

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmessereinrichtung N400 der Firma Teledyne API für die Komponente Ozon

TÜV-Bericht: EuL/21255654/D
Köln, 28. August 2023

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energy GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz für die Arbeitsgebiete:

- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen und Geruchsstoffen;
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmessgeräte einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung;
- Feuerraummessungen;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung
- Bestimmung der Schornsteinhöhen und Immissionsprognosen für Schadstoffe und Geruchsstoffe;
- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen und Vibrationen, Bestimmung von Schalleistungspegeln und Durchführung von Schallmessungen an Windenergieanlagen

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Die Akkreditierung hat die DAkKS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00 und gilt für den in der Urkundenanlage festgelegten Umfang.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

**TÜV Rheinland Energy GmbH
D - 51105 Köln, Am Grauen Stein,
Tel: 0221 806-5200, Fax: 0221 806-1349**

Leerseite



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung N400 der Firma Teledyne API für die Komponente Ozon

Geprüftes Gerät:	N400
Hersteller:	Teledyne API 9970 Carrol Canyon Road San Diego, Kalifornien, 92131 USA
Prüfzeitraum:	April 2023 bis August 2023
Berichtsdatum:	28. August 2023
Berichtsnummer:	EuL/21255654/D
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Martin Schneider Tel.: +49 221 806-1614 martin.schneider@de.tuv.com
Berichtsumfang:	Bericht: 123 Seiten Handbuch ab Seite 131 Handbuch mit 130 Seiten Gesamt 261 Seiten



TÜVRheinland[®]

Genau. Richtig.

Seite 4 von 261

TÜV Rheinland Energy GmbH

Luftreinhaltung

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung N400 der
Firma Teledyne API für die Komponente Ozon,
Berichts-Nr.: EuL/21255654/D

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG	12
1.1	Kurzfassung	12
1.2	Bekanntgabevorschlag	13
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	14
2.	AUFGABENSTELLUNG	20
2.1	Art der Prüfung	20
2.2	Zielsetzung	20
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG	21
3.1	Messprinzip	21
3.2	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	22
3.3	Einstellungen des Messgerätes	25
3.4	Alternative Baugruppe	26
4.	PRÜFPROGRAMM	27
4.1	Allgemeines	27
4.2	Laborprüfung	28
4.3	Feldprüfung	28
5.	REFERENZMESSVERFAHREN	31
5.1	Messverfahren	31
6.	PRÜFERGEBNISSE NACH VDI 4202 BLATT 1 (2018)	32
6.1	7.3 Allgemeine Anforderungen	32
6.1	7.3.1 Messwertanzeige	32
6.1	7.3.2 Kalibriereingang	33
6.1	7.3.3 Wartungsfreundlichkeit	34
6.1	7.3.4 Funktionskontrolle	35



6.1	7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	36
6.1	7.3.6 Bauart	37
6.1	7.3.7 Unbefugtes Verstellen	38
6.1	7.3.8 Messsignalausgang	39
6.1	7.3.9 Digitale Schnittstelle	40
6.1	7.3.10 Datenübertragungsprotokoll	41
6.1	7.3.11 Messbereich	42
6.1	7.3.12 Negative Messsignale	43
6.1	7.3.13 Stromausfall	44
6.1	7.3.14 Gerätefunktionen	45
6.1	7.3.15 Umschaltung	46
6.1	7.3.16 Gerätesoftware	47
6.1	7.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung	48
6.1	7.4.1 Allgemeines	48
6.1	7.4.2 Prüfbedingungen	49
6.1	7.4.3 Einstellzeit und Memory-Effekt	51
6.1	7.4.4 Kurzzeitdrift	52
6.1	7.4.5 Wiederholstandardabweichung	53
6.1	7.4.6 Linearität	54
6.1	7.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	55
6.1	7.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	56
6.1	7.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	57
6.1	7.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	58
6.1	7.4.11 Querempfindlichkeit	59
6.1	7.4.12 Mittelungseinfluss	60
6.1	7.4.13 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	61

6.1	7.4.14 Konverterwirkungsgrad	62
6.1	7.4.15 Verweilzeit im Messgerät	63
6.1	7.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung	64
6.1	7.5.1 Allgemeines	64
6.1	7.5.2 Standort für die Feldprüfungen.....	65
6.1	7.5.3 Betriebsanforderungen.....	66
6.1	7.5.4 Langzeitdrift	67
6.1	7.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	68
6.1	7.5.6 Kontrollintervall	69
6.1	7.5.7 Verfügbarkeit	70
6.1	7.5.8 Konverterwirkungsgrad	71
6.1	7.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit.....	72
7.	PRÜFERGEBNISSE NACH DIN EN 14625 (2012)	73
7.1	8.4.3 Einstellzeit.....	73
7.1	8.4.4 Kurzzeitdrift.....	77
7.1	8.4.5 Wiederholstandardabweichung	81
7.1	8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	84
7.1	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	89
7.1	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	91
7.1	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	93
7.1	8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	96
7.1	8.4.11 Störkomponenten.....	98
7.1	8.4.12 Mittelungsprüfung	101
7.1	8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang	104
7.1	8.4.14 Verweilzeit im Messgerät	106
7.1	8.5.4 Langzeitdrift	107



7.1	8.5.5 Vergleichstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen	110
7.1	8.5.6 Kontrollintervall	113
7.1	8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes.....	114
7.1	8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012).....	116
8.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ	121
9.	LITERATURVERZEICHNIS	122
10.	ANLAGEN	123

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geprüfter Messbereich.....	12
Tabelle 2:	Gerätetechnische Daten N400 (Herstellerangaben).....	25
Tabelle 3:	Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14625.....	42
Tabelle 4:	Einstellzeiten der Messeinrichtung N400 für Ozon.....	75
Tabelle 5:	Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente Ozon.....	76
Tabelle 6:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift.....	78
Tabelle 7:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe.....	79
Tabelle 8:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe.....	80
Tabelle 9:	Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt.....	82
Tabelle 10:	Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung.....	83
Tabelle 11:	Abweichungen der Analysenfunktion für Ozon.....	86
Tabelle 12:	Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung.....	88
Tabelle 13:	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks.....	90
Tabelle 14:	Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks.....	90
Tabelle 15:	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	92
Tabelle 16:	Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur.....	92
Tabelle 17:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.....	94
Tabelle 18:	Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur.....	95
Tabelle 19:	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung.....	97
Tabelle 20:	Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung.....	97
Tabelle 21:	Störkomponenten nach DIN EN 14625.....	99
Tabelle 22:	Einfluss der geprüften Störkomponenten ($c_t = 120 \text{ nmol/mol}$).....	99
Tabelle 23:	Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten.....	100
Tabelle 24:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung.....	102
Tabelle 25:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss.....	103
Tabelle 26:	Ergebnisse der Differenz zwischen Proben-/Kalibriereingang.....	104
Tabelle 27:	Einzelwerte der Prüfung der Differenz zwischen Proben und Kalibriergaseingang.....	105
Tabelle 28:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt.....	108
Tabelle 29:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt.....	108
Tabelle 30:	Einzelwerte der Driftuntersuchungen.....	109
Tabelle 31:	Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung auf Basis aller Daten aus dem Feldtest.....	111
Tabelle 32:	Verfügbarkeit des Messgerätes N400.....	115
Tabelle 33:	Leistungsanforderungen nach DIN EN 14625.....	117
Tabelle 34:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 1.....	119
Tabelle 35:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für Gerät 1.....	119
Tabelle 36:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 2.....	120
Tabelle 37:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für Gerät 2.....	120
Tabelle 38:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Mai 2023.....	126
Tabelle 39:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juni 2023.....	127
Tabelle 40:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juli 2023.....	128
Tabelle 41:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat August 2023.....	129
Tabelle 42:	Messdaten bei Prüfgasaufgabe mit alternativem Partikelfilter.....	130



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung des N400 Analysators.....	21
Abbildung 2:	N400 Ozon Absorptionspfad.....	23
Abbildung 3:	Pneumatisches Diagramm N400	23
Abbildung 4:	Aufbau des N400 Analysators	24
Abbildung 5:	DFU Filter (links) und 47 mm Rundfilter (rechts).....	26
Abbildung 6:	Softwareversion der N400 Testgeräte	27
Abbildung 7:	Messstation zur Durchführung des Feldtests	29
Abbildung 8:	N400 in der Messstation während des Feldtests.....	30
Abbildung 9:	N400 Testgeräte mit Messwertanzeige.....	32
Abbildung 10:	Veranschaulichung der Einstellzeit.....	74
Abbildung 11:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1	86
Abbildung 12:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2.....	87
Abbildung 13:	Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{O_3} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$).....	102
Abbildung 14:	Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung im Feld	112
Abbildung 15:	Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018.....	124

Leerseite



1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Im Auftrag der Firma Teledyne API führte die TÜV Rheinland Energy GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung N400 für die Komponente Ozon durch. Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI 4202 Blatt 1: Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- DIN EN 14625: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie vom Dezember 2012

Die Messeinrichtung N400 misst die Komponente Ozon mittels der Ultraviolett Photometrie-Methode. Das Messprinzip entspricht somit dem EU Referenzverfahren gemäß DIN EN 14625. Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines dreimonatigen Feldtests in Köln. Der geprüfte Messbereich war wie folgt:

Tabelle 1: Geprüfter Messbereich

Messkomponente	Messbereich in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ¹⁾	Messbereich in [ppb] bzw. [nmol/mol]
Ozon	0–500	0 - 250

¹⁾ Die Angaben beziehen sich auf 20 °C und 101,3 kPa

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Rheinland Energy GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immissionskonzentrationen von Ozon vorgeschlagen.

1.2 Bekanntgabevorschlag

Aufgrund der erzielten positiven Ergebnisse wird folgende Empfehlung für die Bekanntgabe als eignungsgeprüfte Messeinrichtung ausgesprochen:

Messeinrichtung:

N400 für Ozon

Hersteller:

Teledyne API, San Diego, USA

Eignung:

Zur kontinuierlichen Bestimmung der Immissionskonzentrationen von Ozon in der Außenluft im stationären Einsatz

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Ozon	0–500	µg/m ³

Softwareversion:

Rev. 1.11.1

Einschränkung:

keine

Hinweis:

1. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.gal1.de einsehbar.
2. Die Messeinrichtung ist für einen Umgebungstemperaturbereich von 0 – 45 °C zugelassen.
3. Die Messeinrichtung N400 kann sowohl mit einem Standard Teflon Partikelfilter mit einer Porengröße von 5 µm und einem Durchmesser von 47 mm als auch mit einer DFU Filterkartusche mit einer Porengröße von 0,01 µm ausgerüstet werden.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energy GmbH, Köln

Bericht-Nr.: EuL/21255654/D vom 28. August 2023

**1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse**

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7 Leistungskriterien				
7.3 Allgemeine Anforderungen				
7.3.1 Messwertanzeige	Die Messeinrichtung muss eine funktionsfähige Messwertanzeige am Gerät besitzen.	Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes.	ja	32
7.3.2 Kalibrieringang	Das Messgerät darf über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügen.	Die Messeinrichtung verfügt über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang an der Rückseite des Gerätes.	ja	33
7.3.3 Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.	ja	34
7.3.4 Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Das geprüfte Gerät besitzt keine interne Einrichtung zur Funktionskontrolle.	nicht zutreffend	35
7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	36
7.3.6 Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	37
7.3.7 Unbefugtes Verstellen	Muss Sicherung dagegen enthalten.	Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern durch einen Passwortschutz gesichert.	ja	38
7.3.8 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (0 – 20 mA, 4 – 20 mA bzw. 0 – 1V, 0 – 5 V, 0 – 10 V) und digital (über TCP/IP, RS 232, USB) angeboten.	ja	39
7.3.9 Digitale Schnittstelle	Die digitale Schnittstelle muss die Übertragung der Messsignale, Statussignale usw. erlauben. Der Zugriff auf das Messgerät muss gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.	Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.	ja	40

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7.3.10 Datenübertragungsprotokoll	Müssen den Anforderungen aus Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 entsprechen.	Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Bayern/Hessen Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt. Die Konfiguration ist im Handbuch in Anhang A ab Seite 131 aufgeführt.	ja	41
7.3.11 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 250 ppb (500 µg/m³) für Ozon eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 10 ppm sind möglich. Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	42
7.3.12 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Die Messeinrichtung kann negative Messsignale ausgeben.	ja	43
7.3.13 Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand bei Spannungswiederkehr muss gesichert sein und Messung muss fortgesetzt werden.	Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort. Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig von der Dauer des Stromausfalls.	ja	44
7.3.14 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtung kann mittels verschiedener Anschlussmöglichkeiten von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.	ja	45
7.3.15 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell auslösbar sein.	Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht werden.	ja	46
7.3.16 Gerätesoftware	Muss beim Einschalten angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.	Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.	ja	47



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7.4 Anforderungen an die Leistungskenngrößen für die Laborprüfung				
7.4.1 Allgemeines	Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.	ja	48
7.4.2 Prüfbedingungen	Muss den Kriterien der VDI 4202-1:2018 entsprechen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.	ja	49
Die Zusammenfassung der Auswertung der Leistungskenngrößen im Labor erfolgt unter 8.4				
7.5 Anforderungen an die Leistungskenngrößen für die Feldprüfung				
7.5.1 Allgemeines	Muss den Kriterien der VDI 4202-1:2018 entsprechen.	Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.	ja	64
7.5.2 Standort für die Feldprüfungen	Die Messstation für die Feldprüfung ist unter Berücksichtigung der Anforderungen der 39. BImSchV so auszuwählen, dass die zu erwartenden Konzentrationen der Messkomponente der vorgesehenen Aufgabenstellung entsprechen. Die Einrichtung der Messstation muss die Durchführung der Feldprüfung erlauben und im Rahmen der Messplanung als notwendig erachtete Kriterien erfüllen.	Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurde die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt. Details zum Standort der Messstation sind in Kapitel 4.3 aufgeführt.	ja	65
7.5.3 Betriebsanforderungen	Die Messgeräte sind in der Messstation einzubauen und nach Anschluss an die dort vorhandene oder eine separate Probenahmeeinrichtung ordnungsgemäß in Betrieb zu nehmen. Die Einstellungen des Messgerätes müssen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.	Während des Feldtest wurde die Messeinrichtung nach den Angaben des Herstellers betrieben und gewartet.	ja	66
Die Zusammenfassung der Auswertung der Leistungskenngrößen im Feld erfolgt unter 8.5				

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor nach DIN EN 14625				
8.4.3 Einstellzeit	Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) jeweils ≤ 180 s. Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit 10 s.	Die maximal zulässige Einstellzeit von 180 s wird in allen Fällen deutlich unterschritten. Die maximal ermittelte Einstellzeit beträgt für Gerät 1: 31 s und für Gerät 2: 36 s.	ja	73
8.4.4 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift bei Null darf $\leq 2,0$ nmol/mol/12 h betragen Die Kurzzeitdrift beim Span-Niveau darf $\leq 6,0$ nmol/mol/12 h betragen.	Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von 0,55 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,62 nmol/mol für Gerät 2. Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -2,09 nmol/mol für Gerät 1 sowie -2,05 nmol/mol für Gerät 2.	ja	77
8.4.5 Wiederholstandardabweichung	Die Wiederholstandardabweichung muss sowohl das Leistungskriterium bei Null $\leq 1,0$ nmol/mol als auch bei der Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt $\leq 3,0$ nmol/mol erfüllen.	Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,86 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,57 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 1,63 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,48 nmol/mol für Gerät 2.	ja	81
8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 5,0 nmol/mol am Nullpunkt sowie maximal 4 % des Messwertes bei Konzentrationen größer Null betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,03 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 2,33 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,22 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 1,98 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.	ja	84
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks muss $\leq 2,0$ nmol/mol/kPa betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,29 nmol/mol/kPa. Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,26 nmol/mol/kPa.	ja	89



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 1,0$ nmol/mol/K betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,04 nmol/mol/K. Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,04 nmol/mol/K.	ja	91
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 1,0$ nmol/mol/K betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient bst der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 1,0 nmol/mol/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient bst gewählt. Dies sind für Gerät 1: 0,167 nmol/mol/K und für Gerät 2: 0,161 nmol/mol/K.	ja	93
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung muss $\leq 0,30$ nmol/mol/V betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14625 von maximal 0,3 nmol/mol/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Dies sind für Gerät 1: 0,01 nmol/mol/V und für Gerät 2: 0,02 nmol/mol/V.	ja	96
8.4.11 Störkomponenten	Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration c_t . Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponente H ₂ O beträgt $\leq 10,0$ nmol/mol sowie für Toluol und m-Xylol, betragen je $\leq 5,0$ nmol/mol.	Es ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von - 0,47 nmol/mol für Gerät 1 sowie - 0,31 nmol/mol für Gerät 2 bei H ₂ O, 3,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,29 nmol/mol für Gerät 2 bei Toluol, 3,13 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,61 nmol/mol für Gerät 2 bei m-Xylol. Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich ein Wert von - 0,99 nmol/mol für Gerät 1 sowie - 0,68 nmol/mol für Gerät 2 bei H ₂ O, 2,81 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,60 nmol/mol für Gerät 2 bei Toluol, 2,03 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,19 nmol/mol für Gerät 2 bei m-Xylol.	ja	98
8.4.12 Mittelungsprüfung	Der Mittelungseinfluss muss bei ≤ 7 % des Messwertes liegen.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14625 wird in vollem Umfang eingehalten.	ja	101

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang	Die Differenz zwischen Proben- und Kalibriergaseingang muss $\leq 1\%$ sein.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14625 wird mit einer maximalen Abweichung von 0,17 % bzw. -0,47 % in vollem Umfang eingehalten.	ja	104
8.4.14 Verweilzeit im Messgerät	Die Verweilzeit im Messgerät muss $\leq 3,0$ s sein.	Es ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von ca. 2 s.	ja	106
8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld nach DIN EN 14625				
8.5.4 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift bei Null darf maximal $\leq 5,0$ nmol/mol betragen. Die Langzeitdrift beim Spannniveau darf maximal $\leq 5\%$ des Zertifizierungsbereiches betragen.	Die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt DI,z liegt bei -1,77 nmol/mol für Gerät 1 und -1,61 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift am Referenzpunkt DI,s liegt bei -2,53 % für Gerät 1 und -1,29 % für Gerät 2.	ja	107
8.5.6 Kontrollintervall	Das Wartungsintervall muss mindestens 2 Wochen betragen.	Das Kontrollintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt. Diese beschränken sich im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen. Der Partikelfilter muss ja nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14625 mindestens alle 14 Tage erfolgen.	ja	113
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen darf maximal $\leq 5\%$ des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten betragen.	Die Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen betrug 2,20 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14625 eingehalten.	ja	110
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss $\geq 90\%$ betragen	Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14625 erfüllt.	ja	114



2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Firma Teledyne API wurde von der TÜV Rheinland Energy GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung N400 vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an Ozon in der Umgebungsluft in folgenden Konzentrationsbereichen bestimmen:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Ozon	0 - 500	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die Messeinrichtung N400 misst die Komponente Ozon mittels der Ultraviolett-Photometrie-Methode.

Die Eignungsprüfung war anhand der aktuellen Richtlinien zur Eignungsprüfung unter Berücksichtigung der neuesten Entwicklungen durchzuführen.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI 4202 Blatt 1: Automatische Messeinrichtungen zur Überwachung der Luftqualität; Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- DIN EN 14625: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie vom Dezember 2012

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Immissionsmesseinrichtung N400 ist ein kontinuierlicher Ozon-Analysator. Das Messprinzip basiert auf der Ultraviolett-Absorption. Das Gerät wurde zur kontinuierlichen Messung von Ozon in der Umgebungsluft entwickelt.

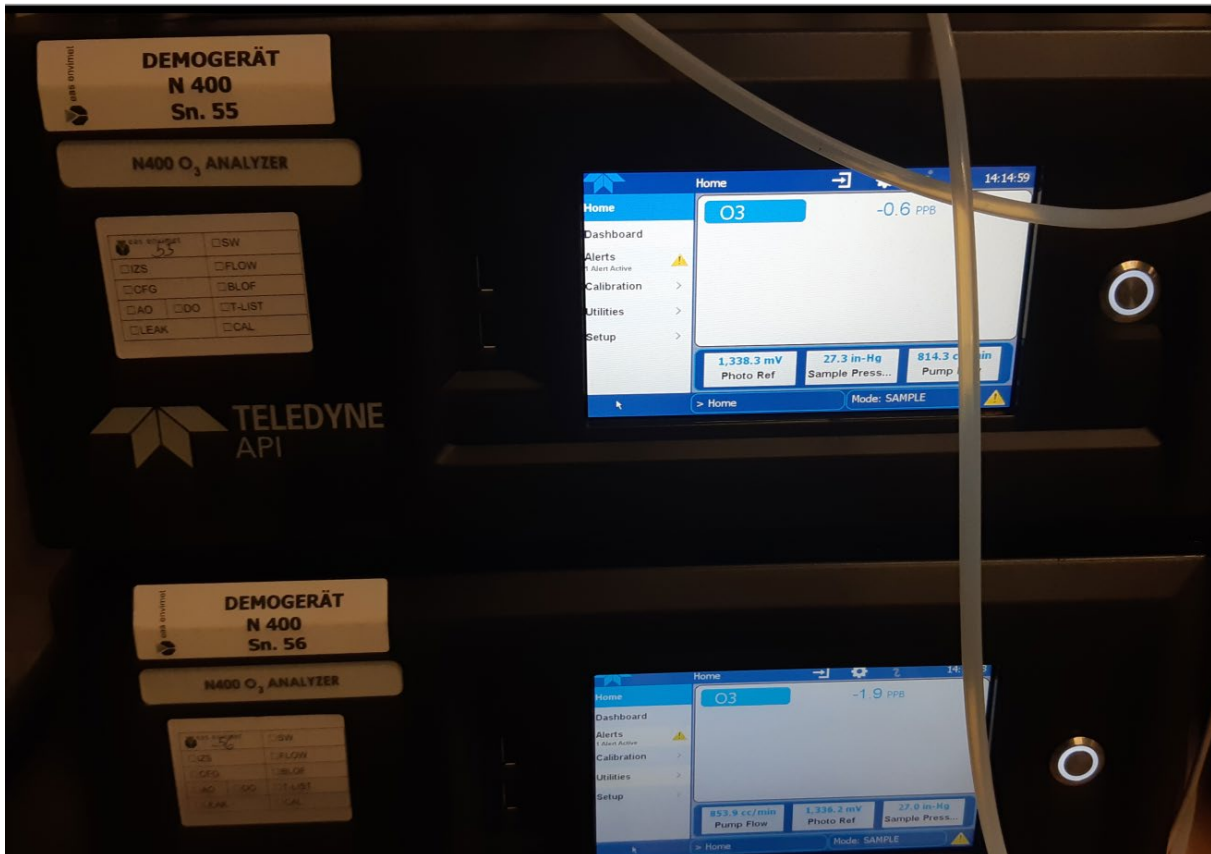


Abbildung 1: Darstellung des N400 Analysators

Das Messprinzip beruht auf der Bestimmung der Lichtabsorption durch das zu messende Gas in der für das Gas charakteristischen Wellenlängenbereich, der für die Komponente Ozon im UV Bereich bei einer Wellenlänge von 254 nm liegt. Die Auswertung erfolgt durch die Messung der Absorption auf Grundlage der Abhängigkeit zwischen der Gaskonzentration und der Menge an absorbierten Licht nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz.

Lambert-Beersches Gesetz:

$$I = I_0 * e^{-\alpha Lc} \quad \text{bei Standardtemperatur und -druck (STP)}$$

I_0 als Lichtintensität ohne Absorption.

I als Intensität mit Absorption.

L als Absorptionspfad oder Entfernung, die das Licht während der Absorption zurücklegt.

c als Konzentration des absorbierenden Gases, in diesem Fall Ozon.

α als Absorptionskoeffizient (dieser gibt Auskunft über den Grad der Absorption).



Um diese Gleichung für c zu lösen, muss sie folgendermaßen umgestellt werden:

$$c = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) * \left(\frac{1}{\alpha L}\right) \text{ bei STP}$$

Da sowohl Umgebungstemperatur als auch –druck die Dichtigkeit des Probenahmegases und damit die Anzahl der im Absorptionsröhrchen existenten Ozonmoleküle beeinflusst, wird dadurch die Menge des absorbierten Lichtes verändert.

Um diesen Effekt zu klären, wurde die Gleichung um den folgenden Zusatz erweitert:

$$c = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right) * \left(\frac{1}{\alpha L}\right) * \left(\frac{T}{273K} * \frac{29,92inHg}{p}\right)$$

T = Probertemperatur in Kelvin

p = Probedruck in Inch Quecksilber

3.2 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Der Ozon Analysator N400 bestimmt die Konzentration von Ozon (O_3) in einer in das Messgerät angesaugten Luftprobe. Im N400 wird die Intensität eines ultravioletten Lichts gemessen, nachdem es eine Messkammer, passiert hat. In dieser wird das Licht proportional zu der vorhandenen Menge an Ozon absorbiert. Alle vier Sekunden schaltet ein Wechselventil zwischen einem Gasfluss mit Ozon und einem Referenzgasfluss um, der von Ozon gereinigt wurde. Diese Messwerte werden zusammen mit Messgasdruck und -temperatur berechnet, um einen stabilen Ozon-Messwert zu liefern.

Das Photometer im N400 Analysator verwendet eine Hochleistungs-Quecksilberdampf Lampe, um einen UV-Lichtstrahl zu erzeugen. Dieser Strahl passiert ein Fenster, welches mit O_3 nicht reaktiv und durchlässig für UV-Strahlung bei 254 nm ist, und gelangt dann in das Absorptionsrohr gefüllt mit Messgas. Da Ozon die UV-Strahlung effizient absorbiert, ist der Absorptionspfad für einen messbaren Abfall von UV-Intensität lang genug (ca. 42 cm), so dass der Lichtstrahl das Absorptionsrohr nur ein Mal passieren muss. Das UV Licht passiert ein ähnliches Fenster am anderen Ende des Absorptionsrohrs und wird von einer Vakuum-Diode erkannt. Diese Diode nimmt nur Strahlung bei oder nahe einer Wellenlänge von 254 nm wahr. Die Genauigkeit des Detektors ist hoch genug, sodass kein zusätzlicher optischer Filter für UV-Licht benötigt wird. Der Detektor reagiert auf das UV-Licht und gibt eine Spannung aus, die in direktem Verhältnis zu der Lichtintensität steht. Die Spannung wird digitalisiert und an die CPU des Geräts gesendet, um für die Berechnung der O_3 -Konzentration im Absorptionsrohr verwendet zu werden.

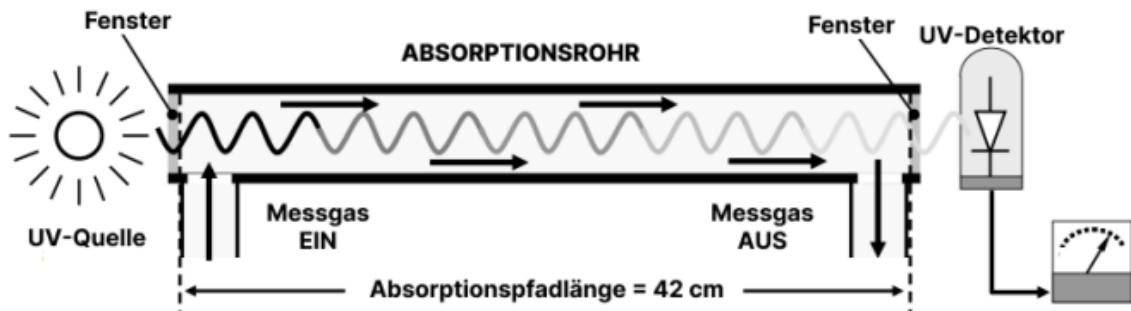


Abbildung 2: N400 Ozon Absorptionspfad

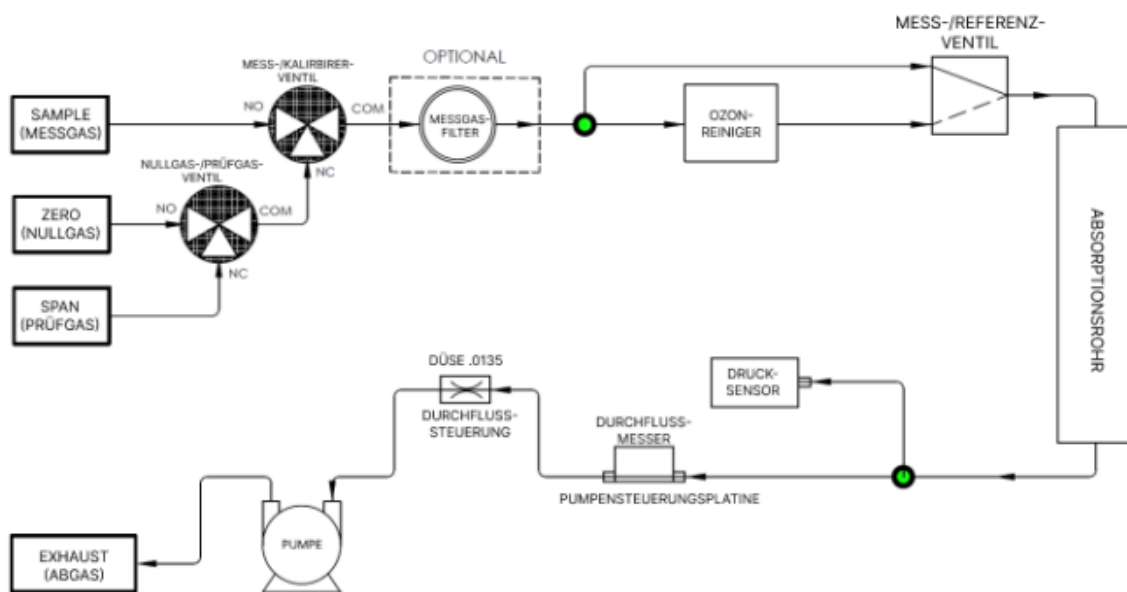


Abbildung 3: Pneumatisches Diagramm N400

Bestandteile des Analysators

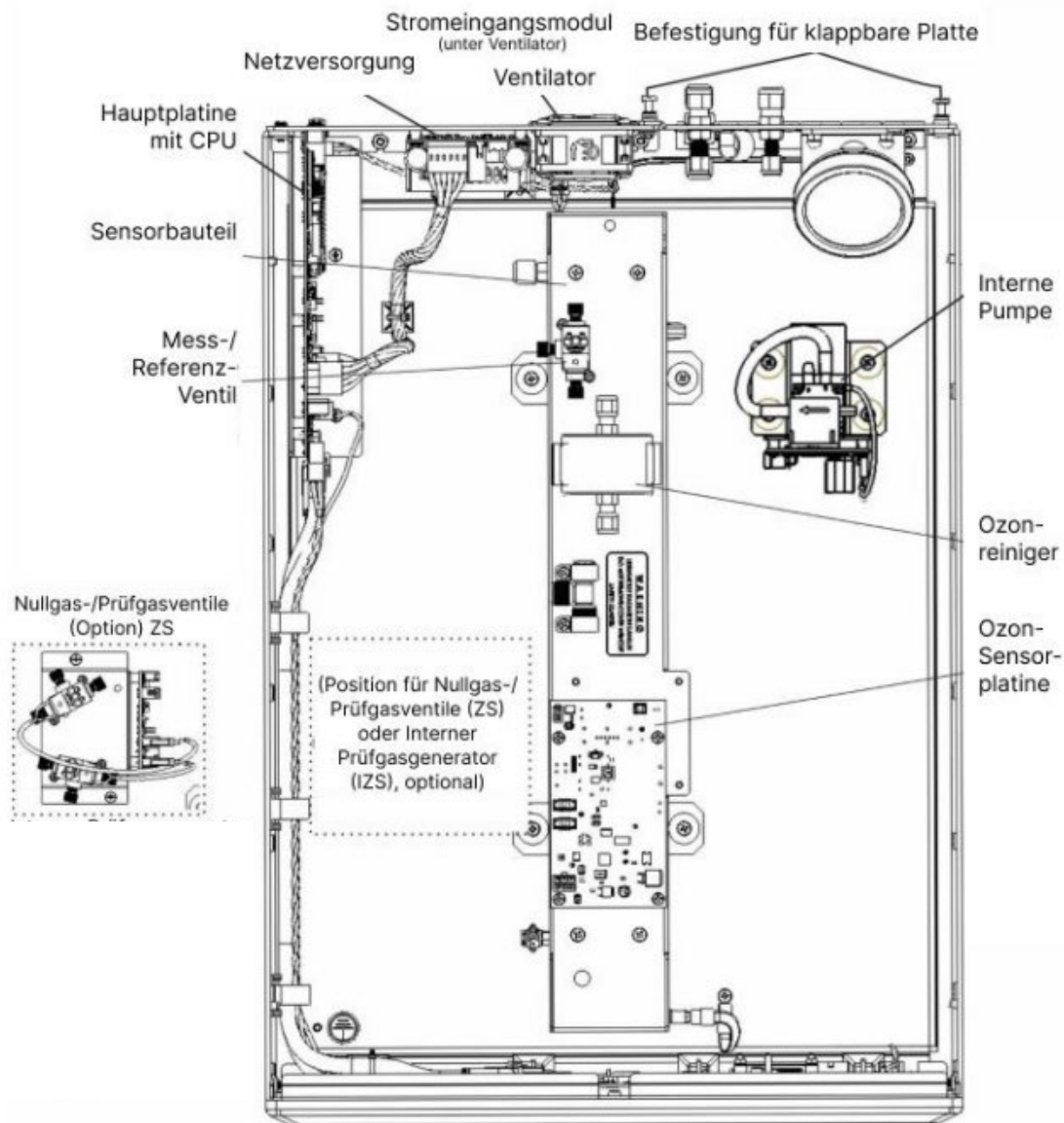


Abbildung 4: Aufbau des N400 Analysators

Die Tabelle 2 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des N400.

Tabelle 2: Gerätetechnische Daten N400 (Herstellerangaben)

Messbereich:	Maximal 0 – 10 ppm (frei programmierbar)
Einheiten:	ppb, ppm, mg/m ³ oder µg/m ³
Gemessene Verbindungen:	Ozon
Probenfluss:	ca. 0,8 Liter/min (während der Prüfung)
Ausgänge:	<ul style="list-style-type: none">• Ethernet TCP/IP• Serielle Schnittstelle, RS232• 0 – 5/10 Volt analog• 4 – 20 mA analog• USB
Eingangsspannung:	230 V oder 115 V, 50 Hz oder 60 Hz
Leistung:	100 W; maximal 170 W
Abmessungen (L x B x H) / Gewicht:	597 x 432 x 178 mm / ca. 14 kg

3.3 Einstellungen des Messgerätes

Die Inbetriebnahme der Messeinrichtung erfolgte nach den Anweisungen des Herstellers. Während der Eignungsprüfung waren keine internen Nullpunkt -Abgleichzyklen aktiviert.

Die Firmware des N400 Analysators verarbeitet Probenkonzentrationsdaten über einen programmierten adaptiven Filter. Während des Betriebs kann die Firmware je nach den jeweiligen Bedingungen automatisch zwischen zwei verschiedenen zeitlichen Filterlängen wechseln. Bei der Messung stabiler Konzentrationen berechnet die Firmware standardmäßig einen Durchschnitt über die letzten Messungen. Dies sorgt für stabile Messergebnisse. Erkennt der Filter schnelle Konzentrationsänderungen, reduziert er die Mittelungszeit um dem Analysator eine schnellere Reaktion zu ermöglichen. Der adaptive Filter ist immer aktiv und kann vom Anwender weder angepasst, noch deaktiviert werden.

3.4 Alternative Baugruppe

Partikelfilter

Die Messeinrichtung N400 besitzt einen Partikelfilter direkt hinter dem Probengaseingang. Der Partikelfilter befindet sich an einer mit zwei Schrauben gesicherten Klappe an der Rückseite des Messgerätes. Der Hersteller bietet die Messeinrichtung mit zwei verschiedenen Filtertypen an.

Die Messeinrichtung ist erhältlich mit einem Standard Teflon Partikelfilter mit einer Porengröße von 5 µm und einem Durchmesser von 47 mm. Dieser Filtertyp wird seit vielen Jahren in Immissionsmesseinrichtungen der Fa. Teledyne verwendet.

Alternativ besteht die Möglichkeit die Messeinrichtung N400 mit einer DFU Filterkartusche mit einer Porengröße von 0,01 µm zu bestücken (ein sogenannter long-life-filter). Für diesen Filter gibt der Hersteller ein Austauschintervall von bis zu 6 Monaten an. Der Wechselintervall des Partikelfilters ist natürlich abhängig von der Staubbelastung am Aufstellort und muss für jede Messstelle individuell ermittelt werden. Der Filterwechsel kann bei beiden Filterarten innerhalb weniger Minuten mit einfachem Werkzeug durchgeführt werden.

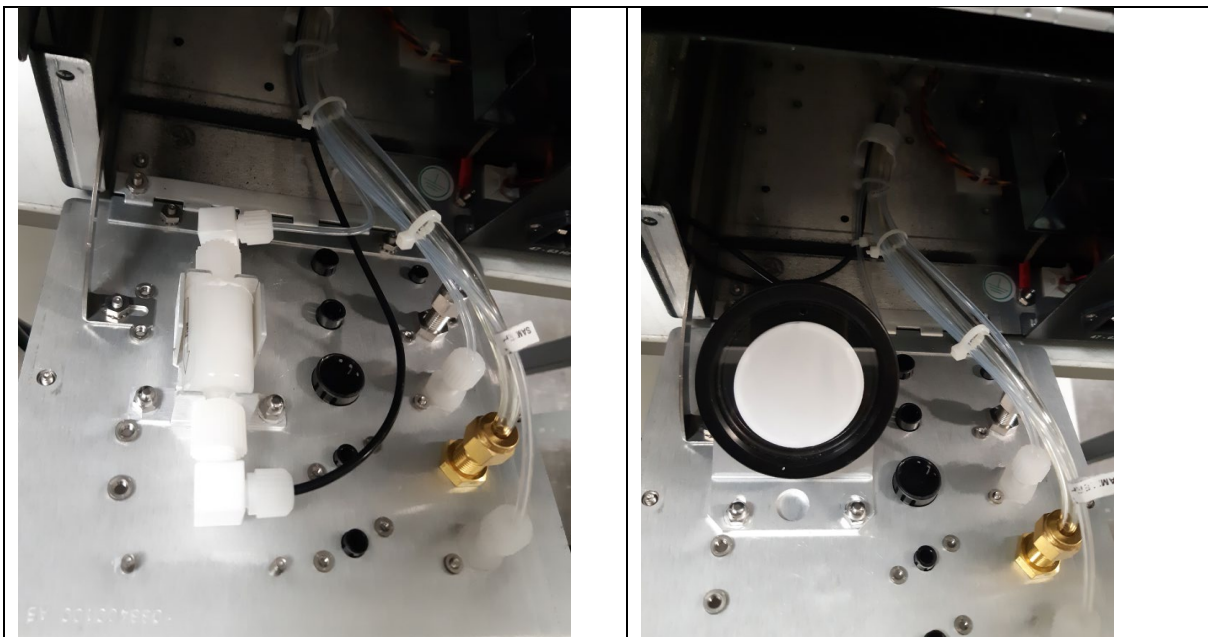


Abbildung 5: DFU Filter (links) und 47 mm Rundfilter (rechts)

Die gesamte Eignungsprüfung wurde mit dem DFU Filter durchgeführt. Der Filter wurde weder während des Feldtests noch zwischen Labor und Feldtest ausgetauscht.

Im Anschluss an die letzte Langzeitdriftuntersuchung im Feldtest wurde der DFU Filter gegen den 47 mm Filter getauscht. Anschließend wurde die Prüfgasaufgabe wiederholt. Die Messeinrichtung zeigte mit dem neuen Filter vergleichbare Messergebnisse. Die Ergebnisse sind im Anhang 3 angegeben.

Die Messeinrichtung N400 kann sowohl mit einem DFU Partikelfilter, als auch mit einem 47 mm Rundfilter ausgerüstet werden. Der Wechselintervall des verwendeten Partikelfilters ist natürlich abhängig von der Staubbelastung am Aufstellort und muss für jede Messstelle individuell ermittelt werden.

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten N400 mit den Seriennummern

Gerät 1: SN 55 und

Gerät 2: SN 56.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion „Rev. 1.11.1“ durchgeführt.

Die Prüfung umfasste einen Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen sowie einen mehrmonatigen Feldtest.

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [1, 2, 3] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

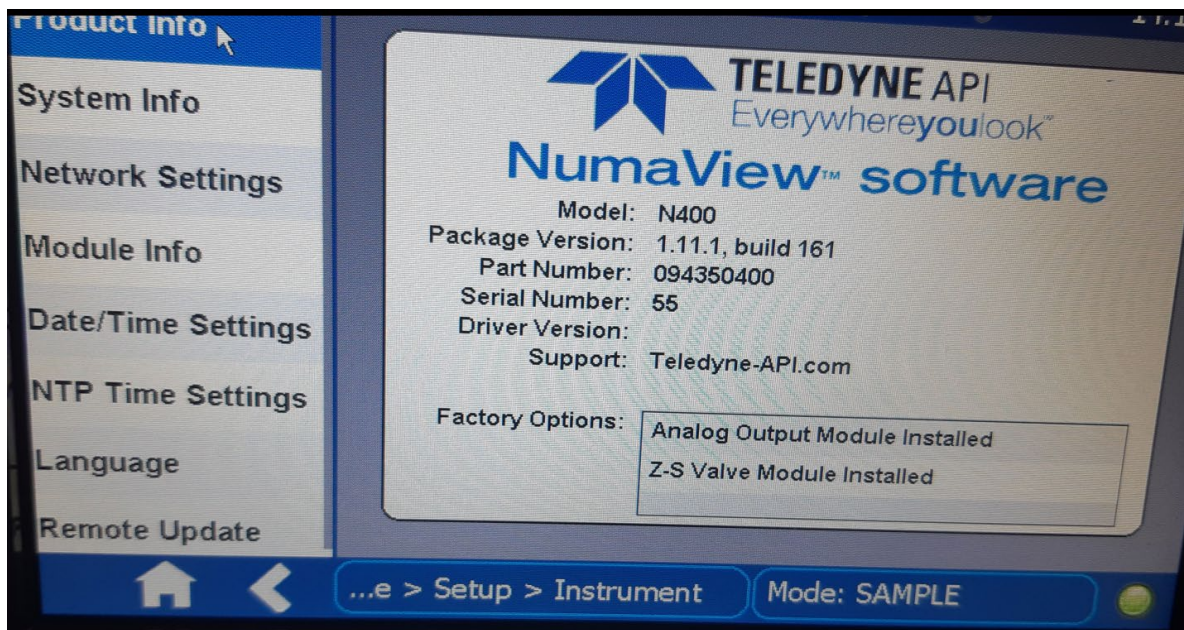


Abbildung 6: Softwareversion der N400 Testgeräte



4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs N400 mit den Seriennummern SN: 55 und SN: 56 durchgeführt. Nach den Richtlinien [1, 2] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Beschreibung der Gerätefunktionen
- Allgemeine Anforderungen
- Anpassung der Kalibriergeraden
- Kurzzeitdrift
- Wiederholstandardabweichung
- Abhängigkeit vom Probengasdruck
- Abhängigkeit von der Probengastemperatur
- Abhängigkeit von der Temperatur der Umgebungsluft
- Abhängigkeit von der Spannung
- Querempfindlichkeiten
- Mittelungseinfluss
- Einstellzeit
- Differenz Proben-/Kalibriergaseingang

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit einem externen Datenlogger.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 und Punkt 7 zusammengestellt.

4.3 Feldprüfung

Der Feldtest nach DIN EN 14625 und VDI 4202-1 wurde mit zwei baugleichen Messeinrichtungen des Typs N400 vom 15.05.2023 bis zum 21.08.2023 durchgeführt. Die eingesetzten Messgeräte waren identisch mit den während des Labortests geprüften Geräten. Die Seriennummern waren wie folgt:

Gerät 1: SN 55

Gerät 2: SN 56

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Langzeitdrift
- Wartungsintervall
- Verfügbarkeit
- Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit einem externen Datenlogger.

Die Ergebnisse der Feldprüfungen sind unter Punkt 6 und Punkt 7 zusammengestellt.

Zur Durchführung des Feldtests wurden die Messgeräte in eine Messstation in der Nähe von Köln eingebaut. Die Messstation befindet sich im unmittelbaren Einflussbereich einer stark befahrenen, sechsspurigen Bundesautobahn. Der Abstand von der Messstation zur nächstliegenden Fahrbahn beträgt ca. 5,0 m.



Abbildung 7: Messstation zur Durchführung des Feldtests

Die Messgeräte wurden in der auf 20 °C klimatisierten Station in einem 19“-Rack installiert und an ein Probennahmesystem angeschlossen. Beide Systeme wurden mit einer Proben gasleitung von 2,5 m durch ein T-Stück am gleichen Anschluss des Probennahmesystems installiert. Dadurch war gewährleistet, dass beide Geräte eine repräsentative Messung des gleichen Probenluftvolumens durchführten. Der Probenentnahmekopf befindet sich an der Stirnseite der Messstation in einer Gesamthöhe von ca. 3,00 m.



Abbildung 8: N400 in der Messstation während des Feldtests

5. Referenzmessverfahren

5.1 Messverfahren

Während der Prüfung zur Justierung der Geräte benutzte Prüfgase

Zur Erzeugung der Prüfkonzentrationen für Ozon wurde ein Ozongenerator der Firma Environics eingesetzt.

Zur Überprüfung der erzeugten Ozonkonzentrationen wurde der verwendete Ozongenerator beim Nationalen EU- Referenzlabor für Luftqualität (Umweltbundesamt in Langen), kalibriert. Die Kalibrierung wurde mit einem primären NIST- Standardreferenzphotometer durchgeführt. Messprinzip ist die UV Photometrie nach DIN ISO 13964 „Bestimmung von Ozon in Außenluft“.

Nullgas:	Synthetische Luft
Ozongenerator:	Hersteller: Environics
Typ:	6103
Seriennummer:	SN: 7018
Letzte Überprüfung am / durch:	01.02.2023 / UBA Langen Kalibrierschein Nr. 002-2023

6. Prüfergebnisse nach VDI 4202 Blatt 1 (2018)

6.1 7.3 Allgemeine Anforderungen

6.1 7.3.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine funktionsfähige Messwertanzeige am Gerät besitzen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt über eine funktionsfähige Messwertanzeige an der Frontseite des Gerätes.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 9 zeigte einen Prüfling mit integrierter Messwertanzeige.

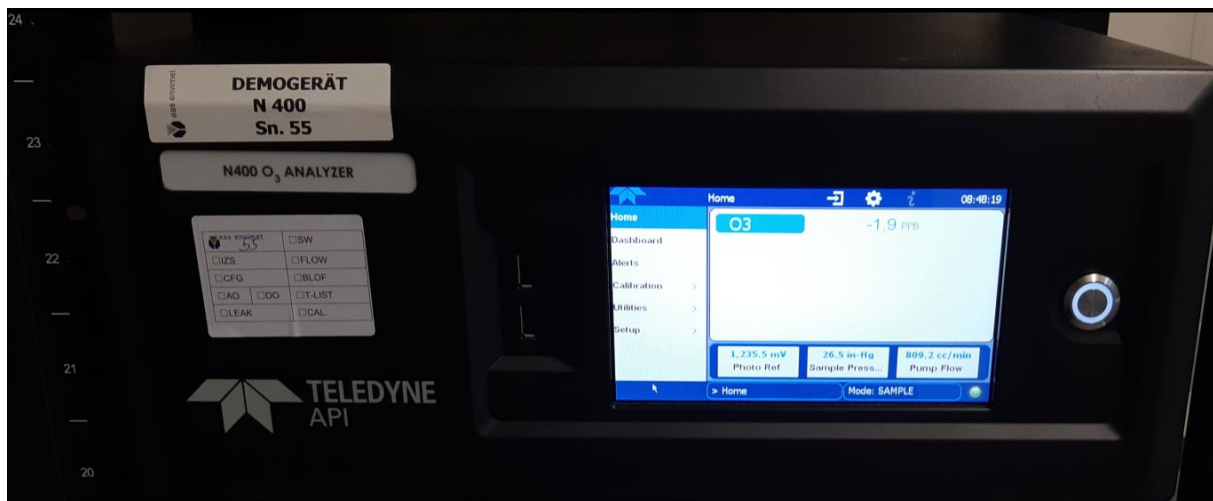


Abbildung 9: N400 Testgerät mit Messwertanzeige

6.1 7.3.2 Kalibriereingang

Das Messgerät darf über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang an der Rückseite des Gerätes.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang an der Rückseite des Gerätes.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Darstellung der Funktionalität des getrennten Probengaseingangs ist unter Punkt:

7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang aufgeführt.



6.1 7.3.3 Wartungsfreundlichkeit

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten wurden nach den Anweisungen der Betriebsanleitung ausgeführt.

6.4 Auswertung

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

1. Überprüfung des Gerätestatus
Der Gerätestatus kann durch visuelle Kontrolle am Display der Messeinrichtung bzw. über einen verbundenen externen PC überwacht und kontrolliert werden.
2. Kontrolle und Austausch des externen Partikelfilters am Probengaseingang. Die Austauschraten des Partikelfilters hängen vom Staubgehalt der Umgebungsluft ab.

6.5 Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der im Handbuch in Kapitel 5 beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich problemlos mit herkömmlichen Werkzeugen durchführen.

6.1 7.3.4 Funktionskontrolle

Soweit zum Betrieb oder zur Funktionskontrolle der Messeinrichtung spezielle Einrichtungen erforderlich sind, sind diese als zum Gerät gehörig zu betrachten und bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen.

Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme sind hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit durch Vergleich mit den Anforderungen an die Prüfgase für die laufende Qualitätskontrolle abzusichern. Sie müssen dem ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über das Messgerät direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch

6.3 Durchführung der Prüfung

Das geprüfte Gerät besitzt keine interne Einrichtung zur Funktionskontrolle. Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnungsmeldungen angezeigt.

Die Funktionskontrolle der Geräte wurde mit Hilfe von externen Prüfgasen durchgeführt.

6.4 Auswertung

Das geprüfte Gerät besitzt keine interne Einrichtung zur Funktionskontrolle. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Warnungsmeldungen angezeigt.

Eine externe Überprüfung des Null- und Referenzpunktes ist mit Hilfe von Prüfgasen möglich.

6.5 Bewertung

Das geprüfte Gerät besitzt keine interne Einrichtung zur Funktionskontrolle.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch sowie zusätzlich eine Uhr.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messinstrumente wurden nach den Anweisungen des Geräteherstellers in Betrieb genommen. Die erforderlichen Zeiten für Rüst- und Einlaufzeit wurden getrennt erfasst.

Erforderliche bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Installation, wie z. B. die Einrichtung eines Probenahmesystems im Analysenraum, wurden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

Die Rüstzeit ist selbstverständlich abhängig von den Gegebenheiten am Einbauort sowie der Verfügbarkeit der Spannungsversorgung am Einbauort. Da es sich beim N400 um einen kompakten Analysator handelt besteht die Rüstzeit hauptsächlich aus:

- Herstellen der Spannungsversorgung
- Anschließen der Verschlauchung (Probenahme, Abluft)

Bei der Erstinstallation sowie verschiedenen Positionsveränderungen im Labor (Ein/Ausbau in der Klimakammer) sowie Einbau am Feldteststandort wurde eine Rüstzeit von ca. 0,5 h ermittelt. Angaben zur Rüstzeit sind im Handbuch in Kapitel 2.3. auf Seite 22 zu finden. Dort ist die Rüstzeit mit ca. einer Stunde angegeben.

Beim Einschalten aus völlig kaltem Zustand benötigte das Gerät ca. 60 Minuten, bis das System die Aufwärmphase beendet hat und in den Messbetrieb übergeht. Die ermittelte Aufwärmzeit stimmt mit den Angaben im Handbuch überein. Im Handbuch ist die Aufwärmphase mit ca. 60 Minuten angegeben (Kapitel 2.3.4.1, Seite 38).

Das Messsystem muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer.

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann, bei überschaubarem Aufwand an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit beträgt ca. 0,5 bis 1 Stunde und die Einlaufzeit je nach notwendiger Stabilisierungszeit ca. eine Stunde.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.3.6 Bauart

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:

Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)

Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)

Sicherheitsanforderungen

Abmessungen

Gewicht

Energiebedarf

Vermeidung von Kondensation im Analysator.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungsanleitung sowie ein Messgerät zur Erfassung des Energieverbrauchs und eine Waage.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte wurde mit der Beschreibung in den Handbüchern verglichen. Der angegebene Energieverbrauch wird über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests bestimmt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung muss in horizontaler Einbaulage (z.B. auf einem Tisch oder in einem Rack) witterungsunabhängig installiert werden. Die Temperatur am Aufstellungsort muss im Bereich zwischen 0 °C bis 45 °C liegen.

Die Abmessungen und das Gewicht der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Bedienungshandbuch überein.

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller mit 112 W angegeben. Im Anfahrbetrieb (Aufheizen) wurden kurzzeitig Verbrauchswerte von 170 Watt gemessen. Im Normalbetrieb liegt der Verbrauch bei ca. 100 Watt.

6.5 Bewertung

Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 7.3.7 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können. Alternativ muss die Bedienungsanleitung einen deutlichen Hinweis erhalten, dass das Messgerät nur in einem gesicherten Bereich aufgestellt werden darf.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über ein frontseitiges Display mit Touch-Bedienfeld oder über einem direkt oder via Netzwerk angeschlossenen externen Rechner aus.

Das Gerät besitzt eine interne Funktion (Passwortschutz) gegen unbeabsichtigtes oder unbefugtes Verstellen. Eine Veränderung von Parametern oder die Justierung der Messeinrichtung ist nur nach Eingabe des Passwortes möglich.

6.4 Auswertung

Geräteparameter die Einfluss auf die Messeigenschaften haben, können sowohl bei Bedienung über das Display als auch über den externen PC nur nach Eingabe des richtigen Passwortes verändert werden.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern durch einen Passwortschutz gesichert.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 7.3.8 Messsignalausgang

Die Messsignale müssen analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) und/oder digital angeboten werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Analogdatenlogger Yokogawa, PC

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt über folgende Übertragungswege: Modbus, RS232, RS485, USB, Digitale Ausgänge, TCP/IP-Netzwerk. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen (V oder mA).

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog: 0 – 20, 2 – 20, 4 – 20 mA oder 0 – 1/5/10 V, Konzentrationsbereich wählbar
Digital RS232, USB, digitale Ein- und Ausgänge, TCP/IP-Netzwerk

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden analog (0 – 20 mA, 4 – 20 mA bzw. 0 – 1V, 0 – 5 V, 0 – 10 V) und digital (über TCP/IP, RS 232, USB) angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist über entsprechende Anschlüsse an den Geräten möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 7.3.9 Digitale Schnittstelle

Die digitale Schnittstelle muss die Übertragung der Messsignale, Statussignale und Informationen wie Gerätetyp, Messbereich, Messkomponente und Einheit erlauben und vollständig im einschlägigen Normen- und Richtlinienwerk beschrieben sein. Der Zugriff auf das Messgerät über digitale Schnittstellen beispielsweise zur Steuerung und Datenübertragung muss gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt über folgende Übertragungswege: Modbus, RS232. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden in digitaler Form folgendermaßen angeboten:

Modbus, RS232

Die digitalen Ausgangssignale wurden überprüft. Alle relevanten Daten wie Messsignale, Statussignale, Messkomponente, Messbereich, Einheit, Geräteinformationen können digital übertragen werden. Der Zugriff auf Geräteparameter ist passwortgeschützt.

6.5 Bewertung

Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 7.3.10 Datenübertragungsprotokoll

Zur digitalen Übertragung der Messsignale muss das Messgerät über mindestens ein Datenübertragungsprotokoll verfügen.

Jedes vom Hersteller für das Messgerät angebotene Datenübertragungsprotokoll muss die korrekte Datenübertragung erlauben und Übertragungsfehler erkennen lassen. Das Datenübertragungsprotokoll einschließlich der verwendeten Kommandos muss in der Bedienungsanleitung vollständig dokumentiert sein. Das Datenprotokoll muss mindestens die Übertragung der folgenden Daten erlauben:

Messgeräteerkennung

Komponentenkennung

Einheit

Messsignal mit Zeitstempel (Datum und Uhrzeit)

Betriebs und Fehlerstatus

Steuerungsbefehle zur Fernsteuerung des Messgerätes

Alle Daten müssen in Klartext (ASCII-Zeichen) übertragen werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Ein PC

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Bayern/Hessen Übertragungsprotokoll. Weitere Datenübertragungsprotokolle sind in Absprache mit dem Hersteller verfügbar.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Bayern/Hessen Übertragungsprotokoll. Weitere Datenübertragungsprotokolle sind in Absprache mit dem Hersteller verfügbar. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Bayern/Hessen Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt. Die Konfiguration ist im Handbuch in Anhang A ab Seite 131 aufgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 7.3.11 Messbereich

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches ist.

6.4 Auswertung

An der Messeinrichtung können theoretisch Messbereiche bis maximal 0 – 10 ppm eingestellt werden.

Möglicher Messbereich: 10 ppm
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs für Ozon: 500 µg/m³ (250 ppb)

6.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 250 ppb (500 µg/m³) für Ozon eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 10 ppm sind möglich.

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 sowie DIN EN 14625 enthalten folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von kontinuierlichen Immissionsmessgeräten für Ozon:

Tabelle 3: Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14625

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert (Alarmschwelle)	Beurteilungszeitraum
	in µg/m³	in µg/m³	in µg/m³	
Ozon	0	500	240	1 h

6.1 7.3.12 Negative Messsignale

Negative Messsignale oder Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde im Labor- wie auch Feldtest geprüft, ob die Messeinrichtung auch negative Messwerte ausgeben kann.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung kann negative Messwerte ausgeben.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung kann negative Messsignale ausgeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 7.3.13 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde ein Stromausfall simuliert und geprüft, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

6.4 Auswertung

Da das Messgerät zum Betrieb weder Betriebs- noch Kalibriergase benötigt, ist ein unkontrolliertes Ausströmen von Gasen nicht möglich.

Im Falle eines Netzausfalles befindet sich die Messeinrichtung nach der Spannungswiederkehr bis zum Erreichen eines stabilisierten Zustands bezüglich der Gerätetemperaturen in der Aufwärmphase. Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig von den Umgebungsbedingungen am Aufstellort und vom thermischen Gerätezustand beim Einschalten. Nach der Aufwärmphase schaltet das Gerät automatisch in den Modus der vor Spannungsabfall aktiviert war. Während der Aufwärmphase wird ein Statussignal angezeigt.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort. Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig von der Dauer des Stromausfalls.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.3.14 Gerätefunktionen

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC zur Datenerfassung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung besitzt verschiedene Schnittstellen wie beispielsweise RS232, LAN/WLAN oder USB und analoge Ein- und Ausgänge. Über die LAN/WLAN Schnittstelle kann beispielsweise eine einfache Verbindung zwischen Analysator und einem externen PC hergestellt werden. Dies ermöglicht die telemetrische Datenübertragung, es können Konfigurationseinstellungen vorgenommen und die Analysatoranzeige auf dem PC dargestellt werden. In diesem Modus können alle Informationen und Funktionen des Analysatordisplays über einen PC abgerufen und bedient werden.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Anschlussmöglichkeiten.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung kann mittels verschiedener Anschlussmöglichkeiten von einem externen Rechner aus umfassend überwacht und gesteuert werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 7.3.15 Umschaltung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht sowie gesteuert werden.

6.4 Auswertung

Alle Bedienprozeduren, die keine praktischen Handgriffe vor Ort bedingen, können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät als auch durch telemetrische Fernbedienung überwacht werden.

6.5 Bewertung

Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung überwacht werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.3.16 Gerätesoftware

Die Version der Gerätesoftware muss vom Messgerät angezeigt werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Gerätesoftware am Gerät angezeigt werden kann. Der Gerätehersteller wurde darauf hingewiesen, dass jegliche Änderungen der Gerätesoftware dem Prüfinstitut mitgeteilt werden müssen.

6.4 Auswertung

Die aktuelle Software wird beim Einschalten des Gerätes im Display angezeigt. Sie kann zudem jederzeit im Menü „Product Information“ eingesehen werden.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion „Rev. 1.11.1“ durchgeführt.

6.5 Bewertung

Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 6 zeigt die Gerätesoftwareversion im Display der Messeinrichtung



6.1 7.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung

6.1 7.4.1 Allgemeines

Die bei den Prüfungen im Labor zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die zugehörigen Leistungskriterien sind in Tabelle A1 der VDI 4202-1 für Messkomponenten nach 39. BImSchV angegeben.

Für andere Messkomponenten ist ein Zertifizierungsbereich festzulegen. Die Leistungskriterien sind in Anlehnung an die Tabelle A1 der VDI 4202-1 festzulegen und mit der zuständigen Stelle abzustimmen.

Die Leistungskenngrößen für die Laborprüfung sind nach den in Abschnitt 8.4 der VDI 4202-1 beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie DIN 14625 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.4.2 Prüfbedingungen

Vor Inbetriebnahme des Messgerätes ist die Betriebsanleitung des Herstellers insbesondere hinsichtlich der Aufstellung des Gerätes und der Qualität und Menge des erforderlichen Verbrauchsmaterials zu befolgen.

Vor Durchführung der Prüfung ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit zu beachten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, ist eine Mindestzeit von 4 h einzuhalten.

Falls Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktionen am Gerät frei wählbar sind, dann sind diese Funktionen bei der Laborprüfung auszuschalten.

Falls Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktionen am Gerät nicht frei wählbar sind und als übliche Betriebsbedingungen angesehen werden, dann müssen Zeiten und Größen der Selbstkorrekturen für das Prüfinstitut verfügbar sein. Die Größen der Auto-Drift-Korrekturen unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

Vor der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss das Prüfgassystem ausreichend lange betrieben worden sein, um stabile Konzentrationen liefern zu können. Das Messgerät muss mit eingebautem Partikelfilter geprüft werden.

Die meisten Messgeräte können das Messsignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Messgeräte passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der Messkomponente an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es muss nicht belegt werden, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder die Verwendung eines aktiven Filters das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit beeinflussen.

Die Einstellungen des Messgerätes müssen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind geeignete Prüfgase zu verwenden.

Parameter: Bei der Prüfung für die einzelnen Leistungskenngrößen müssen die Werte der Parameter innerhalb des in Tabelle 3 der VDI 4202-1 angegebenen Bereichs stabil sein.

Prüfgase: Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale oder internationale Normale rückführbare Prüfgase zu verwenden

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie DIN 14625 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die im Handbuch beschriebene Einlaufzeit wurde eingehalten.

Während der Laborprüfung waren keine Autoskalierungs oder Selbstkorrekturfunktionen an den Prüflingen aktiviert.

Die Prüfungen erfolgten mit den gerätezugehörigen Partikelfiltern. Die gesamte Eignungsprüfung wurde mit dem DFU Filter durchgeführt (siehe Kapitel 3.4). Der Filter wurde weder während des Feldtests noch zwischen Labor und Feldtest ausgetauscht.



Wie in Kapitel 3.3 beschrieben war der genannte adaptive Filter während der gesamten Prüfung standardmässig aktiv.

Die verwendeten Prüfgase entsprechen den Vorgaben der VDI 4202-1.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.4.3 Einstellzeit und Memory-Effekt

Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Einstellzeit ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Einstellzeit nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.4 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift bei Null darf maximal 2,0 nmol/mol betragen.

Die Kurzzeitdrift beim Spanwert darf maximal 6,0 nmol/mol betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Kurzzeitdrift ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Kurzzeitdrift nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.5 Wiederholstandardabweichung

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf 1,0 nmol/mol nicht überschreiten.

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf 3,0 nmol/mol nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt ist identisch zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.6 Linearität

Der Zusammenhang zwischen den Messwerten und den Sollwerten muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 5 nmol/mol am Nullpunkt sowie maximal 4 % des Messwertes bei Konzentrationen größer Null betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Linearität ist identisch zur Ermittlung des Lack of fit nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes darf 2,0 (nmol/mol)/kPa nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur darf 1,0 (nmol/mol)/K nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur darf 1,0 (nmol/mol)/K nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf 0,3 (nmol/mol)/V nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.11 Querempfindlichkeit

Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle A der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (April 2018) nicht überschreiten.

Bei Messprinzipien, die von den EN-Normen abweichen, dürfen die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichung aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen im Bereich des Nullpunkts und am Referenzpunkt nicht mehr als 3 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches betragen. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 bis 80 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereiches zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Querempfindlichkeiten ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Querempfindlichkeiten nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.11 Störkomponenten verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.11 Störkomponenten.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.11 Störkomponenten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.12 Mittelungseinfluss

Das Messgerät muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

Der Mittelungseinfluss darf maximal 7 % des Messwertes betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Mittelungseinflusses ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Mittelungseinflusses nach DIN EN 14625 (2012).

Allerdings soll nach VDI 4202-1 (2018) zur Ermittlung des Mittelungseinflusses eine Konzentration zwischen Null und 200 nmol/mol Ozon aufgegeben werden. Nach DIN EN 14625 (2012) soll die Prüfung des Mittelungseinflusses zwischen Null und der Konzentration c_t (1h-Alarmschwelle = 120 nmol/mol) durchgeführt werden. Aus Übersichtlichkeitsgründen und zur besseren Vergleichbarkeit mit bisher zugelassenen Systemen wurde diese Prüfung nach den Konzentrationsvorgaben der DIN EN 14625 durchgeführt. Desweiteren liegt der verwendete Wert näher an den in Mitteleuropa üblicherweise gemessenen Ozon Konzentrationen. Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.12 Mittelungsprüfung verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.12 Mittelungsprüfung

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.12 Mittelungsprüfung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.13 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang

Falls das Messgerät standardmäßig oder optional über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügt, ist diese Konfiguration in der Eignungsprüfung zu prüfen.

Die Differenz zwischen Probengas und Prüfgaseingang darf maximal 1 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Differenz zwischen Proben- und Kalibriergaseingang ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Differenz zwischen Proben- und Kalibriergaseingang nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.4.14 Konverterwirkungsgrad

Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad in der Laborprüfung mindestens 98 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die geprüfte Messeinrichtung arbeitet nicht mit einem Konverter.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend, da die Messeinrichtung nicht mit einem Konverter arbeitet.

Mindestanforderung erfüllt? Nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.15 Verweilzeit im Messgerät

Falls wie bei NO_x- und Ozon Messeinrichtungen die Verweilzeit im Messgerät einen Einfluss auf das Messsignal haben kann, ist diese aus dem Volumenstrom und dem Volumen der Leitungen und der anderen relevanten Komponenten im Messgerät und im Partikelfiltergehäuse zu berechnen.

Im Fall von NO_x- und Ozon Messungen darf die Verweilzeit nicht größer sein als 3 s.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Mittelungseinflusses ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Mittelungseinflusses nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung

6.1 7.5.1 Allgemeines

Die bei den Prüfungen im Feld zu bestimmenden Leistungskenngrößen sowie die zugehörigen Leistungskriterien sind in Tabelle A1 der VDI 4202-1 (2018) für Messkomponenten nach 39. BImSchV angegeben.

Für andere Messkomponenten ist ein Zertifizierungsbereich festzulegen. Die Leistungskriterien sind in Anlehnung an die Tabelle A1 der VDI 4202-1 (2018) festzulegen und mit der zuständigen Stelle abzustimmen.

Die Leistungskenngrößen für die Laborprüfung sind nach den in Abschnitt 8.5 der VDI 4202-1 (2018) beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie DIN 14625 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14625 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.5.2 Standort für die Feldprüfungen

Die Messstation für die Feldprüfung ist unter Berücksichtigung der Anforderungen der 39. BImSchV so auszuwählen, dass die zu erwartenden Konzentrationen der Messkomponente der vorgesehenen Aufgabenstellung entsprechen. Die Einrichtung der Messstation muss die Durchführung der Feldprüfung erlauben und im Rahmen der Messplanung als notwendig erachtete Kriterien erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurde die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt.

6.4 Auswertung

Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurden die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt. Details zum Standort der Messstation sind in Kapitel 4.3 aufgeführt.

6.5 Bewertung

Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurde die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt. Details zum Standort der Messstation sind in Kapitel 4.3 aufgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 7.5.3 Betriebsanforderungen

Die Messgeräte sind in der Messstation einzubauen und nach Anschluss an die dort vorhandene oder eine separate Probenahmeeinrichtung ordnungsgemäß in Betrieb zu nehmen.

Die Einstellungen des Messgerätes müssen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Die Messgeräte sind während der Feldprüfung nach den Vorgaben des Geräteherstellers zu warten und mit geeigneten Prüfgasen regelmäßig zu überprüfen.

Falls das Gerät über eine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion verfügt und dies als „übliche Betriebsbedingung“ angesehen wird, ist sie bei der Feldprüfung in Funktion zu setzen. Die Größe der Selbstkorrektur muss für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Autozero- und der Auto-Drift-Korrekturen über das Kontrollintervall (Langzeitdrift) unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Für die Feldprüfung wurde die Messeinrichtung in einer Messstation eingebaut und an das vorhandene Probennahmesystem angeschlossen. Anschließend wurde die Messeinrichtung nach den Herstellerangaben im zugehörigen Handbuch in Betrieb genommen.

Während der Feldprüfung waren keine Selbstkorrektur oder AutoZero-Funktionen aktiviert.

6.4 Auswertung

Während des Feldtest wurde die Messeinrichtung nach den Angaben des Herstellers betrieben und gewartet. Es waren keine Selbstkorrektur oder AutoZero-Funktionen aktiviert.

6.5 Bewertung

Während des Feldtest wurde die Messeinrichtung nach den Angaben des Herstellers betrieben und gewartet.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.5.4 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift bei Null darf maximal 5,0 nmol/mol betragen.

Die Langzeitdrift beim Spanwert darf maximal 5 % des Maximums des Zertifizierbereiches betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Langzeitdrift ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Langzeitdrift nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.5.4 Langzeitdrift verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.4 Langzeitdrift

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.4 Langzeitdrift.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Mess-einrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln.

Die Standardabweichung unter Feldbedingungen darf maximal 5 % des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Standardabweichung aus Doppelbestimmungen nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1

8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.5.6 Kontrollintervall

Das Kontrollintervall des Messgerätes ist in der Feldprüfung zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst drei Monate, muss jedoch mindestens zwei Wochen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Kontrollintervalls ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Kontrollintervalls nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.5.7 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit des Messgerätes ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 95 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Verfügbarkeit ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Verfügbarkeit nach DIN EN 14625 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes.

6.5 Bewertung

Die Siehe Kapitel 7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes.
Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.5.8 Konverterwirkungsgrad

Am Ende der Feldprüfung muss der Konverterwirkungsgrad 95 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die geprüfte Messeinrichtung arbeitet nicht mit einem Konverter.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend, da die Messeinrichtung nicht mit einem Konverter arbeitet.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit

Die Eignungsanerkennung des Messgerätes setzt Folgendes voraus:

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle A1 der VDI 4202-1 (2018) angegebene Kriterium erfüllen.*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Tabelle C1 der VDI 4202-1 (2018) angegebene Kriterium erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang F der VDI 4202-1 (2018) angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle A1 der VDI 4202-1 (2018) angegebene Kriterium erfüllen.*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Tabelle C1 der VDI 4202-1 (2018) angegebene Kriterium erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang F der VDI 4202-1 (2018) angegeben.*

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14625 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012) angegeben.

6.4 Auswertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14625 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012) angegeben.

6.5 Bewertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14625 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012) angegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

7. Prüfergebnisse nach DIN EN 14625 (2012)

7.1 8.4.3 Einstellzeit

Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) jeweils ≤ 180 s. Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit ≤ 10 s.

7.2 Prüfvorschrift

Zur Bestimmung der Einstellzeit wird die auf das Messgerät aufgegebene Konzentration sprunghaft von weniger als 20 % auf ungefähr 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches geändert, und umgekehrt.

Der Wechsel von Null- auf Spangas muss unmittelbar unter Verwendung eines geeigneten Ventils durchgeführt werden. Der Ventilauslass muss direkt am Einlass des Messgerätes montiert sein und sowohl Null- als auch Spangas müssen mit dem gleichen Überschuss angeboten werden, der mit Hilfe eines T-Stücks abgeleitet wird. Die Gasdurchflüsse von Null- und Spangas müssen so gewählt werden, dass die Totzeit im Ventil und im T-Stück im Vergleich zur Totzeit des Messgerätes vernachlässigbar ist. Der sprunghafte Wechsel wird durch Umschalten des Ventils von Null- auf Spangas herbeigeführt. Dieser Vorgang muss zeitlich abgestimmt sein und ist der Startpunkt ($t=0$) für die Totzeit (Anstieg) nach Abbildung 10. Wenn das Gerät 98 % der aufgegebenen Konzentration anzeigt, kann wieder auf Nullgas umgestellt werden und dieser Vorgang ist der Startpunkt ($t=0$) für die Totzeit (Abfall). Wenn das Gerät 2 % der aufgegebenen Konzentration anzeigt, ist der in Abbildung 10 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

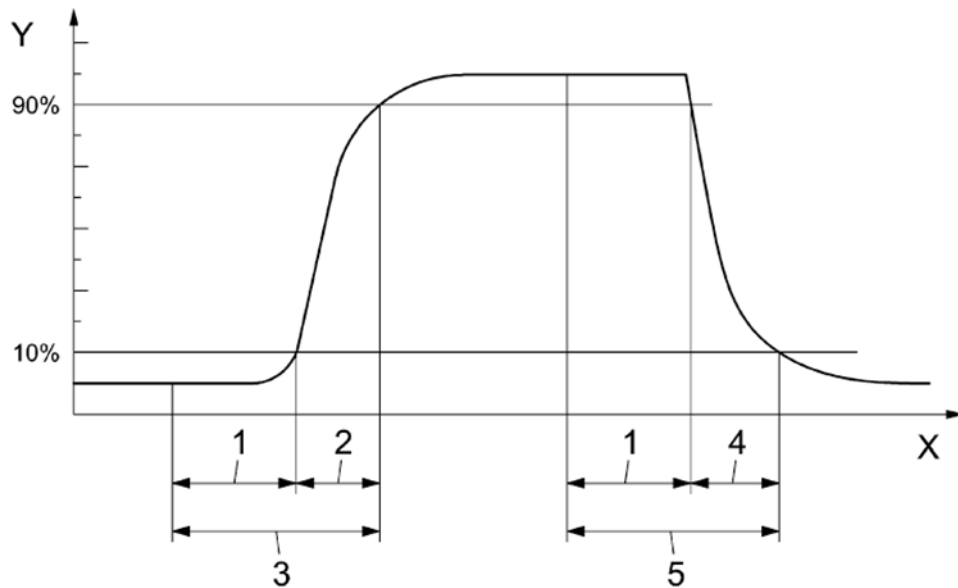
Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgerätes vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Abfall) werden berechnet.

Die Differenz zwischen den Einstellzeiten wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$t_d = \bar{t}_r - \bar{t}_f$$

Mit t_d die Differenz zwischen Anstiegszeit und Abfallzeit (s)
 t_r die Einstellzeit (Anstieg) (Mittelwert von 4 Messungen) (s)
 t_f die Einstellzeit (Abfall) (Mittelwert von 4 Messungen) (s)

t_r , t_f und t_d müssen die oben angegebenen Leistungskriterien erfüllen.



Legende

- Y Signal des Messgeräts
- X Zeit
- 1 Totzeit
- 2 Anstiegszeit
- 3 Einstellzeit (Anstieg)
- 4 Abfallzeit
- 5 Einstellzeit (Abfall)

Abbildung 10: Veranschaulichung der Einstellzeit

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Datenaufzeichnung erfolgte dabei mit einem externen Datenlogger.

7.4 Auswertung

Tabelle 4: Einstellzeiten der Messeinrichtung N400 für Ozon

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Anstieg t_r [s]	≤ 180 s	31	✓	36	✓
Mittelwert Abfall t_f [s]	≤ 180 s	30	✓	32	✓
Differenz t_d [s]	≤ 10 s	1,0	✓	4,0	✓

Für Gerät 1 ergibt sich für Ozon ein maximales t_r von 31 s, ein maximales t_f von 30 s und ein t_d von 1,0 s.

Für Gerät 2 ergibt sich für Ozon ein maximales t_r von 36 s, ein maximales t_f von 32 s und ein t_d von 4,0 s.

7.5 Bewertung

Die maximal zulässige Einstellzeit von 180 s wird in allen Fällen deutlich unterschritten. Die maximal ermittelte Einstellzeit beträgt für Gerät 1: 31 s und für Gerät 2: 36 s.

Mindestanforderung erfüllt? ja



7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 5: Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente Ozon

80%		Gerät 1					
Messbereich bis	200,00	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 180,00	1,0 200,00	1,0 200,00	0,1 20,00	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	13:19:00	13:19:33	13:20:00	13:26:00	13:26:29	13:27:00
	delta t		00:00:33			00:00:29	
	delta t [s]		33			29	
2. Durchgang	t = 0	13:33:00	13:33:31	13:34:00	13:40:00	13:40:29	13:41:00
	delta t		00:00:31			00:00:29	
	delta t [s]		31			29	
3. Durchgang	t = 0	13:47:00	13:47:28	13:48:00	13:54:00	13:54:33	13:55:00
	delta t		00:00:28			00:00:33	
	delta t [s]		28			33	
4. Durchgang	t = 0	14:01:00	14:01:32	14:02:00	14:08:00	14:08:29	14:09:00
	delta t		00:00:32			00:00:29	
	delta t [s]		32			29	

80%		Gerät 2					
Messbereich bis	200,00	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 180,00	1,0 200,00	1,0 200,00	0,1 20,00	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	13:19:00	13:19:37	13:20:00	13:26:00	13:26:32	13:27:00
	delta t		00:00:37			00:00:32	
	delta t [s]		37			32	
2. Durchgang	t = 0	13:33:00	13:33:34	13:34:00	13:40:00	13:40:33	13:41:00
	delta t		00:00:34			00:00:33	
	delta t [s]		34			33	
3. Durchgang	t = 0	13:47:00	13:47:34	13:48:00	13:54:00	13:54:33	13:55:00
	delta t		00:00:34			00:00:33	
	delta t [s]		34			33	
4. Durchgang	t = 0	14:01:00	14:01:39	14:02:00	14:08:00	14:08:30	14:09:00
	delta t		00:00:39			00:00:30	
	delta t [s]		39			30	

7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift bei Null darf $\leq 2,0$ nmol/mol/12h betragen

Die Kurzzeitdrift beim Span-Niveau darf $\leq 6,0$ nmol/mol/12h betragen.

7.2 Prüfvorschrift

Nach der zur Stabilisierung erforderlichen Zeit wird das Messgerät beim Null- und Span-Niveau (etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches) eingestellt. Nach der Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei der Span-Konzentration durchgeführt. Aus diesen 20 Einzelmessungen wird jeweils der Mittelwert für das Null- und Spanniveau berechnet.

Das Messgerät ist unter den Laborbedingungen in Betrieb zu halten. Nach einer Zeitspanne von 12 h werden Null- und Spangas auf das Messgerät aufgegeben. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen zuerst bei Null und dann bei der Span-Konzentration durchgeführt. Die Mittelwerte für Null- und Span-Niveau werden berechnet.

Die Kurzzeitdrift beim Null und Span-Niveau ist:

$$D_{S,Z} = (C_{Z,2} - C_{Z,1})$$

Dabei ist:

$D_{S,Z}$ die 12-Stunden-Drift beim Nullpunkt

$C_{Z,1}$ der Mittelwert der Nullgasmessung zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{Z,2}$ der Mittelwert der Nullgasmessung am Ende der Driftzeitspanne

$D_{S,Z}$ muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

$$D_{S,S} = (C_{S,2} - C_{S,1}) - D_{S,Z}$$

Dabei ist:

$D_{S,S}$ die 12-Stunden-Drift beim Span-Niveau

$C_{S,1}$ der Mittelwert der Spangasmessung zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{S,2}$ der Mittelwert der Spangasmessung am Ende der Driftzeitspanne

$D_{S,S}$ muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.



7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14625 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für Ozon durchgeführt werden.

7.4 Auswertung

In Tabelle 6 sind die ermittelten Messwerte der Kurzzeitdrift angegeben.

Tabelle 6: Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Nullpunkt Anfangswerte [nmol/mol]	-	0,89		0,85	
Mittelwert Nullpunkt Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	1,44		1,48	
Mittelwert Span Anfangswerte [nmol/mol]	-	187,73		186,73	
Mittelwert Span Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	186,20		185,30	
12-Stunden-Drift Nullniveau $D_{s,z}$ [nmol/mol]	$\leq 2,0$	0,55	✓	0,62	✓
12-Stunden-Drift Spanniveau $D_{s,s}$ [nmol/mol]	$\leq 6,0$	-2,09	✓	-2,05	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von 0,55 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,62 nmol/mol für Gerät 2.

Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -2,09 nmol/mol für Gerät 1 sowie -2,05 nmol/mol für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 7: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe

Anfangswerte (27.04.2023)		
Nullpunkt		
27.04.2023	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
15:05:00	1,4	-0,2
15:06:00	0,5	0,0
15:07:00	0,2	0,5
15:08:00	0,5	1,3
15:09:00	1,3	1,1
15:10:00	1,4	0,5
15:11:00	0,8	0,2
15:12:00	0,3	0,8
15:13:00	0,5	1,6
15:14:00	1,3	1,7
15:15:00	1,4	1,1
15:16:00	0,9	0,5
15:17:00	0,5	0,6
15:18:00	0,5	1,4
15:19:00	1,4	1,4
15:20:00	1,7	0,8
15:21:00	1,4	0,3
15:22:00	0,6	0,6
15:23:00	0,5	1,3
15:24:00	0,9	1,7
Mittelwert	0,9	0,9

Anfangswerte (27.04.2023)		
Span-Konzentration		
27.04.2023	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
15:45:00	189,7	188,1
15:46:00	187,7	185,3
15:47:00	185,3	184,1
15:48:00	184,2	184,2
15:49:00	186,6	186,6
15:50:00	190,0	188,6
15:51:00	190,6	188,6
15:52:00	188,3	187,0
15:53:00	185,6	185,6
15:54:00	185,6	185,8
15:55:00	187,5	186,6
15:56:00	188,6	186,7
15:57:00	188,1	186,7
15:58:00	187,5	187,0
15:59:00	188,1	188,0
16:00:00	188,8	187,5
16:01:00	188,6	186,4
16:02:00	187,7	185,8
16:03:00	187,5	187,0
16:04:00	188,8	188,9
Mittelwert	187,7	186,7



Tabelle 8: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe

Nach 12h (28.04.2023)		
Nullpunkt		
28.04.2023	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
03:05:00	2,0	2,0
03:06:00	1,4	1,3
03:07:00	0,9	0,8
03:08:00	1,3	1,1
03:09:00	2,0	2,0
03:10:00	2,2	2,2
03:11:00	1,4	1,4
03:12:00	0,8	0,8
03:13:00	0,9	0,9
03:14:00	1,7	2,0
03:15:00	2,0	2,3
03:16:00	1,4	1,7
03:17:00	0,8	1,1
03:18:00	0,8	1,1
03:19:00	1,6	1,7
03:20:00	2,0	2,0
03:21:00	1,9	1,4
03:22:00	0,9	0,8
03:23:00	0,8	0,9
03:24:00	1,9	1,9
Mittelwert	1,4	1,5

Nach 12h (28.04.2023)		
Span-Konzentration		
28.04.2023	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
03:45:00	187,0	186,9
03:46:00	186,7	185,2
03:47:00	187,3	185,0
03:48:00	185,6	184,2
03:49:00	185,3	185,3
03:50:00	186,6	186,7
03:51:00	188,1	187,0
03:52:00	187,2	185,0
03:53:00	184,7	184,8
03:54:00	184,8	184,5
03:55:00	185,3	185,6
03:56:00	188,1	187,3
03:57:00	188,9	186,9
03:58:00	186,6	184,8
03:59:00	185,3	184,8
04:00:00	183,4	184,1
04:01:00	184,7	184,2
04:02:00	186,1	184,4
04:03:00	186,3	184,4
04:04:00	185,8	184,8
Mittelwert	186,2	185,3

7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

Die Wiederholstandardabweichung muss sowohl das Leistungskriterium bei Null $\leq 1,0$ nmol/mol als auch bei der Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt ≤ 3 nmol/mol erfüllen.

7.2 Prüfvorschrift

Nach der Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen bei der Konzentration Null und einer Prüfgaskonzentration (c_t), die ähnlich der 1-Stunden-Alarmschwelle ist, durchgeführt.

Die Wiederholstandardabweichung dieser Messungen bei der Konzentration Null und bei der Konzentration c_t wird folgendermaßen berechnet:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Dabei ist

- s_r die Wiederholstandardabweichung
- x_i die i-te Messung
- \bar{x} der Mittelwert der 20 Messungen
- n die Anzahl der Messungen

Die Wiederholstandardabweichung wird getrennt für beide Messreihen (Nullgas und Konzentration c_t) berechnet.

s_r muss das oben angegebene Leistungskriterium sowohl bei der Konzentration Null als auch der Prüfgaskonzentration c_t (1-Stunden-Alarmschwelle) erfüllen.

Aus der Wiederholstandardabweichung bei Null und der nach 8.4.6 bestimmten Steigung der Kalibrierfunktion wird die Nachweisgrenze des Messgeräts nach folgender Gleichung berechnet:

$$l_{\text{det}} = 3,3 \cdot \frac{s_{r,z}}{B}$$

Dabei ist

- l_{det} die Nachweisgrenze des Messgeräts, in nmol/mol
- $s_{r,z}$ die Wiederholstandardabweichung bei null, in nmol/mol
- B die nach Anhang A mit den Daten aus 8.4.6 ermittelte Steigung der Kalibrierfunktion.



7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente Ozon durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14625 bei einem Konzentrationslevel von ca. 120 nmol/mol Ozon durchgeführt werden.

7.4 Auswertung

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung angegeben.

Tabelle 9: Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ bei Null [nmol/mol]	$\leq 1,0$	0,86	✓	0,57	✓
Wiederholstandardabweichung $s_{r,ct}$ bei c_t [nmol/mol]	$\leq 3,0$	1,63	✓	1,48	✓
Nachweisgrenze [nmol/mol]		2,88		1,89	

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,86 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,57 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 1,63 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,48 nmol/mol für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Einzelmessungen angegeben.

Tabelle 10: Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung

Null Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
14:24:00	0,2	-0,5
14:25:00	-0,8	-0,9
14:26:00	-2,2	-0,5
14:27:00	-1,9	0,5
14:28:00	-0,6	0,5
14:29:00	0,2	-0,2
14:30:00	-0,8	-0,8
14:31:00	-2,2	-0,6
14:32:00	-2,0	0,2
14:33:00	-0,9	0,6
14:34:00	-0,2	0,2
14:35:00	-0,8	-0,5
14:36:00	-2,0	-0,3
14:37:00	-2,2	0,3
14:38:00	-0,8	0,6
14:39:00	0,2	-0,2
14:40:00	-0,5	-1,1
14:41:00	-1,7	-1,1
14:42:00	-2,2	-0,2
14:43:00	-1,1	0,5
Mittelwert	-1,1	-0,2

C _t -Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
15:10:00	123,4	122,8
15:11:00	121,1	120,3
15:12:00	121,6	120,8
15:13:00	118,9	120,0
15:14:00	118,1	120,0
15:15:00	119,8	120,3
15:16:00	122,0	120,9
15:17:00	122,7	122,8
15:18:00	120,9	122,7
15:19:00	119,2	121,1
15:20:00	118,8	118,9
15:21:00	119,1	118,1
15:22:00	118,6	118,4
15:23:00	118,6	119,8
15:24:00	120,5	122,3
15:25:00	123,1	123,4
15:26:00	122,2	121,3
15:27:00	121,1	121,9
15:28:00	120,2	121,7
15:29:00	120,0	120,8
Mittelwert	120,5	120,9



7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 5 nmol/mol am Nullpunkt sowie maximal 4 % des Messwertes bei Konzentrationen größer Null betragen.

7.2 Prüfvorschrift

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion des Messgeräts ist über den Bereich von 0 % bis 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches mit mindestens sechs Konzentrationen (einschließlich des Nullpunktes) zu prüfen. Das Messgerät ist bei einer Konzentration von etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches zu justieren. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) werden mindestens fünf Einzelmessungen durchgeführt.

Die Konzentrationen werden in folgender Reihenfolge aufgegeben: 80 %, 40 %, 0 %, 60 %, 20 % und 95 %. Nach jedem Wechsel der Konzentration sind mindestens vier Einstellzeiten abzuwarten, bevor die nächste Messung durchgeführt wird.

Die Berechnung der linearen Regressionsfunktion und der Abweichungen wird nach Anhang A der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion müssen das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Erstellung der Regressionsgeraden:

Eine Regressionsgerade der Form $Y_i = A + B * X_i$ ergibt sich durch Berechnung der Funktion

$$Y_i = a + B(X_i - X_z)$$

Zur Berechnung der Regression werden alle Messpunkte (einschließlich Null) herangezogen. Die Anzahl der Messpunkte n ist gleich der Anzahl der Konzentrationsniveaus (mindestens sechs einschließlich Null) multipliziert mit der Anzahl der Wiederholungen (mindestens fünf) bei jedem Konzentrationsniveau.

Der Koeffizient a ist:

$$a = \sum Y_i / n$$

Dabei ist:

- a der Mittelwert der Y-Werte
- Y_i der einzelne Y-Wert
- N die Anzahl der Kalibrierpunkte

Der Koeffizient B ist:

$$B = \left(\sum Y_i (X_i - X_z) \right) / \sum (X_i - X_z)^2$$

Dabei ist:

- X_z der Mittelwert der X-Werte ($= \sum x_i / n$)
- X_i der einzelne X-Wert

Die Funktion $Y_i = a + B (X_i - X_z)$ wird über die Berechnung von A umgewandelt in $Y_i = A + B * X_i$

$$A = a - B * X_z$$

Die Abweichung der Mittelwerte der Kalibrierpunkte (einschließlich des Nullpunktes) werden folgendermaßen berechnet.

Der Mittelwert jedes Kalibrierpunktes (einschließlich des Nullpunktes) bei ein und derselben Konzentration c ist:

$$(Y_a)_c = \sum (Y_i)_c / m$$

Dabei ist:

- $(Y_a)_c$ der mittlere Y-Wert beim Konzentrationsniveau c
- $(Y_i)_c$ der einzelne Y-Wert beim Konzentrationsniveau c
- M die Anzahl der Wiederholungen beim Konzentrationsniveau c

Die Abweichung jedes Mittelwertes (r_c) bei jedem Konzentrationsniveau ist:

$$r_c = (Y_a)_c - (A + B \times c)$$

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

$$r_{c,rel} = \frac{r_c}{c} \times 100\%$$

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 11 und Abbildung 12 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für Ozon graphisch dargestellt.



Tabelle 11: Abweichungen der Analysenfunktion für Ozon

	Anforderung	Gerät 1	Gerät 2
Größte relative Abweichung r_{max} [%]	$\leq 4,0$	2,33	1,98
Abweichung bei Null r_z [nmol/mol]	$\leq 5,0$	0,03	-0,22

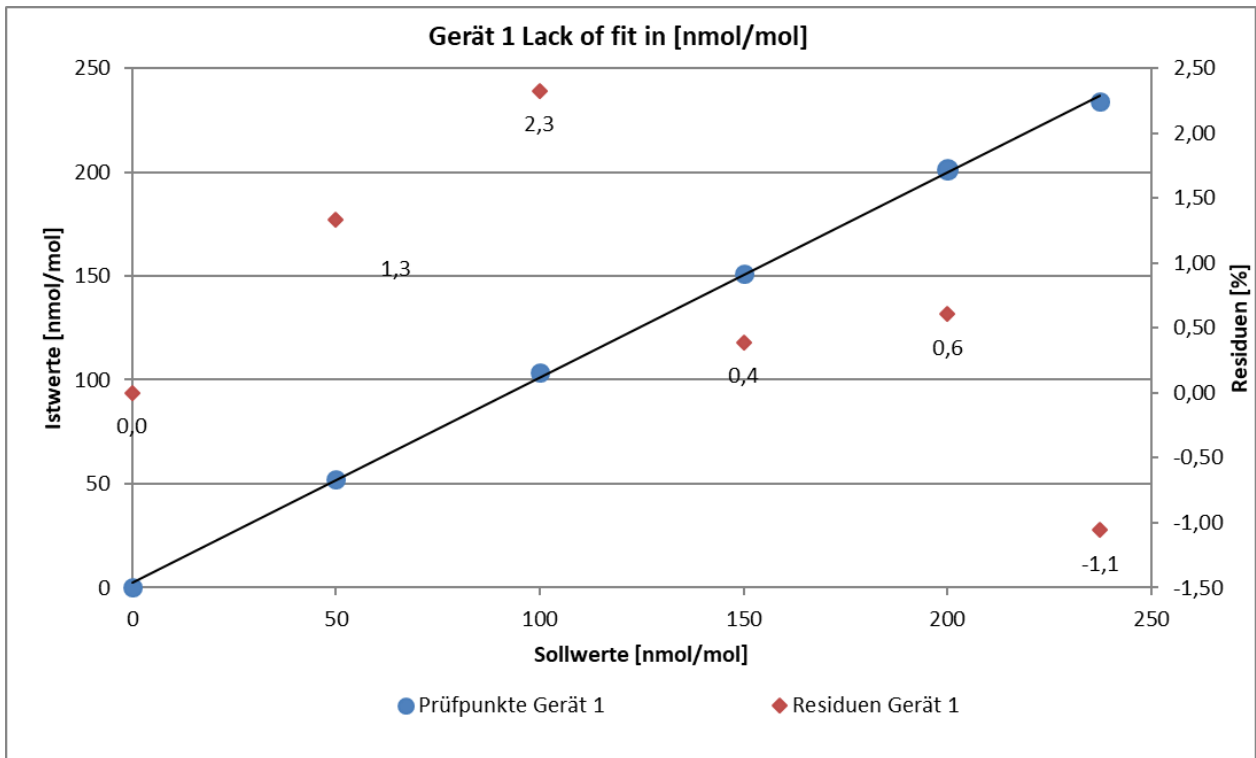


Abbildung 11: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1

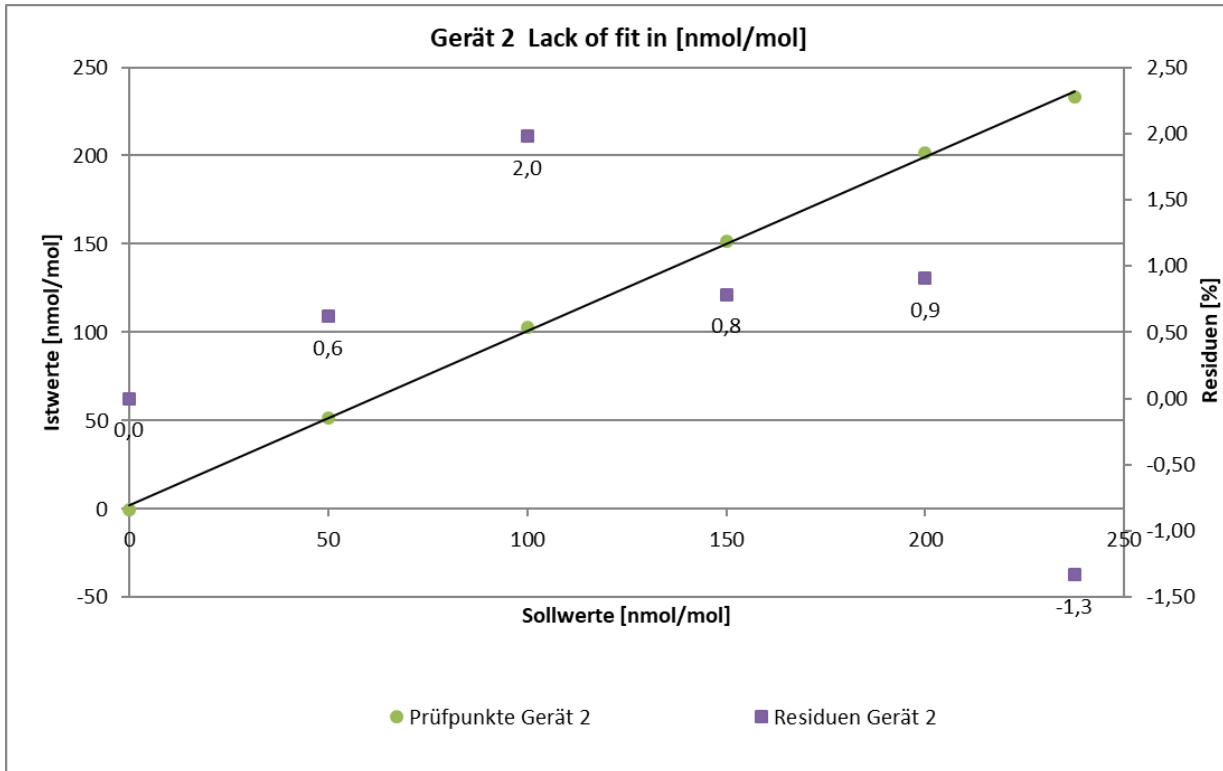


Abbildung 12: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,03 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 2,33 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,22 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 1,98 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Die Abweichungen von der idealen Regressionsgeraden überschreiten nicht die in der DIN EN 14625 geforderten Grenzwerte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 12 zu finden.



Tabelle 12: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung

		Gerät 1 [nmol/mol]		Gerät 2 [nmol/mol]	
Zeit	Stufe [%]	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i
12:51:00	80	201,41	200,00	201,09	200,00
12:52:00	80	200,94	200,00	200,78	200,00
12:53:00	80	199,84	200,00	201,41	200,00
12:54:00	80	200,00	200,00	201,09	200,00
12:55:00	80	202,19	200,00	202,66	200,00
Mittelwert		200,88		201,41	
$r_{c,rel}$		0,61		0,91	
13:03:00	40	103,28	100,00	103,13	100,00
13:04:00	40	104,06	100,00	103,44	100,00
13:05:00	40	103,28	100,00	102,50	100,00
13:06:00	40	102,66	100,00	102,19	100,00
13:07:00	40	103,28	100,00	102,34	100,00
Mittelwert		103,31		102,72	
$r_{c,rel}$		2,33		1,98	
13:15:00	0	0,31	0,00	0,31	0,00
13:16:00	0	0,63	0,00	0,47	0,00
13:17:00	0	0,31	0,00	-0,78	0,00
13:18:00	0	-0,78	0,00	-0,31	0,00
13:19:00	0	-0,31	0,00	-0,78	0,00
Mittelwert		0,03		-0,22	
r_z		0,03		-0,22	
13:27:00	60	149,69	150,00	150,16	150,00
13:28:00	60	151,41	150,00	150,31	150,00
13:29:00	60	151,56	150,00	151,72	150,00
13:30:00	60	151,09	150,00	152,66	150,00
13:31:00	60	150,78	150,00	151,88	150,00
Mittelwert		150,91		151,34	
$r_{c,rel}$		0,39		0,78	
13:39:00	20	51,72	50,00	51,88	50,00
13:40:00	20	52,34	50,00	50,94	50,00
13:41:00	20	52,97	50,00	51,41	50,00
13:42:00	20	52,19	50,00	52,34	50,00
13:43:00	20	52,34	50,00	51,56	50,00
Mittelwert		52,31		51,63	
$r_{c,rel}$		1,33		0,62	
13:51:00	95	233,59	237,50	232,66	237,50
13:52:00	95	233,91	237,50	233,28	237,50
13:53:00	95	235,16	237,50	234,06	237,50
13:54:00	95	235,16	237,50	234,06	237,50
13:55:00	95	232,97	237,50	233,44	237,50
Mittelwert		234,16		233,50	
$r_{c,rel}$		-1,06		-1,33	

7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss $\leq 2,0$ nmol/mol/kPa betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bei absoluten Drücken von etwa 80 kPa \pm 0,2 kPa und etwa 110 kPa \pm 0,2 kPa durchgeführt. Bei jedem Druck sind nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen durchzuführen. Die Mittelwerte dieser Messungen bei den beiden Drücken werden berechnet.

Messungen bei verschiedenen Drücken müssen durch mindestens vier Einstellzeiten voneinander getrennt sein.

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probendruckes ergibt sich wie folgt:

$$b_{gp} = \left| \frac{(C_{P2} - C_{P1})}{(P_2 - P_1)} \right|$$

Dabei ist:

b_{gp} der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

C_{P1} der Mittelwert der Messung beim Probengasdruck P_1

C_{P2} der Mittelwert der Messung beim Probengasdruck P_2

P_1 der Probengasdruck P_1

P_2 der Probengasdruck P_2

b_{gp} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt.

Ein Unterdruck konnte durch Verringerung des zugeführten Prüfgasvolumens mittels Restriktion der Probengasleitung erzeugt werden. Bei der Überdruckprüfung wurde die Messeinrichtung an eine Prüfgasquelle angeschlossen. Die erzeugte Prüfgasmenge wurde höher als die von den Analysatoren angesaugte Probengasmenge eingestellt. Das überschüssige Gas wird über ein T-Stück abgeleitet. Die Erzeugung des Überdrucks wurde durch entsprechende Restriktion der Bypassleitung durchgeführt. Der Prüfgasdruck wurde dabei von einem Druckaufnehmer im Prüfgasweg ermittelt.

Einzelmessungen werden mit Konzentrationen von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches und Probengasdrücken von 80 kPa und 110 kPa durchgeführt.



7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten für den Probengasdruck.

Tabelle 13: Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengasdruck b_{gp} [nmol/mol/kPa]	$\leq 2,0$	0,29	✓	0,26	✓

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,29 nmol/mol/kPa.

Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,26 nmol/mol/kPa.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 14: Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks

Uhrzeit	Druck [kPa]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
08:07:00	80	187,50	189,06	186,56
08:08:00	80	187,50	188,59	185,94
08:09:00	80	187,50	188,75	186,25
Mittelwert C_{P1}			188,80	186,25
08:22:00	110	187,50	179,84	178,28
08:23:00	110	187,50	180,16	178,75
08:24:00	110	187,50	180,00	178,59
Mittelwert C_{P2}			180,00	178,54

7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 1,0$ nmol/mol/K betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur werden Messungen bei Probengastemperaturen von $T_1 = 0$ °C und $T_2 = 30$ °C durchgeführt. Die Temperaturabhängigkeit wird bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bestimmt. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, sind drei Einzelmessungen bei jeder Temperatur durchzuführen.

Die Probengastemperatur am Einlass des Messgerätes muss mindestens 30 min konstant sein.

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur ergibt sich wie folgt:

$$b_{gt} = \frac{(C_{GT,2} - C_{GT,1})}{(T_{G,2} - T_{G,1})}$$

Dabei ist:

- b_{gt} der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur
- $C_{GT,1}$ der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur $T_{G,1}$
- $C_{GT,2}$ der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur $T_{G,2}$
- $T_{G,1}$ die Probengastemperatur $T_{G,1}$
- $T_{G,2}$ die Probengastemperatur $T_{G,2}$
- b_{gt} muss das oben genannte Leistungskriterium erfüllen

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt.

Zur Prüfung wurden das Prüfgas sowie das Verdünnungsgas in der Klimakammer platziert. Das Prüfgasgemisch wurde durch ein ca. 50 Meter langes Schlauchbündel geführt, welches sich in einer Klimakammer befand. Die Messgeräte wurden unmittelbar vor der Klimakammer installiert. Das Ende des Schlauchbündels wurde aus der Klimakammer herausgelegt und an die Messsysteme angeschlossen. Die Zuleitung außerhalb der Klimakammer wurde isoliert und unmittelbar vor den Messeinrichtungen wurde die Prüfgastemperatur mittels eines Thermoelementes überwacht. Die Klimakammertemperatur wurde eingeregelt, so dass die Gastemperatur unmittelbar vor den Analysatoren 0 °C bzw. 30 °C betrug.



7.4 Auswertung

Tabelle 15: Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengastemp. b_{gt} [nmol/mol/K]	$\leq 1,0$	0,04	✓	0,04	✓

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,04 nmol/mol/K.

Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,04 nmol/mol/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 16: Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur

Uhrzeit	Temp [°C]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
07:26:00	0	187,50	187,81	188,91
07:27:00	0	187,50	188,44	187,81
07:28:00	0	187,50	189,38	188,91
Mittelwert $C_{GT,1}$			188,54	188,54
14:11:00	30	187,50	186,88	187,19
14:12:00	30	187,50	187,50	186,88
14:13:00	30	187,50	187,81	188,13
Mittelwert $C_{GT,2}$			187,40	187,40

7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 1,0$ nmol/mol/K betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Der Einfluss der Umgebungstemperatur ist innerhalb des vom Hersteller angegebenen Bereichs bei folgenden Temperaturen zu bestimmen:

- 1) der niedrigsten Temperatur $T_{\min} = 0$ °C
- 2) der Labortemperatur $T_l = 20$ °C
- 3) der höchsten Temperatur $T_{\max} = 30$ °C (hier 45 °C)

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

Der Einfluss wird bei der Konzentration Null und einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bestimmt. Bei jeder Temperatur sind nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei Null und der Span-Konzentration durchzuführen.

Die Messungen werden bezüglich der Temperatur in folgender Reihenfolge durchgeführt:

T_l, T_{\min}, T_l und $T_l, T_{\max}, T_{S,0}$

Bei der ersten Temperatur (T_l) wird das Messgerät bei Null- und Spanniveaue (70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches) eingestellt. Dann werden nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei T_l, T_{\min} und wieder bei T_l durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird bei der Temperaturfolge T_l, T_{\max} und T_l wiederholt.

Um eine auf andere Faktoren als die Temperatur zurückgehende Drift auszuschließen, werden die Messungen bei T_l gemittelt; diese Mittelung wird in der folgenden Gleichung zur Berechnung des Einflusses der Umgebungstemperatur berücksichtigt:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T_S - T_{S,0}} \right|$$

Dabei ist:

- b_{st} der Empfindlichkeitskoeffizient von der Umgebungstemperatur
- x_T der Mittelwert der Messungen bei T_{\min} oder T_{\max}
- x_1 der erste Mittelwert der Messungen bei $T_{S,0}$
- x_2 der zweite Mittelwert der Messungen bei $T_{S,0}$
- T_S die Umgebungstemperatur im Labor
- $T_{S,0}$ die mittlere Umgebungstemperatur am festgelegten Punkt

Für die Dokumentation der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird der höhere der Werte der Temperaturabhängigkeit bei $T_{S,1}$ oder $T_{S,2}$ gewählt.

b_{st} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.



7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt.

Laut Herstellerspezifikation ist die Messeinrichtung in einem Temperaturbereich von 0 °C bis 45 °C einsetzbar. Daher wurde die obere Temperaturgrenze während der Prüfung der Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur auf 45 °C gesetzt.

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur:

Tabelle 17: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 1,0	0,003	✓	0,013	✓
Empf. Koeffizient bei 45 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 1,0	0,108	✓	0,007	✓
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 1,0	0,145	✓	0,155	✓
Empf. Koeffizient bei 45 °C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 1,0	0,167	✓	0,161	✓

Wie in Tabelle 17 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Null- und Referenzpunkt die Leistungsanforderungen.

7.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient b_{st} der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 1,0 nmol/mol/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b_{st} gewählt. Dies sind für Gerät 1: 0,167 nmol/mol/K und für Gerät 2: 0,161 nmol/mol/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 18: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur

Datum	Nullpunkt				Span-Konzentration			
	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]
02.05.2023	09:45:00	20	0,5	0,5	10:05:00	20	188,1	186,9
02.05.2023	09:46:00	20	0,6	0,0	10:06:00	20	188,4	186,6
02.05.2023	09:47:00	20	0,2	0,3	10:07:00	20	187,2	186,9
Mittelwert ($X_{1(TS1)}$)			0,4	0,3			187,9	186,8
02.05.2023	16:19:00	0	0,8	0,8	16:36:00	0	191,3	191,9
02.05.2023	16:20:00	0	0,9	0,5	16:37:00	0	191,1	191,1
02.05.2023	16:21:00	0	0,6	1,1	16:38:00	0	190,9	190,8
Mittelwert (X_{TS1})			0,8	0,8			191,1	191,3
03.05.2023	06:35:00	20	1,1	0,5	06:46:00	20	187,3	188,9
03.05.2023	06:36:00	20	1,4	0,6	06:47:00	20	189,4	190,0
03.05.2023	06:37:00	20	0,6	1,3	06:48:00	20	188,8	189,7
Mittelwert ($X_{2(TS1)} = X_{1(TS2)}$)			1,0	0,8			188,5	189,5
03.05.2023	13:34:00	45	-0,9	1,1	13:47:00	45	184,5	186,4
03.05.2023	13:35:00	45	-2,0	0,6	13:48:00	45	185,5	186,7
03.05.2023	13:36:00	45	-1,9	2,5	13:49:00	45	185,3	186,3
Mittelwert (X_{TS2})			-1,6	1,4			185,1	186,5
04.05.2023	15:49:00	20	1,1	1,9	16:09:00	20	190,3	191,6
04.05.2023	15:50:00	20	1,6	1,9	16:10:00	20	190,3	191,9
04.05.2023	15:51:00	20	0,8	1,3	16:11:00	20	189,5	190,9
Mittelwert ($X_{2(TS2)}$)			1,1	1,7			190,1	191,5



7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung muss $\leq 0,3$ nmol/mol/V betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Die Abhängigkeit von der Netzspannung wird an den beiden Grenzen des vom Hersteller angegebenen Spannungsbereiches bei der Konzentration Null und einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bestimmt. Nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden drei Einzelmessungen bei jedem Spannungs- und Konzentrationsniveau durchgeführt.

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung nach der Richtlinie DIN EN 14625 ergibt sich wie folgt:

$$b_v = \left| \frac{(C_{V2} - C_{V1})}{(V_2 - V_1)} \right|$$

Dabei ist:

b_v der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

C_{V1} der Mittelwert der Messung bei der Spannung V_1

C_{V2} der Mittelwert der Messung bei der Spannung V_2

V_1 die niedrigste Spannung V_{\min}

V_2 die höchste Spannung V_{\max}

Für die Spannungsabhängigkeit ist der höhere Wert der Messungen beim Null- und Spannniveau zu wählen.

b_v muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung wurde ein Transformator in die Stromversorgung der Messeinrichtung geschaltet und bei verschiedenen Spannungen Prüfgas am Null- und Referenzpunkt aufgegeben.

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der elektrischen Spannung:

Tabelle 19: Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empf. Koeff. elekt. Spannung b_v bei Null Niveau [nmol/mol/V]	$\leq 0,3$	0,00	✓	0,00	✓
Empf. Koeff. elekt. Spannung b_v bei Span [nmol/mol/V]	$\leq 0,3$	0,01	✓	0,02	✓

7.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14625 von maximal 0,3 nmol/mol/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Dies sind für Gerät 1: 0,01 nmol/mol/V und für Gerät 2: 0,02 nmol/mol/V.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 20: Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung

Uhrzeit	Spannung [V]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
08:45:00	207	0	0,00	-0,47
08:46:00	207	0	0,63	0,16
08:47:00	207	0	0,16	0,31
Mittelwert C_{V1} bei Null			0,26	0,00
08:55:00	253	0	0,00	-0,31
08:56:00	253	0	0,31	0,47
08:57:00	253	0	0,31	0,47
Mittelwert C_{V2} bei Null			0,21	0,21
09:18:00	207	185,00	185,94	186,41
09:19:00	207	185,00	185,16	184,38
09:20:00	207	185,00	183,13	184,22
Mittelwert C_{V1} bei Span			184,74	185,00
09:28:00	253	185,00	183,28	184,06
09:29:00	253	185,00	185,47	185,00
09:30:00	253	185,00	184,69	183,75
Mittelwert C_{V2} bei Span			184,48	184,27



7.1 8.4.11 Störkomponenten

Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration c_t (beim Niveau der 1-Stunden Alarmschwelle = 120 nmol/mol für Ozon). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten Toluol und m-Xylol betragen je $\leq 5,0$ nmol/mol sowie für $H_2O \leq 10,0$ nmol/mol.

7.2 Prüfvorschriften

Das Signal des Messgerätes gegenüber verschiedenen in der Luft erwarteten Störkomponenten ist zu prüfen. Diese Störkomponenten können ein positives oder negatives Signal hervorrufen. Die Prüfung wird bei der Konzentration Null und einer Prüfgaskonzentration (c_t), die ähnlich der 1-Stunden-Alarmschwelle (120 nmol/mol für Ozon) ist, durchgeführt.

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von kleiner als 5 % aufweisen und auf nationale Standards rückführbar sein. Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in Tabelle 21 angegeben. Der Einfluss jeder Störkomponente muss einzeln bestimmt werden. Die Konzentration der Messgröße ist für den auf die Zugabe der Störkomponente (z.B. Wasserdampf) zurückgehenden Verdünnungsfluss zu korrigieren.

Nach der Einstellung des Messgerätes bei Null und beim Spannniveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 21 angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch wird eine unabhängige Messung, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird mit einem Gemisch der Messgröße bei der Konzentration c_t und der zu untersuchenden Störkomponente wiederholt. Die Einflussgröße bei Null und der Konzentration c_t ist:

$$X_{\text{int},z} = x_z$$

$$X_{\text{int},ct} = x_{ct} - c_t$$

Dabei ist:

- $X_{\text{int},z}$ die Einflussgröße der Störkomponente bei Null
- x_z der Mittelwert der Messungen bei Null
- $X_{\text{int},ct}$ die Einflussgröße der Störkomponenten bei der Konzentration c_t
- x_{ct} der Mittelwert der Messungen bei der Konzentration c_t
- c_t die Konzentration des aufgegebenen Gases beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwertes

Die Einflussgröße der Störkomponenten muss die in oben angegebenen Leistungsanforderungen sowohl bei Null als auch der Konzentration c_t erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Geräte wurden bei Null und der Konzentration c_t (ca. 120 nmol/mol) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben. Es wurden die in Tabelle 21 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft.

Tabelle 21: Störkomponenten nach DIN EN 14625

Störkomponente	Wert
H ₂ O	19 mmol/mol
Toluol	0,5 µmol/mol
m-Xylol	0,5 µmol/mol

7.4 Auswertung

In der folgenden Übersicht sind die Einflussgrößen der verschiedenen Störkomponenten aufgelistet. Bei Ermittlung des Einflusses der Feuchte wurde der Verdünnungseffekt bereits im Prüfgaserzeugungssystem miteinberechnet.

Tabelle 22: Einfluss der geprüften Störkomponenten ($c_t = 120 \text{ nmol/mol}$)

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei Null [nmol/mol/V]	≤ 10,0 nmol/mol	-0,47	✓	0,31	✓
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei c_t [nmol/mol/V]	≤ 10,0 nmol/mol	-0,99	✓	-0,68	✓
Einflussgröße Störkomponente Toluol bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5,0 nmol/mol	3,07	✓	2,29	✓
Einflussgröße Störkomponente Toluol bei c_t [nmol/mol/V]	≤ 5,0 nmol/mol	2,81	✓	2,60	✓
Einflussgröße Störkomponente m-Xylol bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5,0 nmol/mol	3,13	✓	1,61	✓
Einflussgröße Störkomponente m-Xylol bei c_t [nmol/mol/V]	≤ 5,0 nmol/mol	2,03	✓	2,19	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von -0,47 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,31 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 3,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,29 nmol/mol für Gerät 2 bei Toluol, 3,13 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,61 nmol/mol für Gerät 2 bei m-Xylol.

Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich ein Wert von -0,99 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,68 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 2,81 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,60 nmol/mol für Gerät 2 bei Toluol, 2,03 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,19 nmol/mol für Gerät 2 bei m-Xylol.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 23 sind die Einzelwerte der Untersuchung angegeben.



Tabelle 23: Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten

	ohne Störkomponente			mit Störkomponente		
	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
Nullgas + H ₂ O (19 mmol/mol)	09:30:00	-0,94	0,16	09:44:00	-0,78	0,16
	09:31:00	0,31	0,16	09:45:00	-0,78	0,31
	09:32:00	-0,16	-0,63	09:46:00	-0,63	0,16
	Mittelwert x _z	-0,26	-0,10	Mittelwert x _z	-0,73	0,21
Prüfgas c _t + H ₂ O (19 mmol/mol)	09:56:00	118,75	116,56	10:09:00	118,13	117,66
	09:57:00	119,06	118,59	10:10:00	118,28	117,66
	09:58:00	120,00	118,91	10:11:00	118,44	116,72
	Mittelwert x _{ct}	119,27	118,02	Mittelwert x _{ct}	118,28	117,34
Nullgas + Toluol (0,5 µmol/mol)	11:32:00	0,00	-0,78	11:49:00	3,59	2,19
	11:33:00	0,16	0,00	11:50:00	3,59	2,19
	11:34:00	1,41	0,47	11:51:00	3,59	2,19
	Mittelwert x _z	0,52	-0,10	Mittelwert x _z	3,59	2,19
Prüfgas c _t + Toluol (0,5 µmol/mol)	12:01:00	121,25	120,16	12:18:00	122,81	121,56
	12:02:00	120,16	119,06	12:19:00	123,28	121,88
	12:03:00	118,75	118,59	12:20:00	122,50	122,19
	Mittelwert x _{ct}	120,05	119,27	Mittelwert x _{ct}	122,86	121,88
Nullgas + m-Xylol (0,5 µmol/mol)	11:05:00	-0,63	-0,16	11:21:00	2,66	2,03
	11:06:00	-0,47	-0,31	11:22:00	2,97	1,25
	11:07:00	0,00	0,16	11:23:00	2,66	1,25
	Mittelwert x _z	-0,36	-0,10	Mittelwert x _z	2,76	1,51
Prüfgas c _t + m-Xylol (0,5 µmol/mol)	12:29:00	119,69	120,16	12:46:00	123,13	123,13
	12:30:00	121,72	122,34	12:47:00	123,13	123,59
	12:31:00	121,72	122,03	12:48:00	122,97	124,38
	Mittelwert x _{ct}	121,04	121,51	Mittelwert x _{ct}	123,07	123,70

7.1 8.4.12 Mittelungsprüfung

Der Mittelungseinfluss muss bei $\leq 7\%$ des Messwertes liegen.

7.2 Prüfbedingungen

Die Mittelungsprüfung liefert ein Maß für die Unsicherheit der gemittelten Werte, die durch kurzzeitige Konzentrationsänderungen im Proben gas, die kürzer als die Messwerterfassung im Messgerät sind, verursacht werden. Im Allgemeinen ist die Ausgabe eines Messgerätes das Ergebnis der Bestimmung einer Bezugskonzentration (üblicherweise Null) und der tatsächlichen Konzentration, die eine gewisse Zeit benötigt.

Zur Bestimmung der auf die Mittelung zurückgehenden Unsicherheit werden die folgenden Konzentrationen auf das Messgerät aufgegeben und die entsprechenden Messwerte registriert: eine konstante Ozon Konzentration zwischen null und der Konzentration c_t

Die Zeitspanne (t_c) der konstanten Ozon-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten. Notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne (t_v) der geänderten Ozon-Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne (t_{O_3}) für die Ozon-Konzentration muss 45 s betragen, gefolgt von der Zeitspanne (t_{zero}) von 45 s für die Konzentration Null. Weiterhin gilt:

c_t ist die Prüfgaskonzentration

t_v ist die Gesamtzahl der t_{O_3} - und t_{zero} -Paare (mindestens drei Paare)

Der Wechsel von t_{O_3} auf t_{zero} muss innerhalb von 0,5 s erfolgen. Der Wechsel von t_c zu t_v muss innerhalb einer Einstellzeit des zu prüfenden Messgerätes erfolgen.

Der Mittelungseinfluss (E_{av}) ist:

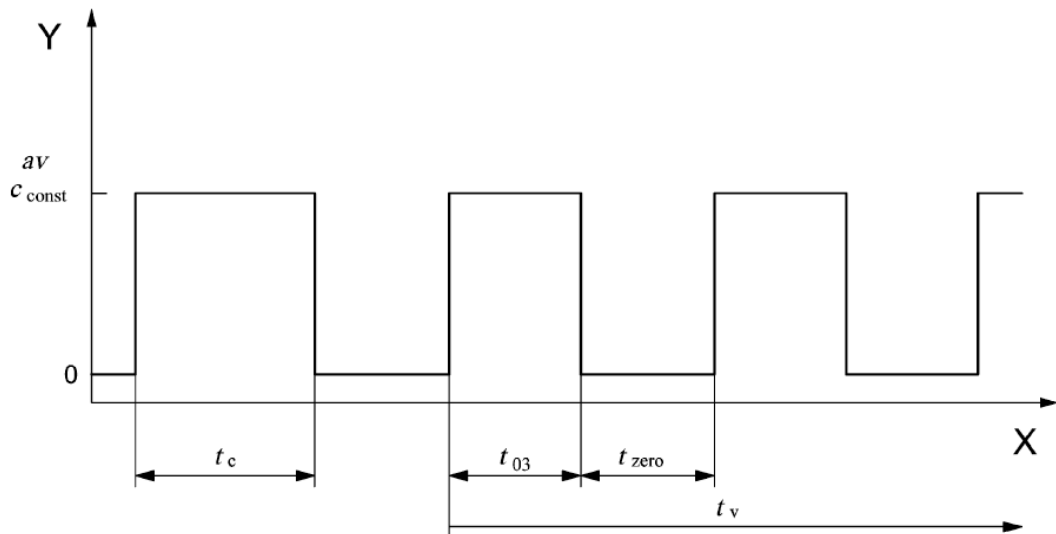
$$E_{av} = \frac{C_{const}^{av} - 2C_{var}^{av}}{C_{const}^{av}} * 100$$

Dabei ist:

E_{av} der Mittelungseinfluss (%)

C_{const}^{av} der Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne der konstanten Konzentration

C_{var}^{av} der Mittelwert von mindestens vier unabhängigen Messungen während der Zeitspanne der variablen Konzentration



Legende

- Y Konzentration (nmol/mol)
- X Zeit

Abbildung 13: Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{03} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$)

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14625 durchgeführt. Da es sich hier um ein direkt messendes Ozon Messgerät handelt wurde diese Prüfung mit einer sprunghaft veränderten Ozon Konzentration zwischen Null und der Konzentration c_t (120 nmol/mol) durchgeführt. Zuerst wurde bei einer konstanten Prüfgaskonzentration der Mittelwert gebildet. Danach wurde mit Hilfe eines Dreiwegenventils im 45 s Takt zwischen Null und Prüfgas hin und her geschaltet. Über die Zeit der wechselnden Prüfgasaufgabe wurde ebenfalls der Mittelwert gebildet.

7.4 Auswertung

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Tabelle 24: Ergebnisse der Mittelungsprüfung

	Anforderung	Gerät 1	Gerät 2
Mittelungseinfluss E_{av} [%]	$\leq 7\%$	-2,0	-0,7

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1 (12): -2,0 %

Gerät 2 (14): -0,7 %

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14625 wird in vollem Umfang eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 25 sind die Einzelergebnisse der Untersuchung zum Mittelungseinfluss angegeben.

Tabelle 25: Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	11:41:00	122,5	122,3
	bis		
	12:00:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	12:01:00	62,7	60,2
	bis		
	12:20:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	12:53:00	122,3	122,0
	bis		
	13:12:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	13:13:00	63,4	61,8
	bis		
	13:32:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	14:06:00	121,3	121,4
	bis		
	14:25:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	14:26:00	60,7	62,2
	bis		
	14:45:00		



7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang

Die Differenz zwischen dem Proben- und Kalibriereingang darf maximal $\leq 1,0\%$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Falls das Messgerät über verschiedene Eingänge für Proben- und Prüfgas verfügt, ist die Differenz des Messsignals bei Aufgabe der Proben über den Proben- oder Kalibriereingang zu prüfen. Hierzu wird Prüfgas mit der Konzentration von 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches über den Probeneingang auf das Messgerät aufgegeben. Die Prüfung besteht aus einer unabhängigen Messung, gefolgt von zwei Einzelmessungen. Nach einer Zeitspanne von mindestens vier Einstellzeiten wird die Prüfung unter Verwendung des Kalibriereingangs wiederholt. Die Differenz wird folgendermaßen berechnet:

$$\Delta x_{SC} = \frac{x_{sam} - x_{cal}}{c_t} \times 100$$

Dabei ist

- Δx_{SC} die Differenz Proben-/Kalibriereingang
- x_{sam} der Mittelwert der Messungen über den Probeneingang
- x_{cal} der Mittelwert der Messungen über den Kalibriereingang
- c_t die Konzentration des Prüfgases
- Δx_{SC} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14625 durchgeführt. Bei der Prüfgasaufgabe wurde der Weg des Gases mit Hilfe eines Drei-Wege-Ventils zwischen Sample- und Spangaseingang umgeschaltet.

7.4 Auswertung

Bei der Prüfung wurden folgende Differenzen zwischen Proben und Kalibriergaseingang ermittelt:

Tabelle 26: Ergebnisse der Differenz zwischen Proben-/Kalibriereingang

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Differenz Proben-/Kalibriereingang Δx_{cs} [%]	$\leq 1\%$	0,17	✓	-0,47	✓

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14625 wird mit einer maximalen Abweichung von 0,17 % bzw. -0,47 % in vollem Umfang eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind Tabelle 27 zu entnehmen.

Tabelle 27: Einzelwerte der Prüfung der Differenz zwischen Proben und Kalibriergaseingang

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Probeneingang	07:45:00	184,1	184,2
	07:46:00	184,2	184,2
	07:47:00	185,2	185,0
Kalibriereingang	07:56:00	184,4	185,6
	07:57:00	184,1	185,8
	07:58:00	184,1	184,7



7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät

Die Verweilzeit im Messgerät muss $\leq 3,0$ s betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Die Verweilzeit im Messgerät ist anhand des Volumenstroms und des Volumens der Leitung und anderer relevanter Komponenten des Messgerätes zu bestimmen

7.3 Durchführung der Prüfung

Das Gasvolumen des N400 Analysators beträgt vom Probengaseingang bis zur Messzelle ungefähr 25,0 ml. Der nominale Probengasvolumenstrom beträgt 0,8 l/min. Daraus ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von ca. 2 Sekunden.

7.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

7.5 Bewertung

Es ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von ca. 2 s.
Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 8.5.4 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift bei Null darf maximal $\leq 5,0$ nmol/mol betragen.

Die Langzeitdrift beim Spanniveau darf maximal ≤ 5 % des Zertifizierungsbereiches betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Nach jeder zweiwöchigen Null- und Spangasprüfung ist die Drift der in der Prüfung befindlichen Messgeräte bei Null und beim Spanniveau entsprechend den in diesem Abschnitt angegebenen Verfahren zu berechnen. Falls die Drift im Vergleich zur Anfangskalibrierung eine der Leistungskenngrößen bezüglich der Drift bei Null oder beim Spanniveau erreicht, ergibt sich das Kontrollintervall als Anzahl der Wochen bis zur Feststellung der Überschreitung minus 2 Wochen. Für weitere (Unsicherheits-)Berechnungen sind für die Langzeitdrift die Werte für die Null- und Spandrift über die Zeitspanne des Kontrollintervalls zu verwenden.

Zu Beginn der Driftzeitspanne werden direkt nach der Kalibrierung fünf Einzelmessungen beim Null- und Spanniveau durchgeführt (nach einer Wartezeit, die einer unabhängigen Messung entspricht).

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

$$D_{L,Z} = (C_{Z,1} - C_{Z,0})$$

Dabei ist:

$D_{L,Z}$ die Drift bei Null

$C_{Z,0}$ der Mittelwert der Messungen bei Null zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{Z,1}$ der Mittelwert der Nullgasmessung am Ende der Driftzeitspanne

$D_{L,Z}$ muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

$$D_{L,S} = \frac{(C_{S,1} - C_{S,0}) - D_{L,Z}}{C_{S,1}} \times 100$$

Dabei ist:

$D_{L,S}$ die Drift bei der Span-Konzentration

$C_{S,0}$ der Mittelwert der Messungen beim Spanniveau zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{S,1}$ der Mittelwert der Messungen beim Spanniveau am Ende der Driftzeitspanne

$D_{L,S}$ muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde so durchgeführt, dass alle 2 Wochen Prüfgas aufgegeben wurde. In Tabelle 28 und Tabelle 29 sind die gefundenen Messwerte der zweiwöchentlichen Prüfgasaufgaben angegeben.



7.4 Auswertung

Tabelle 28: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn $C_{z,1}$ bei Null [nmol/mol]	15.05.2023	$\leq 5,0$	--	✓	--	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	30.05.2023	$\leq 5,0$	0,01	✓	0,35	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	12.06.2023	$\leq 5,0$	0,26	✓	-0,52	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	26.06.2023	$\leq 5,0$	-0,33	✓	-0,43	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	10.07.2023	$\leq 5,0$	0,42	✓	0,14	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	24.07.2023	$\leq 5,0$	-1,77	✓	-0,90	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	07.08.2023	$\leq 5,0$	1,35	✓	-1,61	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	21.08.2023	$\leq 5,0$	0,20	✓	0,10	✓

Tabelle 29: Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn $C_{s,1}$ bei Span [nmol/mol]	15.05.2023	$\leq 5 \%$	--	✓	--	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	30.05.2023	$\leq 5 \%$	-0,72	✓	-0,72	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	12.06.2023	$\leq 5 \%$	-1,41	✓	-0,79	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	26.06.2023	$\leq 5 \%$	-1,06	✓	-0,86	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	10.07.2023	$\leq 5 \%$	-1,69	✓	-1,29	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	24.07.2023	$\leq 5 \%$	-0,68	✓	-0,94	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	07.08.2023	$\leq 5 \%$	-2,53	✓	-0,99	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	21.08.2023	$\leq 5 \%$	-1,59	✓	-1,11	✓

7.5 Bewertung

Die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt $D_{L,z}$ liegt bei -1,77 nmol/mol für Gerät 1 und -1,61 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift am Referenzpunkt $D_{L,s}$ liegt bei -2,53 % für Gerät 1 und -1,29 % für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Ermittlung der Langzeitdrift sind in Tabelle 30 dargestellt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung N400 der Firma Teledyne API für die Komponente Ozon, Berichts-Nr.: EuL/21255654/D

Tabelle 30: Einzelwerte der Driftuntersuchungen

Null Konzentration				C ₁ -Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]			[nmol/mol]	[nmol/mol]
15.05.2023	10:49:00	-1,09	-1,88	15.05.2023	11:18:00	180,47	181,09
	10:50:00	0,00	-0,78		11:19:00	180,63	180,16
	10:51:00	-0,16	0,78		11:20:00	180,78	179,69
	Mittel	-0,42	-0,63		Mittel	180,63	180,31
	10:53:00	-0,47	-0,16		11:22:00	180,78	180,78
	10:54:00	0,00	-0,78		11:23:00	180,00	181,41
	10:55:00	0,78	-0,94		11:24:00	180,63	180,16
	Mittel	0,10	-0,62		Mittel	180,47	180,78
	10:57:00	-0,63	0,78		11:26:00	180,47	180,00
	10:58:00	-0,16	0,16		11:27:00	179,53	180,31
	10:59:00	0,63	-0,63		11:28:00	179,53	181,09
	Mittel	-0,05	0,10		Mittel	179,84	180,47
	11:01:00	0,31	0,31		11:30:00	180,63	179,69
	11:02:00	-0,31	0,78		11:31:00	180,47	180,00
	11:03:00	-0,16	-0,16		11:32:00	180,31	180,63
	Mittel	-0,05	0,31		Mittel	180,47	180,10
	11:05:00	1,25	-0,31		11:34:00	180,00	180,00
	11:06:00	0,63	-0,16		11:35:00	180,47	179,84
	11:07:00	1,09	0,94		11:36:00	180,47	179,84
			0,99		0,16		
	Mittelwert Feldstart c_{z,0}	0,11	-0,14		Mittelwert Feldstart c_{s,0}	180,34	180,31
30.05.2023	12:37:00	0,00	0,31	30.05.2023	12:51:00	179,06	179,69
	12:38:00	0,63	0,63		12:52:00	178,75	179,38
	12:39:00	0,47	-0,16		12:53:00	179,06	179,53
	12:40:00	-0,31	0,00		12:54:00	179,22	178,91
	12:41:00	-0,16	0,31		12:55:00	179,22	179,38
	Mittel c _{z,1}	0,13	0,22		Mittel c _{s,1}	179,06	179,38
12.06.2023	12:02:00	0,16	-1,09	12.06.2023	12:16:00	177,03	177,19
	12:03:00	1,88	-1,41		12:17:00	177,97	178,75
	12:04:00	1,09	-0,16		12:18:00	178,28	178,75
	12:05:00	-0,16	-0,47		12:19:00	178,44	178,59
	12:06:00	-1,09	-0,16		12:20:00	178,75	178,59
	Mittel c _{z,1}	0,38	-0,66		Mittel c _{s,1}	178,09	178,38
26.06.2023	08:52:00	-1,25	-1,09	26.06.2023	09:05:00	177,50	177,50
	08:53:00	-0,47	-1,56		09:06:00	178,13	178,44
	08:54:00	0,63	-0,78		09:07:00	178,13	178,44
	08:55:00	0,78	-0,16		09:08:00	178,28	178,59
	08:56:00	-0,78	0,78		09:09:00	178,59	178,75
	Mittel c _{z,1}	-0,22	-0,56		Mittel c _{s,1}	178,13	178,34
10.07.2023	08:43:00	0,94	-0,31	10.07.2023	08:57:00	177,34	179,38
	08:44:00	2,50	-0,78		08:58:00	178,13	178,13
	08:45:00	-0,31	0,47		08:59:00	178,44	177,66
	08:46:00	-0,31	0,31		09:00:04	177,97	177,81
	08:47:00	-0,16	0,31		09:01:00	176,88	177,81
	Mittel c _{z,1}	0,53	0,00		Mittel c _{s,1}	177,75	178,16
24.07.2023	08:38:00	-1,88	-1,41	24.07.2023	08:54:00	177,19	177,19
	08:39:00	-1,72	-1,88		08:55:00	176,88	177,19
	08:40:00	-2,03	-1,72		08:56:00	176,88	177,34
	08:41:00	-1,88	-0,47		08:57:00	177,50	178,13
	08:42:00	-0,78	0,31		08:58:00	178,44	178,91
	Mittel c _{z,1}	-1,66	-1,03		Mittel c _{s,1}	177,38	177,75
07.08.2023	11:56:00	1,72	-2,19	07.08.2023	12:13:00	176,25	175,16
	11:57:00	1,88	-2,19		12:14:00	175,31	176,72
	11:58:00	1,25	-2,03		12:15:00	178,28	177,66
	11:59:00	1,41	-1,56		12:16:00	178,28	177,81
	12:00:00	1,09	-0,78		12:17:00	177,97	177,34
	Mittel c _{z,1}	1,47	-1,75		Mittel c _{s,1}	177,22	176,94
21.08.2023	08:53:00	0,47	0,31	21.08.2023	09:11:00	177,97	177,66
	08:54:00	0,16	0,31		09:12:00	178,28	177,81
	08:55:00	0,16	-0,47		09:13:00	178,13	178,44
	08:56:00	0,47	-0,47		09:14:00	177,19	178,91
	08:57:00	0,31	0,16		09:15:00	177,03	179,38
	Mittel c _{z,1}	0,31	-0,03		Mittel c _{s,1}	177,72	178,44



7.1 8.5.5 Vergleichstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen darf maximal $\leq 5\%$ des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen wird aus den während der dreimonatigen Zeitspanne stündlich gemittelten Messwerten berechnet.

Die Differenz $\Delta x_{f,i}$ für jede i-te Parallelmessung ist:

$$\Delta x_{f,i} = x_{f,1,i} - x_{f,2,i}$$

Dabei ist:

- $\Delta x_{f,i}$ die i-te Differenz einer Parallelmessung
- $x_{f,1,i}$ das i-te Messergebnis von Messgerät 1
- $x_{f,2,i}$ das i-te Messergebnis von Messgerät 2

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) ist:

$$s_{r,f} = \frac{\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_{f,i}^2}{2 * n}} \right)}{c_f} \times 100$$

Dabei ist:

- $s_{r,f}$ die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen (%)
- n die Anzahl der Parallelmessungen
- c_f die bei der Feldprüfung gemessene mittlere Ozon-Konzentration

Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen, $s_{r,f}$, muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Aus den während der Feldprüfung stündlich gemittelten Werten, wurde die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen mit Hilfe der oben genannten Formeln ermittelt.

7.4 Auswertung

Tabelle 31: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung auf Basis aller Daten aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest		
Stichprobenumfang	[n]	2350
Mittelwert beider Geräte	[nmol/mol]	28,17
Stabw. Aus Doppelbestimmungen	[nmol/mol]	0,619
Vergleichsstandardabweichung im Feld $S_{r,f}$	[%]	2,20
Anforderung	$\leq 5,0 \%$	✓

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 2,20 % des Mittelwertes.

7.5 Bewertung

Die Vergleichsstandardabweichung für Ozon unter Feldbedingungen betrug 2,20 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14625 eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Abbildung 14 ist die Vergleichsstandardabweichung im Feld grafisch dargestellt.

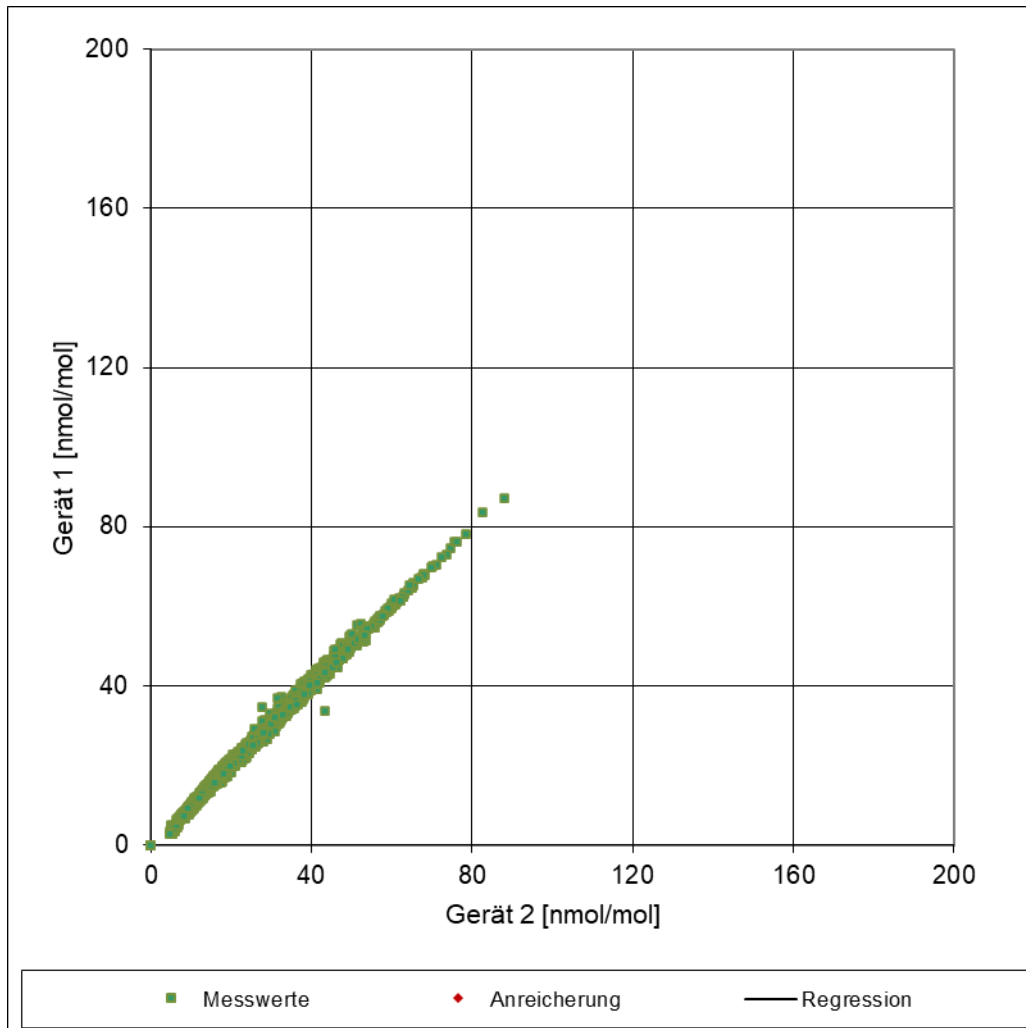


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung im Feld

7.1 8.5.6 Kontrollintervall

Das Wartungsintervall muss mindestens 2 Wochen betragen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß 7.1 8.5.4 Langzeitdrift zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

7.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keine unzulässigen Driften festgestellt werden. Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt.

Innerhalb des dreimonatigen Feldtests konnte die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden. Die Austauschrate des Partikelfilters hängt natürlich vom Staubgehalt der Umgebung des Aufstellortes ab. Hinweise zu Arbeiten im Wartungsintervall sind in Kapitel 5 des Handbuches sowie Kapitel 8 dieses Berichtes gegeben.

7.5 Bewertung

Das Kontrollintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt. Diese beschränken sich im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen. Der Partikelfilter muss ja nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14625 mindestens alle 14 Tage erfolgen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes

Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss ≥ 90 % betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Der korrekte Betrieb des Messgerätes ist mindestens alle 14 Tage zu prüfen. Es wird empfohlen, diese Prüfung während der ersten 14 Tage täglich durchzuführen. Diese Prüfungen beinhalten die Plausibilitätsprüfung der Messwerte, sofern verfügbar, Statussignale und andere relevante Parameter. Zeitpunkt, Dauer und Art von Fehlfunktionen sind zu registrieren.

Die für die Berechnung der Verfügbarkeit zu berücksichtigende Zeitspanne ist diejenige Zeitspanne in der Feldprüfung, während der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Dabei darf die für Kalibrierungen, Konditionierung der Probengasleitung, Filter und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit des Messgerätes ist:

$$A_a = \frac{t_u}{t_t} * 100$$

Dabei ist:

A_a die Verfügbarkeit des Messgerätes (%)

t_u die gesamte Zeitspanne mit validen Messwerten

t_t die gesamte Zeitspanne der Feldprüfung, abzüglich der Zeit für Kalibrierung und
Wartung t_u und t_t müssen in den gleichen Einheiten angegeben werden.

Die Verfügbarkeit muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Aus der Gesamtzeit des Feldtests und den dabei aufgetretenen Ausfallzeiten wurde die Verfügbarkeit mit Hilfe der oben genannten Formel berechnet.

Auswertung

Die während des Feldtestes aufgetretenen Ausfallzeiten sind in Tabelle 32 aufgelistet.

Tabelle 32: Verfügbarkeit des Messgerätes N400

		Gerät 1	Gerät 2
Einsatzzeit	h	2350	2350
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	8	8
Tatsächliche Betriebszeit	h	2342	2342
Tatsächliche Betriebszeit inklusive Wartungszeit	h	2350	2350
Verfügbarkeit	%	100	100

Die Wartungszeiten ergeben sich aus den täglichen Prüfgasaufgaben zur Bestimmung des Driftverhaltens und des Wartungsintervalls sowie aus den Zeiten, die zum Austausch der geräteinternen Teflonfilter im Probengasweg benötigt wurden.

7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14625 erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012)

Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle E.1 der DIN EN 14625 angegebene Kriterium erfüllen.
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14625 angegeben.
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle E.1 der DIN EN 14625 angegebene Kriterium erfüllen.
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14625 angegeben.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Berechnung der Gesamtunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14625 (2012).

7.3 Durchführung der Prüfung

Am Ende der Eignungsprüfung wurden die Gesamtunsicherheiten mit den während der Prüfung ermittelten Werten berechnet.

7.4 Auswertung

- Zu 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngrößen erfüllt das in Tabelle E.1 der DIN EN 14625 angegebene Kriterium.
- Zu 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das geforderte Kriterium.
- Zu 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Kenngröße erfüllt das in Tabelle E.1 der DIN EN 14625 angegebene Kriterium.
- Zu 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das geforderte Kriterium.

7.5 Bewertung

Die Anforderung an die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung wird erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 33 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 34 und Tabelle 36 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 35 und Tabelle 37 zu finden.

Tabelle 33: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14625

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol}$	S _r Gerät 1: 0,86 nmol/mol S _r Gerät 2: 0,57 nmol/mol	ja	81
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol}$	S _r Gerät 1: 1,63 nmol/mol S _r Gerät 2: 1,48 nmol/mol	ja	81
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null $\leq 4,0 \%$ des Messwertes Abweichung bei Null $\leq 5 \text{ nmol/mol}$	X _{i,z} Gerät 1: NP 0,03 nmol/mol X _i Gerät 1: RP 2,33 % X _{i,z} Gerät 2: NP -0,22 nmol/mol X _i Gerät 2: RP 1,98 %	ja	84
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Proben gasdruckes	$\leq 2,0 \text{ nmol/mol/kPa}$	b _{gp} Gerät 1: 0,29 nmol/mol/kPa b _{gp} Gerät 2: 0,26 nmol/mol/kPa	ja	89
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Proben gas temperatur	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$	b _{gt} Gerät 1: 0,04 nmol/mol/K b _{gt} Gerät 2: 0,04 nmol/mol/K	ja	91
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$	b _{st} Gerät 1: 0,167 nmol/mol/K b _{st} Gerät 2: 0,161 nmol/mol/K	ja	93
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,3 \text{ nmol/mol/V}$	b _v Gerät 1: RP 0,01 nmol/mol/V b _v Gerät 2: RP 0,02 nmol/mol/V	ja	96
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct	H ₂ O $\leq 10,0 \text{ nmol/mol}$ Toluol $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$ m-Xylol $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$	H ₂ O Gerät 1: NP -0,47 nmol/mol / RP -0,99 nmol/mol Gerät 2: NP 0,31 nmol/mol / RP -0,68 nmol/mol Toluol Gerät 1: NP 3,07 nmol/mol / RP 2,81 nmol/mol Gerät 2: NP 2,29 nmol/mol / RP 2,60 nmol/mol m-Xylol Gerät 1: NP 3,13 nmol/mol / RP 2,03 nmol/mol Gerät 2: NP 1,61 nmol/mol / RP 2,19 nmol/mol	ja	98



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	$\leq 7,0$ % des Messwertes	E_{av} Gerät 1: -2,0 % E_{av} Gerät 2: -0,7 %	ja	101
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang	$\leq 1,0$ %	Δ_{sc} Gerät 1: 0,17 % Δ_{sc} Gerät 2: -0,47 %	ja	104
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t_r Gerät 1: 31 s t_r Gerät 2: 36 s	ja	73
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t_r Gerät 1: 30 s t_r Gerät 2: 32 s	ja	73
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 s	t_d Gerät 1: 1 s t_d Gerät 2: 4 s	ja	73
8.4.14 Verweilzeit	$\leq 3,0$ s	Gerät 1: 2,0 s Gerät 2: 2,0 s	ja	106
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A_a Gerät 1: 100 % A_a Gerät 2: 100 %	ja	114
8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	$\leq 5,0$ % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	$S_{r,f}$ Gerät 1: 2,20 % $S_{r,f}$ Gerät 2: 2,20 %	ja	110
8.5.4 Langzeitdrift bei Null	$\leq 5,0$ nmol/mol	C_{z} Gerät 1: -1,77 nmol/mol C_{z} Gerät 2: -1,61 nmol/mol	ja	107
8.5.4 Langzeitdrift beim Spannniveau	$\leq 5,0$ % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	C_{s} Gerät 1: max. -2,53 % C_{s} Gerät 2: max. -1,29 %	ja	107
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	$\leq 2,0$ nmol/mol über 12 h	$D_{s,z}$ Gerät 1: 0,55 nmol/mol $D_{s,z}$ Gerät 2: 0,62 nmol/mol	ja	77
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Spannniveau	$\leq 6,0$ nmol/mol über 12 h	$D_{s,s}$ Gerät 1: -2,09 nmol/mol $D_{s,s}$ Gerät 2: -2,05 nmol/mol	ja	77

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung N400 der Firma Teledyne API für die Komponente Ozon, Berichts-Nr.: EuL/21255654/D

Seite 119 von 261

Tabelle 34: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 1

Messgerät: N400		Seriennummer: 55				
Messkomponente: O3		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,860	u _{r,z}	0,16	0,0251
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,630	u _{r,1h}	0,30	0,0900
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	2,330	u _{i,1h}	1,61	2,6059
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	0,290	u _{gp}	3,22	10,3895
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,040	u _{gt}	0,44	0,1977
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,167	u _{st}	2,77	7,6698
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u _v	0,13	0,0172
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	-0,470	u _{H2O}	-0,74	0,5457
		≤ 10 nmol/mol (Span)	-0,990			
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	3,070	u _{int,pos}	2,79	7,8085
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,810			
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	3,130	oder	2,79	7,8085
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,030			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-2,000	u _{av}	-1,39	1,9200
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,170	u _{asc}	0,20	0,0416
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,20	1,4400
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c	5,7228	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U	11,4457	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W	9,54	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}	15	%

Tabelle 35: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für Gerät 1

Messgerät: N400		Seriennummer: 55				
Messkomponente: O3		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,860	u _{r,z}	0,16	0,0251
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,630	u _{r,1h}	nicht berücksichtigt, da u _{r,1h} = 0,3 < u _{r,f}	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	2,330	u _{i,1h}	1,61	2,6059
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	0,290	u _{gp}	3,22	10,3895
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,040	u _{gt}	0,44	0,1977
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,167	u _{st}	2,77	7,6698
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u _v	0,13	0,0172
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	-0,470	u _{H2O}	-0,74	0,5457
		≤ 10 nmol/mol (Span)	-0,990			
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	3,070	u _{int,pos}	2,79	7,8085
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,810			
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	3,130	oder	2,79	7,8085
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,030			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-2,000	u _{av}	-1,39	1,9200
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,200	u _{r,f}	2,64	6,9696
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-1,770	u _{d,l,z}	-1,02	1,0443
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	-2,530	u _{d,l,1h}	-1,75	3,0724
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,170	u _{asc}	0,20	0,0416
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,20	1,4400
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c	6,6142	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U	13,2283	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W	11,02	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}	15	%



Tabelle 36: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 2

Messgerät:	N400	Seriennummer:		56			
Messkomponente:	O3	1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120	nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,570	u _{r,z}	0,11	0,0123	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,480	u _{r,lv}	0,29	0,0827	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,980	u _{lv}	1,37	1,8818	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	0,260	u _{gp}	2,89	8,3512	
5	Änderung der Probengas temperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,040	u _{gt}	0,44	0,1977	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,161	u _{st}	2,67	7,1286	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,020	u _v	0,26	0,0687	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,310	u _{H2O}	-0,51	0,2575	
		≤ 10 nmol/mol (Span)	-0,680				
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	2,290	u _{int,pos}	2,77	7,6480	
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,600				
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,610	u _{int,neg}			
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,190				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,700	u _{av}	-0,48	0,2352	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	-0,470	u _{dis}	-0,56	0,3181	
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,20	1,4400	
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c		5,2556	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		10,5113	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		8,76	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}		15	%

Tabelle 37: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für Gerät 2

Messgerät:	N400	Seriennummer:		56			
Messkomponente:	O3	1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120	nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,570	u _{r,z}	0,11	0,0123	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,480	u _{r,lv}	nicht berücksichtigt, da u _{r,lv} = 0,28 < u _{r,f}	-	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,980	u _{lv}	1,37	1,8818	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	0,260	u _{gp}	2,89	8,3512	
5	Änderung der Probengas temperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,040	u _{gt}	0,44	0,1977	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,161	u _{st}	2,67	7,1286	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,020	u _v	0,26	0,0687	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,310	u _{H2O}	-0,51	0,2575	
		≤ 10 nmol/mol (Span)	-0,680				
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	2,290	u _{int,pos}	2,77	7,6480	
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,600				
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,610	u _{int,neg}			
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,190				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,700	u _{av}	-0,48	0,2352	
10	Vergleichs präzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,200	u _{r,f}	2,64	6,9696	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-1,610	u _{d,z}	-0,93	0,8640	
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	-1,290	u _{d,lv}	-0,89	0,7988	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	-0,470	u _{dis}	-0,56	0,3181	
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,20	1,4400	
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c		6,0143	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		12,0285	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		10,02	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}		15	%

8. Empfehlungen zum Praxiseinsatz


Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

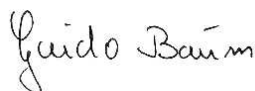
- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- Gerätestatus prüfen
- Überprüfung der Geräteanzeige auf Fehlermeldungen
- Nach DIN EN 14625 alle 14 Tage Durchführung einer Null und Referenzpunkt Überprüfung mit geeigneten Prüfgasen

Im Übrigen sind die Wartungsanweisungen des Herstellers im Kapitel 5 des Handbuches zu beachten.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



Dipl.-Ing. Martin Schneider



Dipl.-Ing. Guido Baum

Köln, 28. August 2023
EuL/21255654/D



9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI 4202 Blatt 1: Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Mess-einrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- [2] Europäische Norm DIN EN 14625: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie, Dezember 2012
- [3] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Rates vom 21. Mai 2008 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa

10. Anlagen

- Anhang 1 Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018**
- Anhang 2 Wetterdaten während der Feldprüfung**
- Anhang 3 Ergebnisse der Untersuchung mit alterantivem Partikelfilter**
- Anhang 4 Handbuch**



Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle bestätigt mit dieser **Teil-Akkreditierungsurkunde**, dass das Prüflaboratorium

TÜV Rheinland Energy GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln

die Mindestanforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die in der Anlage zu dieser Urkunde aufgeführten Konformitätsbewertungstätigkeiten erfüllt.
Dies schließt zusätzliche bestehende gesetzliche und normative Anforderungen ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen.

Die Anforderungen an das Managementsystem in der DIN EN ISO/IEC 17025 sind in einer für Prüflaboratorien relevanten Sprache verfasst und stehen insgesamt in Übereinstimmung mit den Prinzipien der DIN EN ISO 9001.

Diese Akkreditierung wurde gemäß Art. 5 Abs. 1 Satz 2 VO (EG) 765/2008, nach Durchführung eines Akkreditierungsverfahrens unter Beachtung der Mindestanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17011 und auf Grundlage einer Bewertung und Entscheidung durch den eingesetzten Akkreditierungsausschuss ausgestellt.

Diese Teil-Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 18.11.2022 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11120-02.
Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 33 Seiten.

Registrierungsnummer der Teil-Akkreditierungsurkunde: **D-PL-1112-02-01**
Sie ist Bestandteil der Akkreditierungsurkunde D-PL-11120-02-00.

Berlin, 18.11.2022

Im Auftrag Dr. Hejke Manke
Abteilungsleitung

Diese Urkunde gibt den Stand zum Zeitpunkt des Ausstellungsdatums wieder. Der jeweils aktuelle Stand der gültigen und überwachten Akkreditierung ist der Datenbank akkreditierter Stellen der Deutschen Akkreditierungsstelle zu entnehmen (www.dakks.de).

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Abbildung 15: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018

Deutsche Akkreditierungsstelle

Standort Berlin
Spittelmarkt 10
10117 Berlin

Standort Frankfurt am Main
Europa-Allee 52
60327 Frankfurt am Main

Standort Braunschweig
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkKS) ist die beliehene nationale Akkreditierungsstelle der Bundesrepublik Deutschland gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i. V. m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV. Die DAkKS ist als nationale Akkreditierungsbehörde gemäß Art. 4 Abs. 4 VO (EG) 765/2008 und Tz. 4.7 DIN EN ISO/IEC 17000 durch Deutschland benannt.

Die Akkreditierungsurkunde ist gemäß Art. 11 Abs. 2 VO (EG) 765/2008 im Geltungsbereich dieser Verordnung von den nationalen Behörden als gleichwertig anzuerkennen sowie von den WTO-Mitgliedsstaaten, die sich in bilateralen- oder multilateralen Gegenseitigkeitsabkommen verpflichtet haben, die Urkunden von Akkreditierungsstellen, die Mitglied bei ILAC oder IAF sind, als gleichwertig anzuerkennen.

Die DAkKS ist Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen zur gegenseitigen Anerkennung der European co-operation for Accreditation (EA), des International Accreditation Forum (IAF) und der International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:

EA: www.european-accreditation.org

ILAC: www.ilac.org

IAF: www.iaf.nu

Diese Akkreditierungsurkunde ist Eigentum der Deutschen Akkreditierungsstelle.

Abbildung 15: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 - Seite 2

Anhang 2:

Tabelle 38: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Mai 2023

Mai 2023	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
15	15.05.2023	14,8	77,6	1008,3
16	16.05.2023	11,6	72,9	1014,0
17	17.05.2023	11,5	67,4	1019,6
18	18.05.2023	11,7	65,2	1020,0
19	19.05.2023	14,0	62,5	1017,6
20	20.05.2023	14,5	71,9	1014,2
21	21.05.2023	17,6	78,2	1009,4
22	22.05.2023	18,8	82,2	1008,6
23	23.05.2023	15,0	75,5	1014,1
24	24.05.2023	11,3	71,3	1017,7
25	25.05.2023	13,0	74,2	1019,9
26	26.05.2023	14,1	69,2	1021,7
27	27.05.2023	16,5	58,9	1018,5
28	28.05.2023	17,6	60,4	1013,4
29	29.05.2023	17,0	63,6	1016,0
30	30.05.2023	15,8	56,2	1018,5
31	31.05.2023	18,7	62,0	1016,7

Tabelle 39: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juni 2023

Juni 2023	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.06.2023	17,1	65,9	1014,5
2	02.06.2023	15,1	62,7	1014,1
3	03.06.2023	16,9	54,6	1013,7
4	04.06.2023	17,8	48,2	1014,2
5	05.06.2023	19,0	51,4	1013,4
6	06.06.2023	19,4	58,3	1012,7
7	07.06.2023	18,7	73,4	1012,6
8	08.06.2023	19,7	76,1	1009,5
9	09.06.2023	21,5	65,6	1007,8
10	10.06.2023	23,6	53,8	1008,4
11	11.06.2023	24,1	52,7	1009,7
12	12.06.2023	22,9	49,0	1009,1
13	13.06.2023	22,3	44,8	1007,5
14	14.06.2023	20,4	49,1	1009,8
15	15.06.2023	20,5	51,0	1012,6
16	16.06.2023	20,9	49,1	1011,9
17	17.06.2023	21,9	46,2	1009,6
18	18.06.2023	22,8	50,4	1006,6
19	19.06.2023	24,3	59,6	1006,2
20	20.06.2023	25,1	62,8	1005,5
21	21.06.2023	23,1	70,9	1010,2
22	22.06.2023	21,5	84,4	1008,9
23	23.06.2023	21,0	71,1	1015,4
24	24.06.2023	23,1	61,3	1017,9
25	25.06.2023	24,9	55,0	1012,1
26	26.06.2023	22,1	56,9	1010,8
27	27.06.2023	19,5	56,7	1014,3
28	28.06.2023	19,1	70,1	1013,1
29	29.06.2023	21,5	70,5	1009,2
30	30.06.2023	18,9	69,0	1007,6



Tabelle 40: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juli 2023

Juli 2023	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.07.2023	18,7	72,0	1001,7
2	02.07.2023	18,8	64,8	1004,8
3	03.07.2023	18,4	56,0	1006,3
4	04.07.2023	19,3	58,1	1007,2
5	05.07.2023	17,8	67,2	1005,7
6	06.07.2023	18,7	58,2	1012,2
7	07.07.2023	21,9	51,6	1013,3
8	08.07.2023	25,3	51,0	1010,8
9	09.07.2023	25,1	68,7	1012,5
10	10.07.2023	23,6	66,6	1014,7
11	11.07.2023	26,0	54,0	1007,5
12	12.07.2023	22,3	59,0	1006,3
13	13.07.2023	19,6	57,4	1011,6
14	14.07.2023	22,3	54,0	1008,6
15	15.07.2023	22,2	65,8	1002,0
16	16.07.2023	21,6	53,0	1008,3
17	17.07.2023	19,6	60,9	1013,2
18	18.07.2023	20,1	62,1	1013,2
19	19.07.2023	20,1	60,5	1008,2
20	20.07.2023	19,9	62,6	1008,7
21	21.07.2023	17,6	74,4	1006,5
22	22.07.2023	19,1	55,1	1008,2
23	23.07.2023	19,6	67,6	1003,6
24	24.07.2023	19,3	80,8	999,3
25	25.07.2023	16,2	76,1	1001,7
26	26.07.2023	16,5	73,0	1007,1
27	27.07.2023	17,2	88,2	1002,3
28	28.07.2023	19,8	90,1	1002,3
29	29.07.2023	19,1	90,7	1003,0
30	30.07.2023	18,6	73,8	1006,9
31	31.07.2023	18,5	81,6	1003,8

Tabelle 41: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat August 2023

August 2023	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.08.2023	17,6	83,3	996,2
2	02.08.2023	18,2	86,0	990,7
3	03.08.2023	18,1	81,2	995,1
4	04.08.2023	17,1	83,9	1007,6
5	05.08.2023	16,5	87,7	1007,1
6	06.08.2023	14,6	93,1	1001,4
7	07.08.2023	15,4	76,0	1009,7
8	08.08.2023	16,4	71,6	1009,4
9	09.08.2023	18,0	74,9	1010,5
10	10.08.2023	18,6	65,7	1015,5
11	11.08.2023	22,9	65,0	1014,0
12	12.08.2023	21,6	84,4	1011,3
13	13.08.2023	20,6	73,7	1011,5
14	14.08.2023	20,3	80,3	1009,2
15	15.08.2023	22,0	85,8	1010,1
16	16.08.2023	21,5	87,7	1013,1
17	17.08.2023	20,6	88,7	1012,2
18	18.08.2023	22,7	82,0	1009,7
19	19.08.2023	24,5	78,6	1010,1
20	20.08.2023	23,9	77,6	1015,7
21	21.08.2023	23,7	75,6	1016,2

Anhang 3:

Messdaten der Prüfgasaufgabe unter Verwendung des 47 mm Rundfilters nach der letzten Driftprüfung am Ende des Feldtests. Siehe auch Kapitel 3.4.

Tabelle 42: Messdaten bei Prüfgasaufgabe mit alternativem Partikelfilter

Null Konzentration			
	Gerät 1		Gerät 2
Datum	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
21.08.2023	08:53:00	0,47	0,31
	08:54:00	0,16	0,31
	08:55:00	0,16	-0,47
	08:56:00	0,47	-0,47
	08:57:00	0,31	0,16
	Mittel $c_{z,1}$	0,31	-0,03
21.08.2023	10:34:00	0,16	0,36
	10:35:00	0,63	0,31
	10:36:00	0,57	0,54
	10:37:00	0,40	0,52
	10:38:00	0,38	0,47
	Mittel $c_{z,1}$	0,43	0,44

C_t -Konzentration			
	Gerät 1		Gerät 2
Datum	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
21.08.2023	09:11:00	177,97	177,66
	09:12:00	178,28	177,81
	09:13:00	178,13	178,44
	09:14:00	177,19	178,91
	09:15:00	177,03	179,38
	Mittel $c_{s,1}$	177,72	178,44
21.08.2023	10:52:00	178,13	177,94
	10:53:00	177,68	177,81
	10:54:00	178,59	177,75
	10:55:00	178,28	177,79
	10:56:00	177,22	177,54
	Mittel $c_{s,1}$	177,98	177,77

Anhang 4:

Handbuch