b>      | 0.05     | 0.04      | -0.14    | -0.12     | 0.34     | 0.28      | -0.01    | -0.01     | 0.49     | 0.39      | 1.31     | 1.03      |
| <b>C4</b>      | 0.06     | 0.04      | -0.20    | -0.16     | 0.37     | 0.29      | 0.08     | 0.05      | -0.06    | -0.05     | 1.11     | 0.97      |
| <b>C5</b>      | 0.09     | 0.05      | -0.28    | -0.20     | 0.30     | 0.20      | 0.12     | 0.07      | -0.34    | -0.23     | 0.91     | 0.82      |
| <b>C6</b>      | 0.18     | 0.09      | -0.28    | -0.18     | 0.25     | 0.15      | 0.27     | 0.14      | -0.42    | -0.26     | 0.72     | 0.62      |
| <b>NG2</b>     | 0.32     | 0.21      | -0.09    | -0.05     | 0.47     | 0.25      | 0.07     | 0.05      | 0.03     | 0.02      | 0.07     | 0.05      |

| O <sub>3</sub> | I        |           | J        |           | K        |           |
|----------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|                | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer | z'-score | En-Nummer |
| <b>NG1</b>     | 0.00     | 0.00      | 0.58     | 0.34      | 0.43     | 0.24      |
| <b>c1</b>      | -0.30    | -0.24     | 0.05     | 0.04      | -0.02    | -0.02     |
| <b>c2</b>      | -0.20    | -0.17     | 0.21     | 0.18      | 0.06     | 0.05      |
| <b>c3</b>      | -0.20    | -0.16     | 0.36     | 0.31      | 0.08     | 0.07      |
| <b>C4</b>      | -0.19    | -0.14     | 0.43     | 0.35      | 0.19     | 0.15      |
| <b>C5</b>      | -0.16    | -0.11     | 0.54     | 0.39      | 0.29     | 0.20      |
| <b>C6</b>      | -0.14    | -0.08     | 0.60     | 0.39      | 0.35     | 0.23      |
| <b>NG2</b>     | 0.02     | 0.01      | 0.94     | 0.55      | 0.41     | 0.23      |



**Umweltbundesamt GmbH**

Spittelauer Lände 5  
1090 Wien/Österreich

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

[office@umweltbundesamt.at](mailto:office@umweltbundesamt.at)  
[www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at)