

**TÜV RHEINLAND ENERGY &
ENVIRONMENT GMBH**



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid

TÜV-Bericht: EuL/21262682/A
Köln, 07. Februar 2025

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

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

Leerseite



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid

Geprüftes Gerät:	APMA-380
Hersteller:	Horiba Europe GmbH Hans-Mess-Strasse 6 61440 Oberursel Deutschland
Prüfzeitraum:	März 2024 bis August 2024
Berichtsdatum:	07. Februar 2025
Berichtsnummer:	EuL/21262682/A
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Martin Schneider Tel.: +49 221 806-1614 martin.schneider@de.tuv.com
Berichtsumfang:	Bericht: 123 Seiten Handbuch ab Seite 123 Handbuch mit 183 Seiten Gesamt 259 Seiten



TÜVRheinland®

Genau. Richtig.

Seite 4 von 259

TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH

Luftreinhaltung

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380
der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid,
Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG	13
1.1	Kurzfassung	13
1.2	Bekanntgabevorschlag	15
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.....	16
2.	AUFGABENSTELLUNG.....	22
2.1	Art der Prüfung	22
2.2	Zielsetzung	22
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG	23
3.1	Messprinzip	23
3.2	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	25
3.3	Einstellungen des Messgerätes	26
3.4	Softwareversionen.....	27
4.	PRÜFPROGRAMM	28
4.1	Allgemeines.....	28
4.2	Laborprüfung	29
4.3	Feldprüfung	29
5.	REFERENZMESSVERFAHREN	32
5.1	Messverfahren.....	32
6.	PRÜFERGEBNISSE NACH VDI 4202 BLATT 1 (2018).....	33
6.1	7.3 Allgemeine Anforderungen.....	33
6.1	7.3.1 Messwertanzeige	33
6.1	7.3.2 Kalibriereingang.....	34
6.1	7.3.3 Wartungsfreundlichkeit.....	35
6.1	7.3.4 Funktionskontrolle	36



6.1	7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	37
6.1	7.3.6 Bauart	38
6.1	7.3.7 Unbefugtes Verstellen.....	39
6.1	7.3.8 Messsignalausgang	40
6.1	7.3.9 Digitale Schnittstelle.....	41
6.1	7.3.10 Datenübertragungsprotokoll.....	42
6.1	7.3.11 Messbereich	43
6.1	7.3.12 Negative Messsignale	44
6.1	7.3.13 Stromausfall.....	45
6.1	7.3.14 Gerätefunktionen	46
6.1	7.3.15 Umschaltung.....	47
6.1	7.3.16 Gerätesoftware	48
6.1	7.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung	49
6.1	7.4.1 Allgemeines	49
6.1	7.4.2 Prüfbedingungen.....	50
6.1	7.4.3 Einstellzeit und Memory-Effekt.....	52
6.1	7.4.4 Kurzzeitdrift.....	53
6.1	7.4.5 Wiederholstandardabweichung	54
6.1	7.4.6 Linearität.....	55
6.1	7.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	56
6.1	7.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	57
6.1	7.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	58
6.1	7.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	59
6.1	7.4.11 Querempfindlichkeit	60
6.1	7.4.12 Mittelungseinfluss	61
6.1	7.4.13 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	62

6.1	7.4.14 Konverterwirkungsgrad	63
6.1	7.4.15 Verweilzeit im Messgerät	64
6.1	7.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung	65
6.1	7.5.1 Allgemeines	65
6.1	7.5.2 Standort für die Feldprüfungen.....	66
6.1	7.5.3 Betriebsanforderungen.....	67
6.1	7.5.4 Langzeitdrift	68
6.1	7.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	69
6.1	7.5.6 Kontrollintervall	70
6.1	7.5.7 Verfügbarkeit	71
6.1	7.5.8 Konverterwirkungsgrad	72
6.1	7.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit.....	73
7.	PRÜFERGEBNISSE NACH DIN EN 14626 (2012)	74
7.1	8.4.3 Einstellzeit.....	74
7.1	8.4.4 Kurzzeitdrift.....	78
7.1	8.4.5 Wiederholstandardabweichung	82
7.1	8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	85
7.1	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	90
7.1	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	92
7.1	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.....	94
7.1	8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	97
7.1	8.4.11 Störkomponenten.....	99
7.1	8.4.12 Mittelungsprüfung	102
7.1	8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	105
7.1	8.5.4 Langzeitdrift	107
7.1	8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für CO 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 14626 (2012).....	116
8.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ.....	121
9.	LITERATURVERZEICHNIS	122
10.	ANLAGEN.....	123
10	8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (EN 14626:2024).....	125
10	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks (EN 14626:2024).....	130
10	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur (EN 14626:2024).....	133
10	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur (EN 14626:2024).....	135
10	8.4.11 Störkomponenten (EN14626:2024).....	138
10	8.5.5 Vergleichstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen (EN 14626:2024) 141	
10	8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der EN 14626 (2024).....	144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geprüfter Messbereich.....	13
Tabelle 2:	Gerätetechnische Daten APMA-380 (Herstellerangaben)	26
Tabelle 3:	Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14626.....	43
Tabelle 4:	Einstellzeiten der Messeinrichtung APMA-380 für Kohlenmonoxid.....	76
Tabelle 5:	Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente Kohlenmonoxid.....	77
Tabelle 6:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift	79
Tabelle 7:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe	80
Tabelle 8:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe	81
Tabelle 9:	Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt	83
Tabelle 10:	Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung	84
Tabelle 11:	Abweichungen der Analysenfunktion für Kohlenmonoxid	86
Tabelle 12:	Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung	89
Tabelle 13:	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks.....	91
Tabelle 14:	Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks ..	91
Tabelle 15:	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	93
Tabelle 16:	Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur.....	93
Tabelle 17:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.....	95
Tabelle 18:	Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur	96
Tabelle 19:	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	98
Tabelle 20:	Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung ..	98
Tabelle 21:	Störkomponenten nach DIN EN 14626	100
Tabelle 22:	Einfluss der geprüften Störkomponenten ($c_t = 8,6 \mu\text{mol/mol}$)	100
Tabelle 23:	Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten	101
Tabelle 24:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung	103
Tabelle 25:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss	104
Tabelle 26:	Ergebnisse der Differenz zwischen Proben-/Kalibriereingang	105
Tabelle 27:	Einzelwerte der Prüfung der Differenz zwischen Proben und Kalibriergaseingang	106
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 (8h Mittelwerte) aus dem Feldtest.....	111
Tabelle 32:	Verfügbarkeit des Messgerätes APMA-380	115
Tabelle 33:	Leistungsanforderungen nach DIN EN 14626.....	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:	Abweichungen der Analysenfunktion nach EN 14626:2024	126
Tabelle 39:	Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung nach EN 14626:2024	129
Tabelle 40:	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks nach EN 14626:2024....	132
Tabelle 41:	Einzelwerte der Empfindlichkeit des Probengasdrucks für CO nach EN 14626:2024.....	132
Tabelle 42:	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur nach EN 14626:2024...	134
Tabelle 43:	Einzelwerte des Einflusses des Probengastemperatur nach EN 14626:2024	134



Tabelle 44:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur nach EN 14626:2024.	136
Tabelle 45:	Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur nach EN 14626:2024	137
Tabelle 46:	Störkomponenten nach DIN EN 14626:2024	139
Tabelle 47:	Einfluss der geprüften Störkomponenten ($c_t = 8,6 \mu\text{mol/mol}$) nach EN 14626:2024.....	139
Tabelle 48:	Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten nach EN14626:2024.....	140
Tabelle 49:	Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für CO auf Basis aller Daten aus dem Feldtest	142
Tabelle 50:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung, Gerät 1 nach EN 14626:2024	144
Tabelle 51:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung, Gerät 1 nach EN 14626:2024.....	144
Tabelle 52:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung, Gerät 2 nach EN 14626:2024	145
Tabelle 53:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung, Gerät 2 nach EN 14626:2024.....	145
Tabelle 54:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat April/Mai 2024.....	148
Tabelle 55:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juni 2024.....	149
Tabelle 56:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juli / August 2024	150

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung des APMA-380.....	23
Abbildung 2:	NDIR Messverfahren	24
Abbildung 3:	Softwareübersicht.....	27
Abbildung 4:	Softwareversion der APMA-380 Testgeräte	28
Abbildung 5:	Messstation zur Durchführung des Feldtests	30
Abbildung 6:	APMA-380 in der Messstation während des Feldtests	31
Abbildung 7:	APMA-380 Testgeräte mit Messwertanzeige	33
Abbildung 8:	Veranschaulichung der Einstellzeit	75
Abbildung 9:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1	87
Abbildung 10:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2.....	87
Abbildung 11:	Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{SO^*} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$)	103
Abbildung 12:	Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung im Feld.....	112
Abbildung 13:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 (EN 14626:2024)	127
Abbildung 14:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 (EN 14626:2024)	127
Abbildung 15:	Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für NO ₂ im Feld	142
Abbildung 16:	Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025 – Seite 1.....	146

Leerseite

1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Im Auftrag der Firma Horiba Europe GmbH führte die TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 für die Komponente Kohlenmonoxid durch. Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Normen und Anforderungen:

- VDI 4202 Blatt 1: Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- DIN EN 14626: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie, vom Dezember 2012
- EN 14626: Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy, Dezember 2024

Die Messeinrichtung APMA-380 misst die Komponente CO mittels nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. Das Messprinzip entspricht somit dem EU-Referenzverfahren. Die Untersuchungen erfolgten im Labor der TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH und während eines dreimonatigen Feldtests in Köln. Der geprüfte Messbereich war wie folgt:

Tabelle 1: Geprüfter Messbereich

Messkomponente	Messbereich in [mg/m ³] ¹⁾	Messbereich in [ppm] bzw. [µmol/mol]
Kohlenmonoxid	0–100	0–86

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

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen der DIN EN 14626 (2012) und der VDI 4202-1 (2018) erfüllt.

Im Dezember 2024 wurde die Revision der Richtlinie EN 14626 in englischer Sprache veröffentlicht (Datum der Veröffentlichung 18. Dezember 2024). Die Veröffentlichung der Richtlinie in deutscher Sprache wird im Frühjahr 2024 erwartet. Während der Eignungsprüfung der Messeinrichtung Horiba APMA-380 wurden auch die zukünftig geltenden Anforderungen der EN 14626:2024 berücksichtigt.



Prüfpunkte mit überarbeiteten Anforderungen wurden zusätzlich auch auf Basis der Anforderungen der EN 14626:2024 durchgeführt und ausgewertet.

Im Einzelnen sind dies die Punkte:

- 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion
- 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks
- 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur
- 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur
- 8.5.5 Vergleichstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen (nur Berechnung)

Die Auswertungen auf Basis der Anforderungen der EN 14626:2024 sind im Anhang 1 dieses Berichtes dargestellt. Desweiteren wurde dort auch die Gesamtunsicherheit mit den Prüfergebnissen nach EN 14626:2024 aufgeführt.

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

1.2 Bekanntgabevorschlag

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

Messeinrichtung:

APMA-380 für Kohlenmonoxid

Hersteller:

Horiba Europe GmbH, Oberursel, Deutschland

Eignung:

Zur kontinuierlichen Bestimmung der Immissionskonzentrationen von Kohlenmonoxid in der Aussenluft im stationären Einsatz.

Messbereich in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Kohlenmonoxid	0–100	mg/m ³

Softwareversionen:

A7: P2002638C 1.01
M4: P2002642B 1.00
Analyzer: P2002584C 1.02
FPGA: P2002759A 1.01

Einschränkung:

keine

Hinweise:

1. Die Messeinrichtung erfüllt auch die Anforderungen der EN 14626:2024
2. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.qal1.de einsehbar.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH, Köln
Bericht-Nr.: EuL/21262682/A vom 07. Februar 2025

**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	33
7.3.2 Kalibriereingang	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	34
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	35
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	36
7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	37
7.3.6 Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	38
7.3.7 Unbefugtes Verstellen	Muss Sicherung dagegen enthalten.	Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern durch einen Passwortschutz gesichert.	ja	39
7.3.8 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (4-20 mA bzw. 0-1/5/10) und digital (über Modbus, TCP/IP, RS 232, USB) angeboten.	ja	40
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 und ist durch einen Passwortschutz vor unbefugtem Zugriff gesichert.	ja	41

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7.3.10 Datenübertragungsprotokoll	Zur digitalen Übertragung der Messsignale muss das Messgerät über mindestens ein Datenübertragungsprotokoll verfügen.	Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Bayern-Hessen-Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt. Die Konfiguration ist im Handbuch (siehe Bedienungsanleitung Ergänzungen AP-380 Serie EU Version) im Kapitel 5 ab Seite 7 aufgeführt.	ja	42
7.3.11 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 86 ppm (100 mg/m ³) für Kohlenmonoxid eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 300 ppm sind möglich. Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	43
7.3.12 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Die Messeinrichtung kann negative Messsignale ausgeben.	ja	44
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 nach einer Aufwärmphase selbstständig den Messbetrieb wieder fort. Die Dauer der Aufwärmphase ist abhängig von der Dauer des Stromausfalls.	ja	45
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	46
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 und gesteuert werden.	ja	47
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	48



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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) durchgeführt.	ja	49
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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) durchgeführt.	ja	50
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 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) durchgeführt.	ja	65
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 wurden die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt.	ja	66
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	67
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 14626				
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 21,5 s und für Gerät 2 22,5 s.	ja	74
8.4.4 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift bei Null darf $\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}/12$ h betragen Die Kurzzeitdrift beim Span-Niveau darf $\leq 0,6 \mu\text{mol/mol}/12$ h betragen.	Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2. Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von $0,21 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,04 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2.	ja	78
8.4.5 Wiederholstandardabweichung	Die Wiederholstandardabweichung muss sowohl das Leistungskriterium bei Null $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$ als auch bei der Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt $\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$ erfüllen.	Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von $0,02 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2.	ja	82
8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal $0,5 \mu\text{mol/mol}$ am Nullpunkt sowie maximal 4 % des Messwertes bei Konzentrationen größer Null betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von $0,11 \mu\text{mol/mol}$ am Nullpunkt und maximal 0,71 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von $0,11 \mu\text{mol/mol}$ am Nullpunkt und maximal 0,70 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.	ja	85
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks muss $\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$ betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von $0,05 \mu\text{mol/mol/kPa}$. Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von $0,05 \mu\text{mol/mol/kPa}$.	ja	90



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von $0,00 \mu\text{mol/mol/K}$. Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von $0,00 \mu\text{mol/mol/K}$.	ja	92
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient bst der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal $0,3 \mu\text{mol/mol/K}$. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient bst gewählt. Dies sind für Gerät 1 $0,032 \mu\text{mol/mol/K}$ und für Gerät 2 $0,042 \mu\text{mol/mol/K}$.	ja	94
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$ betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14626 von maximal $0,3 \mu\text{mol/mol/V}$. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Dies sind für Gerät 1 $0,00 \mu\text{mol/mol/V}$ und für Gerät 2 $0,00 \mu\text{mol/mol/V}$.	ja	97
8.4.11 Störkomponenten	Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration c_t (beim Niveau des 1-Stunden Grenzwerts = $8,6 \mu\text{mol/mol}$ für CO). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten CO ₂ , NO und N ₂ O betragen je $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$, für H ₂ O $\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$.	Es ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von - $0,09 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie - $0,04 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei H ₂ O, $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei CO ₂ , - $0,05 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie - $0,05 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei NO, - $0,02 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei N ₂ O. Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich ein Wert von $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei H ₂ O, $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei CO ₂ , $0,04 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie - $0,02 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei NO, $0,02 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie $0,00 \mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2 bei N ₂ O.	ja	99
8.4.12 Mittelungsprüfung	Der Mittelungseinfluss muss bei $\leq 7 \%$ des Messwertes liegen.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14626 wird mit - $0,8 \%$ für Gerät 1 und - $0,8 \%$ für Gerät 2 in vollem Umfang eingehalten.	ja	102

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang	Die Differenz zwischen Proben- und Kalibriergaseingang muss ≤ 1 % sein.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14626 wird mit -0,03 % für Gerät 1 und -0,06 % für Gerät 2 in vollem Umfang eingehalten.	ja	105
8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld nach DIN EN 14626				
8.5.4 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift bei Null darf maximal $\leq 0,5$ $\mu\text{mol/mol}$ betragen. Die Langzeitdrift beim Spannniveau darf maximal ≤ 5 % des Zertifizierungsbereiches betragen.	Die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt DL,z liegt bei 0,15 $\mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 und 0,16 $\mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift am Referenzpunkt DL,s liegt bei -1,18 % für Gerät 1 und -2,47 % 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 je nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14626 mindestens alle 14 Tage erfolgen.	ja	113
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen darf maximal ≤ 5 % des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten betragen.	Die Vergleichsstandardabweichung für Kohlenmonoxid unter Feldbedingungen betrug 2,55 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14626 eingehalten.	ja	110
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss ≥ 90 % betragen	Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14626 erfüllt.	ja	114



2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Firma Horiba Europe GmbH wurde von der TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH eine Eignungsprüfung für die Immissionsmesseinrichtung APMA-380 für Kohlenmonoxid vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

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

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Kohlenmonoxid	0 – 100	mg/m ³

Die Messeinrichtung APMA-380 misst die Komponente Kohlenmonoxid mittels der nicht-dispersiven Infrarot-Photometrie.

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

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Normen:

- 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 14626: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie, vom Dezember 2012
- EN 14626: Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy, Dezember 2024

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Immissionsmesseinrichtung APMA-380 ist ein kontinuierlicher Kohlenmonoxid-Analysator. Das Messprinzip basiert auf der nicht-dispersiven Infrarot-Photometrie. Das Gerät wurde zur kontinuierlichen Messung von Kohlenmonoxid in der Umgebungsluft entwickelt.



Abbildung 1: Darstellung des APMA-380

Das Messprinzip beruht auf der Bestimmung der Lichtabsorption durch das zu messende Gas in der für das Gas charakteristischen Wellenlängenbereichen. 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:

$$I = I_0 * e^{-\alpha Lc}$$

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 CO

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

Die nichtdispersive Infrarotabsorptionsmethode (NDIR), die das Messprinzip des APMA-380 darstellt, nutzt die Eigenschaft, dass CO Infrarotstrahlen in einem bestimmten Wellenlängenbereich absorbiert. Die CO-Konzentration wird gemessen, indem abwechselnd in einem konstanten Zyklus ein Probengas und ein Vergleichsgas, das kein CO enthält, in die Messzelle eingeführt und der Signalunterschied zwischen beiden Gasen verstärkt wird. Wenn im Probengas kein CO vorhanden ist, tritt kein Signalunterschied zwischen dem Probengas und dem Vergleichsgas auf. Dementsprechend ist der Nullpunkt immer stabil und es tritt kein Nullpunktdrift auf. Die Detektoren bestehen aus einem Detektor zur Messung, der hauptsächlich CO misst, und einem Detektor zur Interferenzkorrektur, der hauptsächlich Feuchtigkeit misst, die Bestandteil des Interferenzgases ist. Das Produkt ist so konzipiert, dass es durch Verwendung dieser beiden Detektoren zur Messung und gleichzeitiger Interferenzkorrektur äußerst genaue Messwerte erhält.

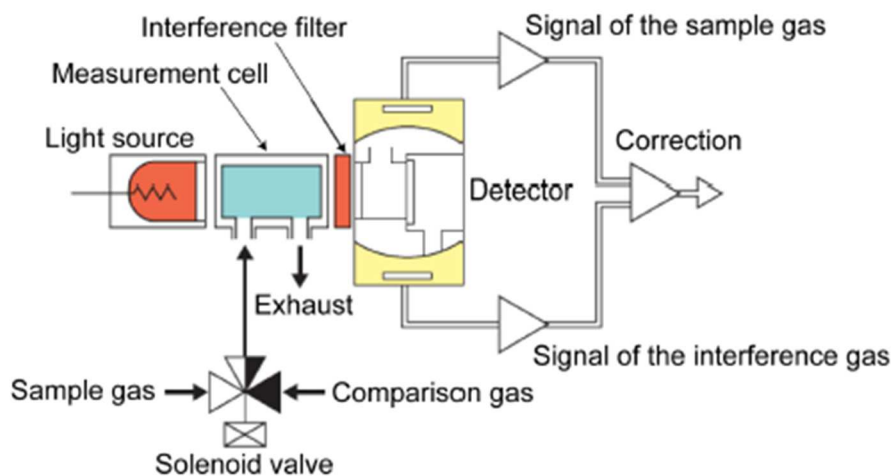


Abbildung 2: NDIR Messverfahren

Übersetzung Abbildung 2:

Interference filter = Interferenz Filter

Measurement cell = Messzelle

Light source = Lichtquelle

Sample Gas = Probengas

Exhaust = Gasausgang

Comparison Gas = Vergleichsgas

Solenoid valve = Magnetventil

Signal of the sample gas = Mess Signal

Detector = Detektor

Correction = Korrektur

Signal of the interference gas = Signal des Interferenz gases

3.2 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Der Analysator APMA-380 verwendet eine beheizte Infrarotquelle, um einen Strahl von Breitband-IR-Licht mit einer bekannten Intensität (gemessen während der Gerätekalibrierung) zu erzeugen. Dieser Strahl wird mehrmals durch die mit Messgas gefüllte Messkammer geschickt. Die Messkammer verwendet Spiegel an jedem Ende um den IR-Strahl durch die Messkammer mehrmals hin- und herzuschicken (siehe Abbildung 3), um einen langen Absorptionspfad zu erzeugen. Die absolute Länge, die das reflektierte Licht zurücklegt, steht in direkter Relation zu der beabsichtigten Genauigkeit des Geräts. Je niedriger die Konzentrationen, die das Gerät erkennen soll, desto länger muss der Lichtpfad sein um erkennbare Abschwächungen zu erzeugen.

Beim Verlassen der Messkammer durchläuft der Lichtstrahl einen Bandfilter, welcher nur Licht mit einer Wellenlänge von $4,7 \mu\text{m}$ passieren lässt. Zum Schluss trifft der Strahl auf einen Photodetektor, der das Lichtsignal zu einem modulierten Spannungssignal umwandelt, das die abgeschwächte Intensität des Strahls repräsentiert.

Da Wasserdampf auch Licht mit $4,7 \mu\text{m}$ absorbiert wird ein Gasfilterkorrelationsrad (GFC) zu dem IR-Lichtpfad hinzugefügt, um so den Störeffekt von Wasserdampf verhindern zu können. Das GFC-Rad ist ein metallisches Rad mit zwei Kammern. Die Kammern sind auf beiden Seiten mit einem für $4,7 \mu\text{m}$ IR-Strahlung transparenten Material luftdicht verschlossen. Jeder Hohlraum ist hauptsächlich mit Gasgemischen gefüllt. Eine Kammer ist mit reinem N_2 gefüllt (die Messkammer). Die andere ist mit einer Mischung aus N_2 und einer hohen Konzentration von CO gefüllt (die Referenzkammer). Wenn sich das GFC-Rad dreht, passiert das IR-Licht abwechselnd durch diese zwei Hohlräume. Wenn der Strahl auf die Referenzkammer trifft, befreit das CO im Gasfilterrad den Strahl von dem meisten IR mit $4,7 \mu\text{m}$. Wenn der Lichtstrahl auf die Messkammer trifft, absorbiert das N_2 im Filterrad das IR-Licht nicht. Somit wird eine Fluktuation der Intensität des IR-Lichts auf den Photodetektor erzeugt, wodurch ein Messsignal ermittelt werden kann.



Die Tabelle 2 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des APMA-380.

Tabelle 2: Gerätetechnische Daten APMA-380 (Herstellerangaben)

Messbereich:	Maximal 0–300 ppm (auswählbar)
Einheiten:	ppm / mg/m ³
Gemessene Verbindungen:	Kohlenmonoxid
Probenfluss:	ca. 1,5 Liter/min (während der Prüfung)
Ausgänge:	<ul style="list-style-type: none">• Ethernet TCP/IP• Modbus• Serielle Schnittstelle, RS232• 0 – 1/5/10 Volt analog• 4 – 20 mA analog• USB
Eingangsspannung:	100 V bis 240 V, 50 Hz oder 60 Hz
Leistung:	90 W; maximal 130 W
Abmessungen (L x B x H) / Gewicht:	568 x 430 x 221 mm / ca. 16 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 APMA-380 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 Softwareversionen

Der APMA-380 Analysator arbeitet mit verschiedenen Boards and Prozessoren. Im Display des Systems werden 5 unterschiedliche Softwareversionen angezeigt.

„FPGA“ and „Analyzer“: Diese beiden Versionen sind auf dem Geräte-spezifischen Messmodul installiert.

„A7“ und „M7“: Diese beiden Versionen sind auf dem Analysator CPU Board installiert. Das Analysator CPU Board ist bei allen Geräten der Baureihe APxx-380 identisch.

„I/O#1“: diese Software ist nur für das optional erhältliche Analogsignal Board relevant. Die analoge Datenausgabe ist für Immissionsmessgeräte auf Basis der hier genannten Richtlinien nicht zwingend vorgegeben. Die „I/O#1“ Software wird im Bekanntgabertext nicht aufgeführt.

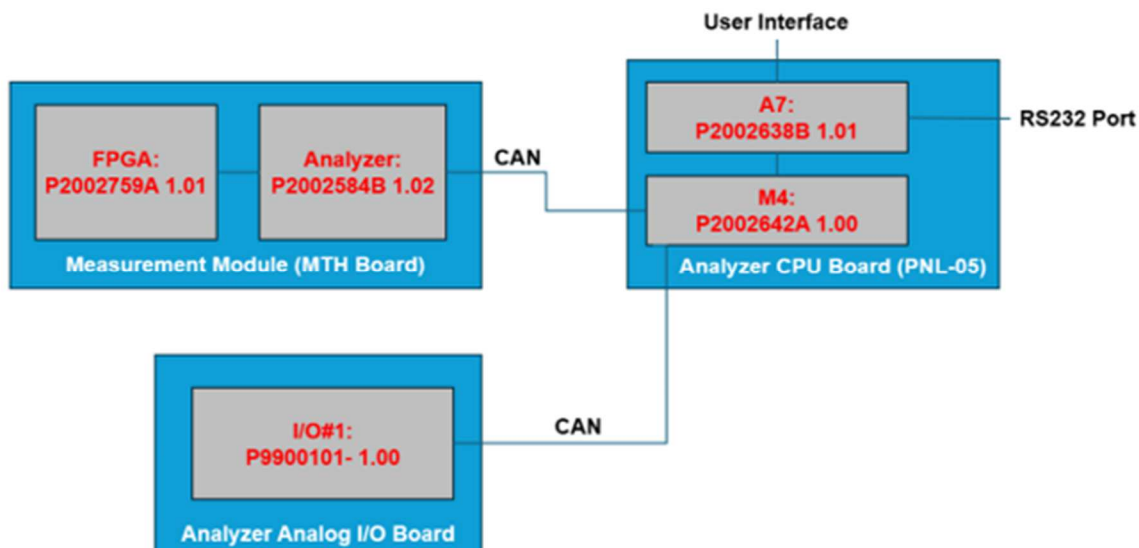


Abbildung 3: Softwareübersicht

Nach Abschluss der Prüfarbeiten wurden folgende Softwareupdates eingeführt.

A7:	P2002638B	1.01	→	A7:	P2002638C	1.01
M4:	P2002642A	1.00	→	M4:	P2002642B	1.00
Analyzer:	P2002584B	1.02	→	Analyzer:	P2002584C	1.02
FPGA:	P2002759A	1.01	→	unverändert		

Bei den Softwareupdates handelt es sich um eine Reihe kleinerer Fehlerbehebungen sowie kosmetische Verbesserungen. Die Softwareänderungen wurden dem Prüfinstitut übermittelt und als Änderungen vom Typ 0 auf Basis der DIN EN 15267 eingestuft. Im Bekanntgabertext dieses Berichts wird direkt auf die nun aktuellen Softwareversionen verwiesen.

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten APMA-380 mit den Seriennummern

Gerät 1: SN 8R1M02V4 und

Gerät 2: SN 17F8J2F3.

Die Prüfung wurde mit folgenden Softwareversionen durchgeführt:

A7: P2002638B 1.01

M4: P2002642A 1.00

Analyzer: P2002584B 1.02

FPGA: P2002759A 1.01

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 Normen [1, 2, 3] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

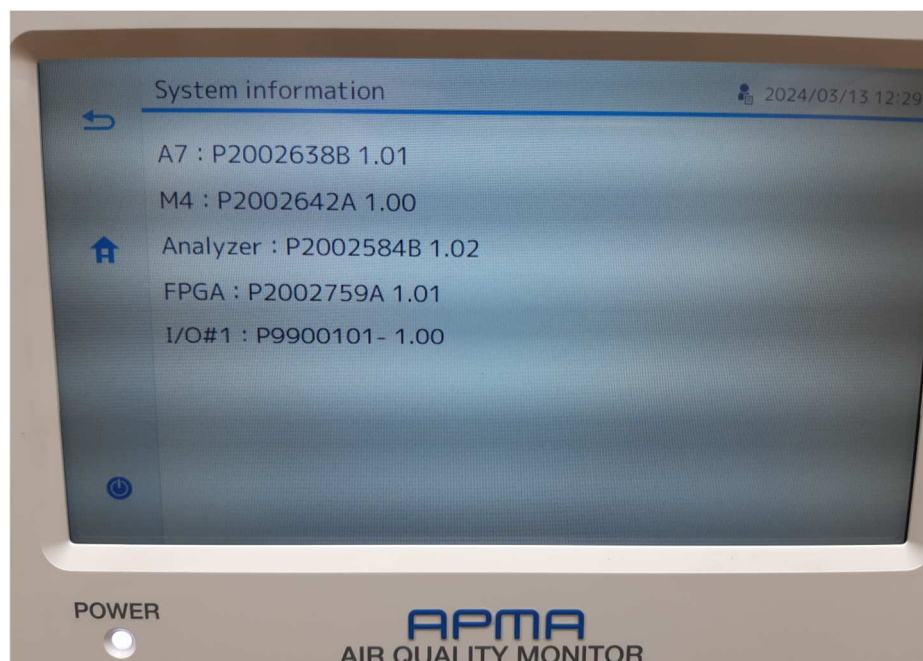


Abbildung 4: Softwareversion der APMA-380 Testgeräte

Nach Abschluss der Prüfarbeiten wurde ein Softwareupdate eingeführt. Details zum Softwareupdate sind in Kapitel 3.4 dargestellt.

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs APMA-380 mit den Seriennummern SN: 8R1M02V4 und SN: 17F8J2F3 durchgeführt. Nach den Normen [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 14626 und VDI 4202-1 wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen des Typs APMA-380 vom 29.04.2024 bis zum 02.08.2024 durchgeführt. Die eingesetzten Messgeräte waren identisch mit den während des Labortests geprüften Geräten. Die Seriennummern waren wie folgt:

Gerät 1: SN 8R1M02V4

Gerät 2: SN 17F8J2F3

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 5: 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 Probengasleitung 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.

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid, Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Seite 31 von 259



Abbildung 6: APMA-380 in der Messstation während des Feldtests



5. Referenzmessverfahren

5.1 Messverfahren

Während der Prüfung zur Justierung der Geräte benutzte Prüfgase

Zur Prüfung der Leistungsparameter wurden zertifizierte Kohlenmonoxid Prüfgase eingesetzt. Die bezeichneten Prüfgase wurden während der gesamten Prüfung eingesetzt und gegebenenfalls mittels einer Massenstromregler-Station (Typ- HovaGas) verdünnt.

Nullgas:	Synthetische Luft
Prüfgas CO:	101,5 ppm in synth. Luft
Flaschennummer:	17373
Hersteller / Herstelldatum:	Nippon Gases / 10.11.2023
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	60 Monate
Überprüfung des Zertifikates am / durch:	04.12.2023 / Eigenlabor
Messunsicherheit gemäß Kalibrierschein:	2 %
Prüfgas CO:	205 ppm in synth. Luft
Flaschennummer:	16954
Hersteller / Herstelldatum:	Nippon Gases / 07.04.2021
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	60 Monate
Überprüfung des Zertifikates am / durch:	27.05.2021 / Eigenlabor
Rel. Unsicherheit gemäß Zertifikat:	2 %

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 7 zeigt einen Prüfling mit integrierter Messwertanzeige.



Abbildung 7: APMA-380 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 Prüfgaseingangs 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 des Partikelfilters am Probengaseingang. Die Austauschraten des Partikelfilters hängt 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 7 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 APMA-380 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. Der Hersteller gibt die Rüstzeit im Handbuch (siehe Bedienungsanleitung Ergänzungen AP-380 Serie EU Version) in Kapitel 2. auf Seite 4 mit einer Stunde an.

Beim Einschalten aus völlig kaltem Zustand benötigte das Gerät ca. 180 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. 3 Stunden angegeben (siehe Bedienungsanleitung Ergänzungen AP-380 Serie EU Version, Kapitel 2. auf Seite 4).

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. eine Stunde und die Einlaufzeit je nach notwendiger Stabilisierungszeit bis zu 3 Stunden.

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 40 °C liegen.

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

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller maximal 90 W angegeben. Im Anfahrbetrieb (Aufheizen) wurden kurzzeitig Verbrauchswerte von 130 Watt gemessen. Im Normalbetrieb liegt der Verbrauch bei ca. 90 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, 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: 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 (4-20 mA bzw. 0-1/5/10) und digital (über Modbus, TCP/IP, RS 232, USB) angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist über entsprechende Anschlüsse an den Geräten möglich (z.B. Analogeingänge).

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

Ein PC.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt über verschiedene digitale Übertragungswege. Darüber hinaus besteht auch über die Möglichkeit Daten durch Analogsignale auszugeben.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden in digitaler Form folgendermaßen angeboten:

TCP/IP, Modbus, RS232 oder USB

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 und ist durch einen Passwortschutz vor unbefugtem Zugriff gesichert.

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 Bayern-Hessen-Übertragungsprotokoll. Weitere Datenübertragungsprotokolle sind in Absprache mit dem Hersteller verfügbar.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein 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 Bayern-Hessen-Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt. Die Konfiguration ist im Handbuch (siehe Bedienungsanleitung Ergänzungen AP-380 Serie EU Version) im Kapitel 5 ab Seite 7 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 300 ppm eingestellt werden.

Möglicher Messbereich: 300 ppm
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs für CO: 100 mg/m³ (86 ppm oder µmol/mol)

6.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 86 ppm (100 mg/m³) für Kohlenmonoxid eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 300 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 die Norm DIN EN 14626 enthalten folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von kontinuierlichen Immissionsmessgeräten für Kohlenmonoxid:

Tabelle 3: Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14626

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in mg/m ³	in mg/m ³	in mg/m ³	
Kohlenmonoxid	0	100	10	8 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. Die Aufwärmphase wird durch ein Statussignal angezeigt.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt nach einer Aufwärmphase 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, TCP/IP oder USB und analoge Ein- und Ausgänge. Über die TCP/IP 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 und gesteuert 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 „System Setting“ eingesehen werden.

Die während der Prüfung installierten Softwareversionen, sowie die aktuelle gültigen Softwareversionen sind im Kapitel 3.4 aufgeführt.

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 4 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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 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 EN 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 14626 (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 0,1 µmol/mol betragen.
Die Kurzzeitdrift beim Spanwert darf maximal 0,60 µmol/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 14626 (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 0,3 µmol/mol nicht überschreiten.

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf 0,4 µmol/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 14626 (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 0,5 µmol/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 14626 (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 0,7 (µmol/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 14626 (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 0,3 (µmol/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 14626 (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 0,3 (µmol/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 14626 (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 ($\mu\text{mol/mol}$)/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 14626 (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 14626 (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 Mittelungsprüfung nach DIN EN 14626 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 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 Kalibrieringang

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 14626 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang.

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

Bei der hier geprüften Messeinrichtung handelt es sich nicht um ein NO_x oder Ozon Messgerät. Somit ist dieser Prüfpunkt nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Dieser Prüfpunkt ist nicht zutreffend, da die Messeinrichtung kein NO_x oder Ozon misst.
Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

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 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 14626 (2012) und der EN 14626 (2024) 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 wurden die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt.

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 Probenahmeeeinrichtung 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 0,5 µmol/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 14626 (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 14626 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1

8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für CO 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 14626 (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 Auswertung zur Ermittlung der Verfügbarkeit ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Verfügbarkeit nach DIN EN 14626 (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

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 8-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 14626 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14626 (2012) angegeben.

6.4 Auswertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14626 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14626 (2012) angegeben.

6.5 Bewertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14626 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14626 (2012) angegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



7. Prüfergebnisse nach DIN EN 14626 (2012)

7.1 8.4.3 Einstellzeit

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

7.2 Durchführung der Prüfung

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 8. 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 8 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

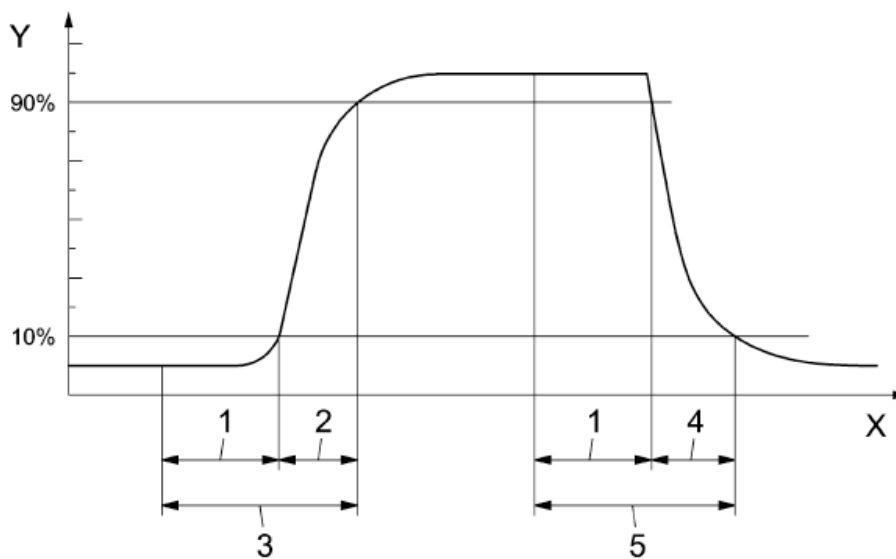
Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgerätes vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten (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 8: Veranschaulichung der Einstellzeit

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14626 durchgeführt. Die Datenaufzeichnung erfolgte dabei mit einem externen Datenlogger.



7.4 Auswertung

Tabelle 4: Einstellzeiten der Messeinrichtung APMA-380 für Kohlenmonoxid

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Anstieg t_r [s]	≤ 180 s	21,5	✓	21	✓
Mittelwert Abfall t_f [s]	≤ 180 s	20,5	✓	22,5	✓
Differenz t_d [s]	≤ 10 s	1,0	✓	-1,5	✓

Für Gerät 1 ergibt sich für Kohlenmonoxid ein maximales t_r von 21,5 s, ein maximales t_f von 20,5 s und ein t_d von 1 s.

Für Gerät 2 ergibt sich für Kohlenmonoxid ein maximales t_r von 21 s, ein maximales t_f von 22,5 s und ein t_d von -1,5 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 21,5 s und für Gerät 2 22,5 s.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 5: Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente Kohlenmonoxid

13.03.2024		Gerät 1					
80%		Anstieg			Abfall		
Messbereich bis	68,97	0,0 0,00	0,9 62,07	1,0 68,97	1,0 68,97	0,1 6,90	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	12:17:00	12:17:22	12:17:30	12:23:00	12:23:21	12:23:30
	delta t		00:00:22			00:00:21	
	delta t [s]		22			21	
2. Durchgang	t = 0	12:29:00	12:29:21	12:29:30	12:35:00	12:35:20	12:35:30
	delta t		00:00:21			00:00:20	
	delta t [s]		21			20	
3. Durchgang	t = 0	12:41:00	12:41:21	12:41:30	12:47:00	12:47:20	12:47:30
	delta t		00:00:21			00:00:20	
	delta t [s]		21			20	
4. Durchgang	t = 0	12:53:00	12:53:22	12:53:30	12:59:00	12:59:21	12:59:30
	delta t		00:00:22			00:00:21	
	delta t [s]		22			21	

13.03.2024		Gerät 2					
80%		Anstieg			Abfall		
Messbereich bis	68,97	0,0 0,00	0,9 62,07	1,0 68,97	1,0 68,97	0,1 6,90	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	12:17:00	12:17:21	12:17:30	12:23:00	12:23:30	12:23:30
	delta t		00:00:21			00:00:30	
	delta t [s]		21			30	
2. Durchgang	t = 0	12:29:00	12:29:21	12:29:30	12:35:00	12:35:19	12:35:30
	delta t		00:00:21			00:00:19	
	delta t [s]		21			19	
3. Durchgang	t = 0	12:41:00	12:41:21	12:41:30	12:47:00	12:47:21	12:47:30
	delta t		00:00:21			00:00:21	
	delta t [s]		21			21	
4. Durchgang	t = 0	12:53:00	12:53:21	12:53:30	12:59:00	12:59:20	12:59:30
	delta t		00:00:21			00:00:20	
	delta t [s]		21			20	



7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift bei Null darf $\leq 0,1 \mu\text{mol/mol}/12\text{h}$ betragen

Die Kurzzeitdrift beim Span-Niveau darf $\leq 0,60 \mu\text{mol/mol}/12\text{h}$ betragen.

7.2 Durchführung der Prüfung

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 14626 durchgeführt. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14626 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für Kohlenmonoxid 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 [$\mu\text{mol/mol}$]	-	0,16		0,16	
Mittelwert Nullpunkt Endwerte (12h) [$\mu\text{mol/mol}$]	-	0,16		0,16	
Mittelwert Span Anfangswerte [$\mu\text{mol/mol}$]	-	65,47		65,60	
Mittelwert Span Endwerte (12h) [$\mu\text{mol/mol}$]	-	65,67		65,64	
12-Stunden-Drift Nullniveau $D_{s,z}$ [$\mu\text{mol/mol}$]	$\leq 0,1$	0,00	✓	0,00	✓
12-Stunden-Drift Spanniveau $D_{s,s}$ [$\mu\text{mol/mol}$]	$\leq 0,6$	0,21	✓	0,04	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ für Gerät 2.

Es ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von 0,21 $\mu\text{mol/mol}$ für Gerät 1 sowie 0,04 $\mu\text{mol/mol}$ 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		
Nullpunkt		
04.04.2024	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
15:40:00	0,16	0,16
15:41:00	0,16	0,16
15:42:00	0,16	0,16
15:43:00	0,16	0,16
15:44:00	0,16	0,16
15:45:00	0,16	0,16
15:46:00	0,16	0,16
15:47:00	0,16	0,16
15:48:00	0,16	0,16
15:49:00	0,16	0,16
15:50:00	0,16	0,16
15:51:00	0,16	0,16
15:52:00	0,16	0,16
15:53:00	0,16	0,16
15:54:00	0,16	0,16
15:55:00	0,16	0,16
15:56:00	0,16	0,16
15:57:00	0,16	0,16
15:58:00	0,16	0,16
15:59:00	0,16	0,16
Mittelwert	0,16	0,16

Anfangswerte		
Span-Konzentration		
04.04.2024	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
16:10:00	65,41	65,58
16:11:00	65,41	65,58
16:12:00	65,47	65,58
16:13:00	65,47	65,58
16:14:00	65,47	65,58
16:15:00	65,47	65,58
16:16:00	65,47	65,63
16:17:00	65,47	65,63
16:18:00	65,47	65,63
16:19:00	65,47	65,63
16:20:00	65,47	65,58
16:21:00	65,47	65,58
16:22:00	65,47	65,58
16:23:00	65,52	65,58
16:24:00	65,47	65,63
16:25:00	65,47	65,63
16:26:00	65,47	65,63
16:27:00	65,52	65,63
16:28:00	65,47	65,63
16:29:00	65,47	65,63
Mittelwert	65,47	65,60

Tabelle 8: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe

Nach 12h		
Nullpunkt		
05.04.2024	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
03:40:00	0,16	0,16
03:41:00	0,16	0,16
03:42:00	0,16	0,16
03:43:00	0,16	0,16
03:44:00	0,16	0,16
03:45:00	0,16	0,16
03:46:00	0,16	0,16
03:47:00	0,16	0,16
03:48:00	0,16	0,16
03:49:00	0,16	0,16
03:50:00	0,16	0,16
03:51:00	0,16	0,16
03:52:00	0,16	0,16
03:53:00	0,16	0,16
03:54:00	0,16	0,16
03:55:00	0,16	0,16
03:56:00	0,16	0,16
03:57:00	0,16	0,16
03:58:00	0,16	0,16
03:59:00	0,16	0,16
Mittelwert	0,16	0,16

Nach 12h		
Span-Konzentration		
05.04.2024	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
04:10:00	65,68	65,63
04:11:00	65,68	65,63
04:12:00	65,68	65,63
04:13:00	65,68	65,63
04:14:00	65,68	65,63
04:15:00	65,63	65,63
04:16:00	65,63	65,63
04:17:00	65,68	65,63
04:18:00	65,68	65,63
04:19:00	65,68	65,63
04:20:00	65,68	65,63
04:21:00	65,68	65,68
04:22:00	65,68	65,63
04:23:00	65,68	65,68
04:24:00	65,68	65,68
04:25:00	65,68	65,68
04:26:00	65,68	65,63
04:27:00	65,68	65,63
04:28:00	65,68	65,63
04:29:00	65,63	65,63
Mittelwert	65,67	65,64



7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

Die Wiederholstandardabweichung muss sowohl das Leistungskriterium bei Null $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$ als auch bei der Prüfgaskonzentration am Referenzpunkt $\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$ 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 dem 8-Stunden-Grenzwert 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 (8-Stunden-Grenzwert) 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 $\mu\text{mol/mol}$
- $s_{r,z}$ die Wiederholstandardabweichung bei null, in $\mu\text{mol/mol}$
- 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 14626 durchgeführt. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14626 bei einem Konzentrationslevel von ca. 8,6 µmol/mol CO 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 [µmol/mol]	≤ 0,3	0,00	✓	0,00	✓
Wiederholstandardabweichung $s_{r,ct}$ bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,4	0,02	✓	0,00	✓
Nachweisgrenze [µmol/mol]		0,00		0,00	

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 0,02 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/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

13.03.2024 Null Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
14:40:00	0,11	0,11
14:41:00	0,11	0,11
14:42:00	0,11	0,11
14:43:00	0,11	0,11
14:44:00	0,11	0,11
14:45:00	0,11	0,11
14:46:00	0,11	0,11
14:47:00	0,11	0,11
14:48:00	0,11	0,11
14:49:00	0,11	0,11
14:50:00	0,11	0,11
14:51:00	0,11	0,11
14:52:00	0,11	0,11
14:53:00	0,11	0,11
14:54:00	0,11	0,11
14:55:00	0,11	0,11
14:56:00	0,11	0,11
14:57:00	0,11	0,11
14:58:00	0,11	0,11
14:59:00	0,11	0,11
Mittelwert	0,11	0,11

13.03.2024 Ct-Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
15:14:00	8,76	8,82
15:15:00	8,76	8,82
15:16:00	8,76	8,82
15:17:00	8,76	8,82
15:18:00	8,76	8,82
15:19:00	8,76	8,82
15:20:00	8,82	8,82
15:21:00	8,82	8,82
15:22:00	8,82	8,82
15:23:00	8,76	8,82
15:24:00	8,76	8,82
15:25:00	8,76	8,82
15:26:00	8,76	8,82
15:27:00	8,76	8,82
15:28:00	8,76	8,82
15:29:00	8,76	8,82
15:30:00	8,76	8,82
15:31:00	8,76	8,82
15:32:00	8,76	8,82
15:33:00	8,76	8,82
Mittelwert	8,77	8,82

7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 0,5 µmol/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 14626 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:

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

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14626 durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

Tabelle 11: Abweichungen der Analysenfunktion für Kohlenmonoxid

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Größte relative Abweichung r_{max} [%]	$\leq 4,0$	0,71	✓	0,70	✓
Abweichung bei Null r_z [$\mu\text{mol/mol}$]	$\leq 0,5$	0,11	✓	0,11	✓

In Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für Kohlenmonoxid graphisch dargestellt.

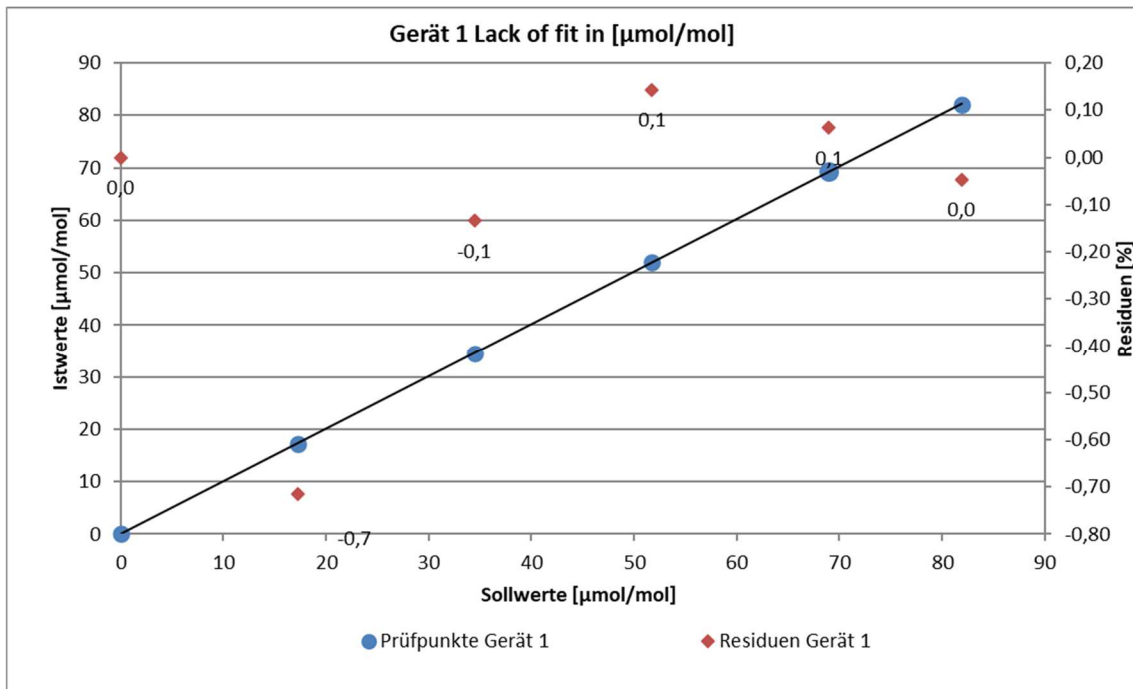


Abbildung 9: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1

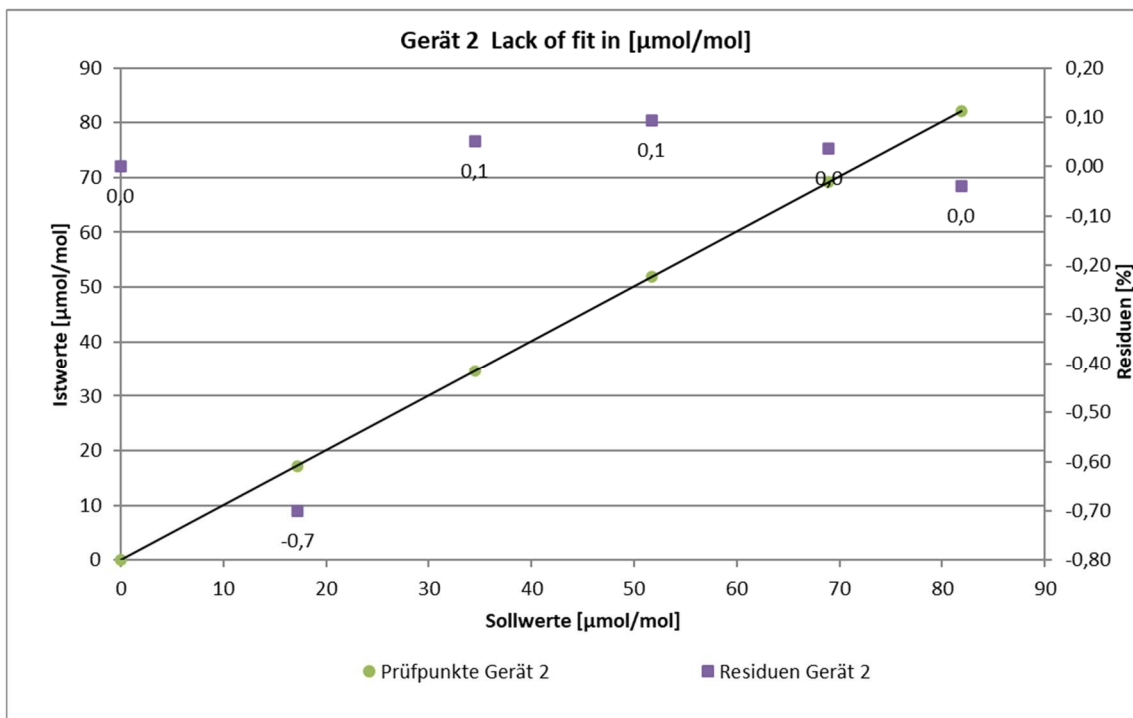


Abbildung 10: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2



7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,11 µmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,71 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,11 µmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,70 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Die Abweichungen von der idealen Regressionsgeraden überschreiten nicht die in der DIN EN 14626 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

13.03.2024		Gerät 1 [$\mu\text{mol/mol}$]		Gerät 2 [$\mu\text{mol/mol}$]	
Zeit	Stufe [%]	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i
13:23:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:24:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:25:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:26:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:27:00	80	69,28	68,97	69,18	68,97
Mittelwert		69,24		69,18	
$r_{c,rel}$		0,06		0,04	
13:43:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:44:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:45:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:46:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:47:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
Mittelwert		34,56		34,62	
$r_{c,rel}$		-0,13		0,05	
13:53:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:54:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:55:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:56:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:57:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
Mittelwert		0,11		0,11	
r_z		0,11		0,11	
14:03:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:04:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:05:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:06:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:07:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
Mittelwert		51,98		51,92	
$r_{c,rel}$		0,14		0,09	
14:13:00	20	17,15	17,24	17,20	17,24
14:14:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:15:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:16:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:17:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
Mittelwert		17,19		17,20	
$r_{c,rel}$		-0,71		-0,70	
14:23:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:24:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:25:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:26:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:27:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
Mittelwert		82,13		82,08	
$r_{c,rel}$		-0,05		-0,04	



7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss $\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bei absoluten Drücken von etwa $80 \text{ kPa} \pm 0,2 \text{ kPa}$ und etwa $110 \text{ kPa} \pm 0,2 \text{ kPa}$ 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:

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

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 14626 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} [$\mu\text{mol/mol/kPa}$]	$\leq 0,7$	0,05	✓	0,05	✓

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,05 $\mu\text{mol/mol/kPa}$.

Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,05 $\mu\text{mol/mol/kPa}$.

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
			[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
14:13:00	80	64,66	65,63	66,22
14:14:00	80	64,66	65,63	66,22
14:15:00	80	64,66	65,58	66,17
Mittelwert C_{P1}			65,61	66,20
14:38:00	110	64,66	64,07	64,72
14:39:00	110	64,66	64,07	64,72
14:40:00	110	64,66	64,45	64,66
Mittelwert C_{P2}			64,20	64,70



7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur werden Messungen bei Probengastemperaturen von $T_1 = 0 \text{ °C}$ und $T_2 = 30 \text{ °C}$ 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 14626 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. Probengasdruck b_{gt} [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,00	✓	0,00	✓

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$.

Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$.

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
			[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
08:41:00	0	64,66	65,09	65,31
08:42:00	0	64,66	65,15	65,36
08:43:00	0	64,66	65,09	65,36
Mittelwert $C_{GT,1}$			65,11	65,34
14:45:00	30	64,66	65,04	65,41
14:46:00	30	64,66	64,98	65,36
14:47:00	30	64,66	64,98	65,41
Mittelwert $C_{GT,2}$			65,00	65,40



7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

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

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

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_l

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_l
- x_2 der zweite Mittelwert der Messungen bei T_l
- 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 14626 durchgeführt.

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 [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,004	✓	0,000	✓
Empf. Koeffizient bei 30 °C für Nullniveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,010	✓	0,004	✓
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Span-Niveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,005	✓	0,042	✓
Empf. Koeffizient bei 30°C für Span-Niveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,032	✓	0,013	✓

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 $0,3 \mu\text{mol/mol/K}$. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b_{st} gewählt. Dies sind für Gerät 1 $0,032 \mu\text{mol/mol/K}$ und für Gerät 2 $0,042 \mu\text{mol/mol/K}$.

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 [$\mu\text{mol/mol}$]	Gerät 2 [$\mu\text{mol/mol}$]	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [$\mu\text{mol/mol}$]	Gerät 2 [$\mu\text{mol/mol}$]
08.04.2024	08:21:00	20	0,11	0,11	08:36:00	20	65,15	65,15
08.04.2024	08:22:00	20	0,11	0,11	08:37:00	20	65,15	65,15
08.04.2024	08:23:00	20	0,11	0,11	08:38:00	20	65,20	65,09
Mittelwert ($X_{1(TS1)}$)			0,11	0,11			65,16	65,13
08.04.2024	18:05:00	0	0,05	0,16	18:20:00	0	65,41	64,39
08.04.2024	18:06:00	0	0,00	0,11	18:21:00	0	65,47	64,45
08.04.2024	18:07:00	0	0,05	0,11	18:22:00	0	65,47	64,45
Mittelwert ($X_{TS,1}$)			0,04	0,13			65,45	64,43
09.04.2024	07:40:00	20	0,11	0,16	07:52:00	20	65,52	65,41
09.04.2024	07:41:00	20	0,11	0,16	07:53:00	20	65,52	65,41
09.04.2024	07:42:00	20	0,11	0,11	07:54:00	20	65,52	65,41
Mittelwert ($X_{2(TS1)} = X_{1(TS2)}$)			0,11	0,14			65,52	65,41
09.04.2024	18:06:00	30	0,22	0,11	18:19:00	30	65,74	65,25
09.04.2024	18:07:00	30	0,22	0,05	18:20:00	30	65,84	65,25
09.04.2024	18:08:00	30	0,22	0,11	18:21:00	30	65,74	65,25
Mittelwert ($X_{TS,2}$)			0,22	0,09			65,77	65,25
10.04.2024	07:02:00	20	0,16	0,16	07:14:00	20	65,36	65,36
10.04.2024	07:03:00	20	0,11	0,11	07:15:00	20	65,36	65,36
10.04.2024	07:04:00	20	0,11	0,11	07:16:00	20	65,41	65,36
Mittelwert ($X_{2(TS2)}$)			0,13	0,13			65,38	65,36

7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$ 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 Norm DIN EN 14626 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 [$\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{V}$]	$\leq 0,3$	0,00	✓	0,00	✓
Empf. Koeff. elekt. Spannung b_v bei Span [$\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{V}$]	$\leq 0,3$	0,00	✓	0,00	✓

7.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14626 von maximal 0,3 $\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{V}$. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Dies sind für Gerät 1 0,00 $\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{V}$ und für Gerät 2 0,00 $\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{V}$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 20: Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung

25.03.2024			Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	Spannung [V]	Konzentration	[$\mu\text{mol}/\text{mol}$]	[$\mu\text{mol}/\text{mol}$]
07:28:00	207	0,00	0,16	0,22
07:29:00	207	0,00	0,16	0,22
07:30:00	207	0,00	0,16	0,22
Mittelwert C_{V1} bei Null			0,16	0,22
07:38:00	253	0,00	0,16	0,22
07:39:00	253	0,00	0,16	0,22
07:40:00	253	0,00	0,16	0,22
Mittelwert C_{V2} bei Null			0,16	0,22
07:55:00	207	65,50	65,84	65,95
07:56:00	207	65,50	65,84	65,95
07:57:00	207	65,50	65,84	65,95
Mittelwert C_{V1} bei Span			65,84	65,95
08:05:00	253	65,50	65,90	66,01
08:06:00	253	65,50	65,95	66,06
08:07:00	253	65,50	65,95	66,01
Mittelwert C_{V2} bei Span			65,93	66,02

7.1 8.4.11 Störkomponenten

Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration c_t (beim Niveau des 8-Stunden Grenzwerts = $8,6 \mu\text{mol/mol}$ für CO). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten CO_2 , NO und N_2O betragen je $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ sowie für $\text{H}_2\text{O} \leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$.

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 dem 8-Stunden-Grenzwert ($8,6 \mu\text{mol/mol}$ für CO) 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 8-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 14626 durchgeführt. Die Geräte wurden bei Null und der Konzentration c_t (ca. $8,6 \mu\text{mol/mol}$) 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 14626

Störkomponente	Wert
H ₂ O	19 mmol/mol
CO ₂	500 µmol/mol
NO	1 µmol/mol
N ₂ O	50 nmol/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 ($c_t = 8,6 \mu\text{mol/mol}$)

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei Null [µmol/mol]	≤ 1,0 µmol/mol	-0.09	✓	-0.04	✓
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei c_t [µmol/mol]	≤ 1,0 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente NO bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	-0.05	✓	-0.05	✓
Einflussgröße Störkomponente NO bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.04	✓	-0.02	✓
Einflussgröße Störkomponente N ₂ O bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	-0.02	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente N ₂ O bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.02	✓	0.00	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von -0,09 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,04 µmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei CO₂, -0,05 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,05 µmol/mol für Gerät 2 bei NO, -0,02 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei N₂O.

Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich ein Wert von 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei CO₂, 0,04 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,02 µmol/mol für Gerät 2 bei NO, 0,02 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei N₂O.

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)	13:36:00	0,16	0,16	13:51:00	0,05	0,11
	13:37:00	0,16	0,16	13:52:00	0,05	0,11
	13:38:00	0,11	0,11	13:53:00	0,05	0,11
	Mittelwert x_z	0,14	0,14	Mittelwert x_z	0,05	0,11
Prüfgas c _t + H ₂ O (19 mmol/mol)	14:02:00	8,87	8,92	14:13:00	8,87	8,92
	14:03:00	8,87	8,92	14:14:00	8,87	8,92
	14:04:00	8,87	8,92	14:15:00	8,87	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92
Nullgas + CO ₂ (500 µmol/mol)	12:55:00	0,05	0,11	13:06:00	0,05	0,11
	12:56:00	0,05	0,11	13:07:00	0,05	0,11
	12:57:00	0,05	0,11	13:08:00	0,05	0,11
	Mittelwert x_z	0,05	0,11	Mittelwert x_z	0,05	0,11
Prüfgas c _t + CO ₂ (500 µmol/mol)	13:15:00	8,87	8,92	13:25:00	8,87	8,92
	13:16:00	8,87	8,92	13:26:00	8,87	8,92
	13:17:00	8,87	8,92	13:27:00	8,87	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92
Nullgas + NO (1 µmol/mol)	09:38:00	0,11	0,11	09:47:00	0,05	0,05
	09:39:00	0,11	0,11	09:48:00	0,05	0,05
	09:40:00	0,11	0,11	09:49:00	0,05	0,05
	Mittelwert x_z	0,11	0,11	Mittelwert x_z	0,05	0,05
Prüfgas c _t + NO (1 µmol/mol)	09:59:00	8,76	8,82	10:10:00	8,76	8,76
	10:00:00	8,71	8,76	10:11:00	8,76	8,76
	10:01:00	8,71	8,76	10:12:00	8,76	8,76
	Mittelwert x_{ct}	8,73	8,78	Mittelwert x_{ct}	8,76	8,76
Nullgas + N ₂ O (50 nmol/mol)	10:36:00	0,27	0,27	10:54:00	0,22	0,27
	10:37:00	0,22	0,27	10:55:00	0,22	0,27
	10:38:00	0,22	0,27	10:56:00	0,22	0,27
	Mittelwert x_z	0,23	0,27	Mittelwert x_z	0,22	0,27
Prüfgas c _t + N ₂ O (50 nmol/mol)	11:11:00	8,87	8,92	11:29:00	8,92	8,92
	11:12:00	8,92	8,92	11:30:00	8,92	8,92
	11:13:00	8,92	8,92	11:31:00	8,92	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,90	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,92	8,92



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 Probengas, 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 Kohlenmonoxid Konzentration zwischen null und der Konzentration c_t (8,6 $\mu\text{mol/mol}$).

Die Zeitspanne (t_c) der konstanten Kohlenmonoxid-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne (t_v) der sich ändernden Kohlenmonoxid-Konzentration muss ebenfalls mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne sein. Die Zeitspanne (t_{CO}) für die Kohlenmonoxid-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_{CO} - und t_{zero} -Paare (mindestens drei Paare)

Der Wechsel von t_{CO} 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:

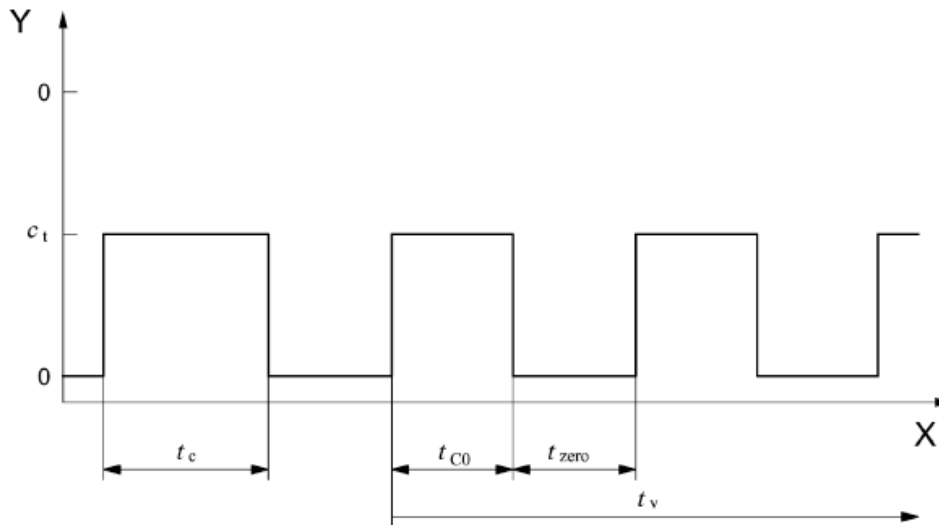
$$E_{av} = \frac{C_{const}^{av} - 2C_{var}^{av}}{C_{const}^{av}} * 100$$

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 (µmol/mol)
X Zeit

Abbildung 11: Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{CO} = t_{zero} = 45$ s.)

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14626 durchgeführt. Die Prüfung mit einer sprunghaft veränderten Kohlenmonoxid Konzentration zwischen Null und der Konzentration c_1 ($8,6 \mu\text{mol/mol}$) durchgeführt. Zuerst wurde bei einer konstanten Prüfgaskonzentration der Mittelwert gebildet. Danach wurde mit Hilfe eines Dreiwegeventils 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} [%]	$\leq 7\%$	-0,8 ✓	-0,8 ✓

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1: -0,8 %

Gerät 2: -0,8 %

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14626 wird mit -0,8 % für Gerät 1 und -0,8 % für Gerät 2 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

18.03.2024		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[µmol/mol]	[µmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	12:11:00	8,92	8,98
	bis		
	12:30:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	12:31:00	4,56	4,58
	bis		
	12:50:00		

18.03.2024		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[µmol/mol]	[µmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	12:59:00	8,92	8,98
	bis		
	13:18:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	13:19:00	4,37	4,40
	bis		
	13:38:00		

18.03.2024		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[µmol/mol]	[µmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	13:46:00	8,92	8,98
	bis		
	14:05:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	14:06:00	4,56	4,60
	bis		
	14:25:00		

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 Prüfgesetzes
- Δ_{SC} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14626 durchgeführt. Bei der Prüfgasaufgabe wurde der Weg des Gases mit Hilfe eines Drei-Wege-Ventils zwischen Sample- und Spangaseingang umgeschaltet. Das Prüfgas wurde an beiden Eingängen unter atmosphärischen Bedingungen angeboten.

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} [%]	$\leq 1\%$	-0,03	✓	-0,06	✓

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14626 wird mit -0,03 % für Gerät 1 und -0,06 % für Gerät 2 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

25.03.2024	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
Probeneingang	08:54:00	66,01	66,17
	08:55:00	66,06	66,11
	08:56:00	66,06	66,11
Kalibriereingang	09:04:00	66,06	66,17
	09:05:00	66,06	66,17
	09:06:00	66,06	66,17

7.1 8.5.4 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift bei Null darf maximal $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ betragen.

Die Langzeitdrift beim Spanniveau darf maximal $\leq 5 \%$ 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.

Zwischen der vorletzten und der letzten Überprüfung der Langzeitdrift lagen organisatorisch bedingt nur 11 Tage.



7.4 Auswertung

Tabelle 28: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn Cz,1 bei Null [µmol/mol]	29.04.2024	≤ 0,5	--	✓	--	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	13.05.2024	≤ 0,5	-0,04	✓	-0,07	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	27.05.2024	≤ 0,5	-0,05	✓	0,01	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	10.06.2024	≤ 0,5	0,15	✓	0,16	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	24.06.2024	≤ 0,5	-0,06	✓	-0,08	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	08.07.2024	≤ 0,5	-0,08	✓	-0,05	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	22.07.2024	≤ 0,5	-0,09	✓	-0,03	✓
Langzeitdrift DLz bei Null [µmol/mol]	02.08.2024	≤ 0,5	-0,10	✓	-0,10	✓

Tabelle 29: Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn Cs,1 bei Span [µmol/mol]	29.04.2024	≤ 5,0 %	--	✓	--	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	13.05.2024	≤ 5,0 %	-0,38	✓	-0,43	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	27.05.2024	≤ 5,0 %	-0,69	✓	-1,00	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	10.06.2024	≤ 5,0 %	-0,32	✓	-1,50	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	24.06.2024	≤ 5,0 %	-1,18	✓	-2,47	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	08.07.2024	≤ 5,0 %	0,19	✓	-0,48	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	22.07.2024	≤ 5,0 %	0,32	✓	-1,15	✓
Langzeitdrift DLs bei Span [µmol/mol]	02.08.2024	≤ 5,0 %	0,27	✓	-0,36	✓

7.5 Bewertung

Die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt DLz liegt bei 0,15 µmol/mol für Gerät 1 und 0,16 µmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift am Referenzpunkt DLs liegt bei -1,18 % für Gerät 1 und -2,47 % 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 APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid, Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Tabelle 30: Einzelwerte der Driftuntersuchungen

Null Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[µmol/mol]	[µmol/mol]
29.04.2024	11:06:00	0,16	0,27
	11:07:00	0,11	0,22
	11:08:00	0,11	0,22
	Mittel	0,13	0,23
	11:10:00	0,11	0,22
	11:11:00	0,11	0,22
	11:12:00	0,11	0,22
	Mittel	0,11	0,22
	11:14:00	0,11	0,11
	11:15:00	0,11	0,11
	11:16:00	0,11	0,11
	Mittel	0,11	0,11
	11:18:00	0,11	0,11
	11:19:00	0,11	0,11
	11:20:00	0,11	0,11
	Mittel	0,11	0,11
	11:22:00	0,11	0,11
11:23:00	0,11	0,11	
11:24:00	0,11	0,11	
Mittel	0,11	0,11	
Mittelwert Feldstart c_{s,0}		0,11	0,15
13.05.2024	09:30:00	0,05	0,05
	09:31:00	0,05	0,05
	09:32:00	0,05	0,11
	09:33:00	0,11	0,11
	09:34:00	0,11	0,11
	Mittel c _{s,1}	0,08	0,09
27.05.2024	09:38:00	0,05	0,16
	09:39:00	0,05	0,16
	09:40:00	0,05	0,16
	09:41:00	0,05	0,16
	09:42:00	0,11	0,16
	Mittel c _{s,1}	0,06	0,16
10.06.2024	09:51:00	0,22	0,27
	09:52:00	0,22	0,27
	09:53:00	0,27	0,32
	09:54:00	0,38	0,43
	09:55:00	0,22	0,27
	Mittel c _{s,1}	0,26	0,31
24.06.2024	09:37:00	0,05	0,05
	09:38:00	0,05	0,05
	09:39:00	0,05	0,05
	09:40:00	0,05	0,11
	09:41:00	0,05	0,11
	Mittel c _{s,1}	0,05	0,08
08.07.2024	09:22:00	0,05	0,11
	09:23:00	0,00	0,11
	09:24:00	0,05	0,11
	09:25:00	0,05	0,11
	09:26:00	0,00	0,11
	Mittel c _{s,1}	0,03	0,11
22.07.2024	09:47:00	0,00	0,22
	09:48:00	-0,11	0,32
	09:49:00	0,11	0,11
	09:50:00	0,05	0,00
	09:51:00	0,05	0,00
	Mittel c _{s,1}	0,02	0,13
02.08.2024	08:13:00	0,05	0,05
	08:14:00	0,00	0,05
	08:15:00	0,00	0,05
	08:16:00	0,00	0,05
	08:17:00	0,00	0,05
	Mittel c _{s,1}	0,01	0,05

C _r -Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[µmol/mol]	[µmol/mol]
29.04.2024	11:36:00	65,15	65,04
	11:37:00	65,20	65,04
	11:38:00	65,15	65,04
	Mittel	65,16	65,04
	11:40:00	65,15	65,04
	11:41:00	65,15	65,04
	11:42:00	65,20	65,04
	Mittel	65,16	65,04
	11:44:00	65,15	65,04
	11:45:00	65,15	65,04
	11:46:00	65,15	65,04
	Mittel	65,15	65,04
	11:48:00	65,15	65,04
	11:49:00	65,15	65,04
	11:50:00	65,15	65,04
	Mittel	65,15	65,04
	11:52:00	65,20	65,04
	11:53:00	65,15	65,04
	11:54:00	65,15	65,04
	Mittel	65,16	65,04
Mittelwert Feldstart c_{s,0}		65,16	65,04
13.05.2024	09:42:00	64,88	64,66
	09:43:00	64,88	64,72
	09:44:00	64,88	64,72
	09:45:00	64,88	64,72
	09:46:00	64,88	64,66
	Mittel c _{s,1}	64,88	64,69
27.05.2024	09:51:00	64,50	64,23
	09:52:00	64,55	64,29
	09:53:00	64,72	64,50
	09:54:00	64,77	64,50
	09:55:00	64,77	64,50
	Mittel c _{s,1}	64,66	64,40
10.06.2024	10:06:00	65,09	64,23
	10:07:00	65,09	64,23
	10:08:00	65,09	64,23
	10:09:00	65,09	64,23
	10:10:00	65,09	64,23
	Mittel c _{s,1}	65,09	64,23
24.06.2024	09:48:00	64,34	63,37
	09:49:00	64,34	63,37
	09:50:00	64,34	63,37
	09:51:00	64,34	63,43
	09:52:00	64,34	63,43
	Mittel c _{s,1}	64,34	63,39
08.07.2024	09:35:00	65,20	64,66
	09:36:00	65,20	64,66
	09:37:00	65,20	64,66
	09:38:00	65,20	64,72
	09:39:00	65,20	64,72
	Mittel c _{s,1}	65,20	64,68
22.07.2024	09:58:00	65,31	64,34
	09:59:00	65,31	64,29
	10:00:00	65,25	64,29
	10:01:00	65,25	64,23
	10:02:00	65,25	64,23
	Mittel c _{s,1}	65,27	64,27
02.08.2024	08:22:00	65,20	64,72
	08:23:00	65,20	64,72
	08:24:00	65,20	64,66
	08:25:00	65,25	64,72
	08:26:00	65,31	64,72
	Mittel c _{s,1}	65,23	64,70



7.1 8.5.5 Vergleichstandardabweichung für CO 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 8-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 Kohlenmonoxid-Konzentration

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Aus den während der Feldprüfung 8-stündlich gemittelten Werten, wurde die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen mit Hilfe der oben genannten Formeln ermittelt.

Da die Aussenluft in Mitteleuropa üblicherweise eine Kohlenmonoxidkonzentration nahe Null aufweist, wurde die Probenluft über den Zeitraum von 7 Tagen mit Kohlenmonoxid in verschiedenen Konzentrationen angereichert. Dabei konnte bestätigt werden, dass die Messeinrichtungen auch bei höheren Konzentrationen identisch arbeiten. Zur Anreicherung wurde mit Hilfe eines Nadelventils eine geringe Menge höher konzentriertes Prüfgas in das Probennahmesystem der Messstation dosiert. Abgesehen von der Kohlenmonoxidkonzentration wurde die Gasmatrix dabei hinsichtlich Feuchte, Druck, Temperatur und der übrigen messbaren Luftbestandteile kaum verändert.

7.4 Auswertung

Tabelle 31: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung auf Basis aller Daten (8h Mittelwerte) aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest		
Stichprobenumfang	[n]	285
Mittelwert beider Geräte	[$\mu\text{mol/mol}$]	1,32
Stabw. Aus Doppelbestimmungen	[$\mu\text{mol/mol}$]	0,034
Vergleichsstandardabweichung im Feld $S_{r,f}$	[%]	2,55
Anforderung	$\leq 5,0 \%$	✓

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 2,55 % des Mittelwertes.

7.5 Bewertung

Die Vergleichsstandardabweichung für Kohlenmonoxid unter Feldbedingungen betrug 2,55 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14626 eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Abbildung 12 ist die Vergleichsstandardabweichung im Feld grafisch dargestellt.

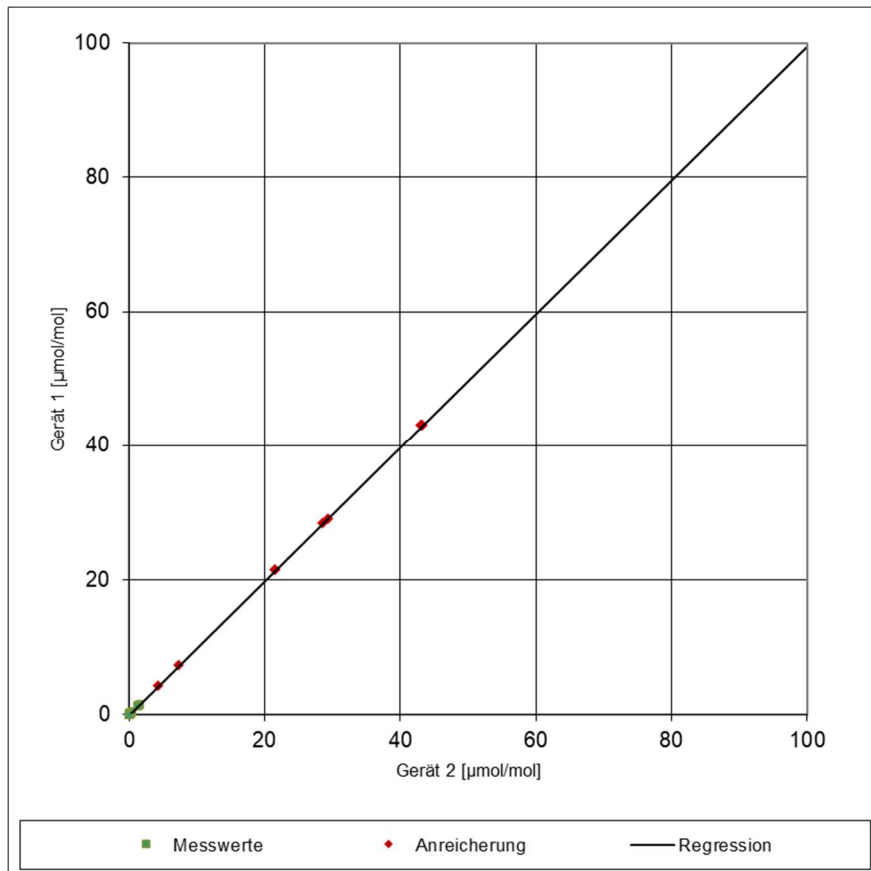


Abbildung 12: Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung im Feld

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 7 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 je nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14626 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 APMA-380

		Gerät 1	Gerät 2
Einsatzzeit	h	2277	2277
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	8	8
Tatsächliche Betriebszeit	h	2269	2269
Tatsächliche Betriebszeit inklusive Wartungszeit	h	2277	2277
Verfügbarkeit	%	100	100

Die Wartungszeiten ergeben sich aus den zweiwöchentlichen Prüfgasaufgaben zur Bestimmung des Driftverhaltens und des Wartungsintervalls.

7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14626 erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14626 (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 14626 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 8-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14626 angegeben.
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle E.1 der DIN EN 14626 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 8-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14626 angegeben.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Berechnung der Gesamtunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14626 (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 14626 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 14626 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 14626

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	S _r Gerät 1: 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ S _r Gerät 2: 0,00 $\mu\text{mol/mol}$	ja	82
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	S _r Gerät 1: 0,02 $\mu\text{mol/mol}$ S _r Gerät 2: 0,00 $\mu\text{mol/mol}$	ja	82
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentrationen größer als Null $\leq 4,0 \%$ des Messwertes Abweichung bei Null $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$	X _{i,z} Gerät 1: NP 0,11 $\mu\text{mol/mol}$ X _i Gerät 1: RP 0,71 % X _{i,z} Gerät 2: NP 0,11 $\mu\text{mol/mol}$ X _i Gerät 2: RP 0,70 %	ja	85
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 0,70 \mu\text{mol/mol/kPa}$	b _{gp} Gerät 1: 0,05 $\mu\text{mol/mol/kPa}$ b _{gp} Gerät 2: 0,05 $\mu\text{mol/mol/kPa}$	ja	90
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	b _{gt} Gerät 1: 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$ b _{gt} Gerät 2: 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$	ja	92
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	b _{st} Gerät 1: 0,032 $\mu\text{mol/mol/K}$ b _{st} Gerät 2: 0,042 $\mu\text{mol/mol/K}$	ja	94
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	b _v Gerät 1: 0,00 $\mu\text{mol/mol/V}$ b _v Gerät 2: 0,00 $\mu\text{mol/mol/V}$	ja	97
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct	H ₂ O $\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ CO ₂ $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ NO $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ N ₂ O $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$	H ₂ O Gerät 1: NP -0,09 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ Gerät 2: NP -0,04 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ CO ₂ Gerät 1: NP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ Gerät 2: NP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ NO Gerät 1: NP -0,05 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,04 $\mu\text{mol/mol}$ Gerät 2: NP -0,05 $\mu\text{mol/mol}$ / RP -0,02 $\mu\text{mol/mol}$ NO ₂ Gerät 1: NP -0,02 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,02 $\mu\text{mol/mol}$ Gerät 2: NP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ / RP 0,00 $\mu\text{mol/mol}$	ja	99



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	$\leq 7,0 \%$ des Messwertes	E_{av} Gerät 1: -0,8 % E_{av} Gerät 2: -0,8 %	ja	102
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	$\leq 1,0 \%$	Δ_{SC} Gerät 1: -0,03 % Δ_{SC} Gerät 2: -0,06 %	ja	105
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t_r Gerät 1: 21,5 s t_r Gerät 2: 21 s	ja	74
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t_f Gerät 1: 20,5 s t_f Gerät 2: 22,5 s	ja	74
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	$\leq 10 \%$ relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t_d Gerät 1: 1,0 s t_d Gerät 2: -1,5 s	ja	74
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: 2,55 % $S_{r,f}$ Gerät 2: 2,55 %	ja	110
8.5.4 Langzeitdrift bei Null	$\leq 0,50 \mu\text{mol/mol}$	$D_{l,z}$ Gerät 1: 0,15 $\mu\text{mol/mol}$ $D_{l,z}$ Gerät 2: 0,16 $\mu\text{mol/mol}$	ja	107
8.5.4 Langzeitdrift beim Spannniveau	$\leq 5,0 \%$ des Maximums des Zertifizierungsbereiches	$D_{l,s}$ Gerät 1: -1,18 % $D_{l,s}$ Gerät 2: -2,47 %	ja	107
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	$\leq 0,10 \mu\text{mol/mol}$ über 12 h	$D_{s,z}$ Gerät 1: 0,00 $\mu\text{mol/mol}$ $D_{s,z}$ Gerät 2: 0,00 $\mu\text{mol/mol}$	ja	78
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Spannniveau	$\leq 0,60 \mu\text{mol/mol}$ über 12 h	$D_{s,s}$ Gerät 1: 0,21 $\mu\text{mol/mol}$ $D_{s,s}$ Gerät 2: 0,04 $\mu\text{mol/mol}$	ja	78

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid, Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Tabelle 34: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 1

Messgerät: APMA 380		Seriennummer: 8R1M02V4				
Messkomponente: CO		8h-Grenzwert: 8,62 $\mu\text{mol/mol}$				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$ 0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,020	u_r 0,00	0,0000	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,710	u_l 0,04	0,0012	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,050	u_{gp} 0,11	0,0132	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt} 0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,032	u_{st} 0,07	0,0054	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v 0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,090	u_{H_2O} 0,00	0,0000	
		$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,000			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	0,000	$u_{int,pos}$	0,0011	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,000			
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,050	oder	0,0011	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,040			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 50 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,020	$u_{int,neg}$	0,0016	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,020			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av} -0,04	0,0016	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,030	$u_{1,sc}$ 0,00	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg} 0,09	0,0074	
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c	0,1731	$\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit				U	0,3462	$\mu\text{mol/mol}$
Relative erweiterte Unsicherheit				W	4,02	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}	15	%

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

Messgerät: APMA 380		Seriennummer: 8R1M02V4				
Messkomponente: CO		8h-Grenzwert: 8,62 $\mu\text{mol/mol}$				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$ 0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,020	u_r nicht berücksichtigt, da $u_r = 0 < u_{r,f}$	-	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,710	u_l 0,04	0,0012	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,050	u_{gp} 0,11	0,0132	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt} 0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,032	u_{st} 0,07	0,0054	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v 0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,090	u_{H_2O} 0,00	0,0000	
		$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,000			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	0,000	$u_{int,pos}$	0,0011	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,000			
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,050	oder	0,0011	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,040			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 50 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Null)}$	-0,020	$u_{int,neg}$	0,0016	
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol (Span)}$	0,020			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av} -0,04	0,0016	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	$\leq 5,0\%$ des Mittels über 3 Mon.	2,550	$u_{r,f}$ 0,22	0,0483	
11	Langzeitdrift bei Null	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$	0,150	$u_{d,l,z}$ 0,09	0,0075	
12	Langzeitdrift bei Span	$\leq 5,0\%$ des Max. des Zert.bereichs	-1,180	$u_{d,l,8h}$ -0,06	0,0034	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,030	$u_{1,sc}$ 0,00	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg} 0,09	0,0074	
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c	0,2987	$\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit				U	0,5974	$\mu\text{mol/mol}$
Relative erweiterte Unsicherheit				W	6,93	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}	15	%



Tabelle 36: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für Gerät 2

Messgerät:	APMA 380	Seriennummer:	17F8J2F3				
Messkomponente:	CO	8h-Grenzwert:	8,62 $\mu\text{mol/mol}$				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,000	u_r	0,00	0,0000	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,700	u_l	0,03	0,0012	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,050	u_{gp}	0,11	0,0132	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt}	0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,042	u_{st}	0,10	0,0093	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v	0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,040 0,000	u_{H_2O}	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000 0,000	$u_{int,pos}$	0,01	0,0001	
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,050 -0,020	oder			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 50 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000 0,000	$u_{int,neg}$			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av}			-0,04
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,060	u_{asc}	-0,01	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg}	0,09	0,0074	
				Kombinierte Standardunsicherheit	u_c	0,1814	$\mu\text{mol/mol}$
				Erweiterte Unsicherheit	U	0,3627	$\mu\text{mol/mol}$
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	4,21	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W_{req}	15	%

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

Messgerät:	APMA 380	Seriennummer:	17F8J2F3				
Messkomponente:	CO	8h-Grenzwert:	8,62 $\mu\text{mol/mol}$				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,000	u_r	nicht berücksichtigt, da $u_r = 0 < u_{r,f}$	-	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,700	u_l	0,03	0,0012	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,050	u_{gp}	0,11	0,0132	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt}	0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,042	u_{st}	0,10	0,0093	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v	0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,040 0,000	u_{H_2O}	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000 0,000	$u_{int,pos}$	0,01	0,0001	
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,050 -0,020	oder			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 50 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null) $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000 0,000	$u_{int,neg}$			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av}			-0,04
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	$\leq 5,0\%$ des Mittels über 3 Mon.	2,550	$u_{r,f}$	0,22	0,0483	
11	Langzeitdrift bei Null	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$	0,160	$u_{d,lz}$	0,09	0,0085	
12	Langzeitdrift bei Span	$\leq 5,0\%$ des Max. des Zert.bereichs	-2,470	$u_{d,lh}$	-0,12	0,0151	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,060	u_{asc}	-0,01	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg}	0,09	0,0074	
				Kombinierte Standardunsicherheit	u_c	0,3238	$\mu\text{mol/mol}$
				Erweiterte Unsicherheit	U	0,6476	$\mu\text{mol/mol}$
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	7,51	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W_{req}	15	%

8. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

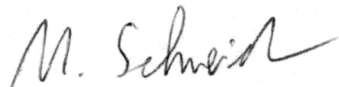
Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- Überprüfung Gerätestatus
- Überprüfung der Geräteanzeige auf Fehlermeldungen
- Austausch des internen Partikelfilters am Probengaseingang je nach Bedingungen am Messort
- Nach DIN EN 14626 alle 14 Tage Durchführung einer Null und Referenzpunkt Überprüfung mit geeigneten Prüfgasen

Im Übrigen sind die Wartungsanweisungen des Herstellers im Kapitel 7 des Handbuches zu beachten.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



Dipl.-Ing. Martin Schneider



Dr. Peter Wilbring

Köln, 07. Februar 2025
EuL/21262682/A



9. Literaturverzeichnis

- [1] VDI 4202 Blatt 1: Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- [2] Europäische Norm DIN EN 14626: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie, vom Dezember 2012
- [3] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Rates vom 21. Mai 2008 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [4] Richtlinie 2024/2881 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2024 über Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [5] EN 14626: Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy, Dezember 2024

10. Anlagen

- Anhang 1 Auswertung nach EN 14626:2024**
- Anhang 2 Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025**
- Anhang 3 Wetterdaten während der Feldprüfung**
- Anhang 4 Handbuch**

Anhang 1

Auswertung auf Basis der EN 14626:2024

Die in diesem Bericht aufgeführte Eignungsprüfung wurde auf Basis der VDI 4202-1 (April 2018) und DIN EN 14626 (Stand November 2012) durchgeführt und ausgewertet. Zu Jahresabschluss 2024 wurde die Revision der Norm EN 14626 in englischer Sprache veröffentlicht (Datum der Veröffentlichung 18. Dezember 2024). Die Veröffentlichung der Richtlinie in deutscher Sprache wird im Frühjahr 2024 erwartet. Die Prüftechnischen Änderungen, welche in der Norm Revision umgesetzt wurden, waren bereits zu Beginn der Prüfarbeiten bekannt.

Während der Eignungsprüfung der Messeinrichtung Horiba APMA-380 wurden auch die überarbeiteten Anforderungen der EN 14626:2024 berücksichtigt. Prüfungen mit überarbeiteten Anforderungen wurden zusätzlich auch auf Basis der Anforderungen der EN 14626:2024 durchgeführt und ausgewertet. Im Einzelnen sind dies die Punkte:

- 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion
- 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks
- 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur
- 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur
- 8.4.11 Störkomponenten
- 8.5.5 Vergleichstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen (nur Berechnung)

Im folgenden sind die genannten Prüfpunkte einzeln mit den jeweiligen Prüfergebnissen aufgeführt. Änderungen der Prüfanforderungen sind **blau markiert**. Desweiteren wurde die Gesamtunsicherheit mit den Prüfergebnissen nach EN 14626:2024 aufgeführt.

10 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion (EN 14626:2024)

Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 0,5 µmol/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 %, **10%**, 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 EN 14626:2024 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:

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

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 für die Komponente CO entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der EN 14626:2024 durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 13 und Abbildung 14 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für CO graphisch dargestellt.

Tabelle 38: Abweichungen der Analysenfunktion nach EN 14626:2024

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Größte relative Abweichung r_{max} [%]	≤ 4,0	0,89	✓	0,68	✓
Abweichung bei Null r_z [µmol/mol]	≤ 0,5	0,11	✓	0,11	✓

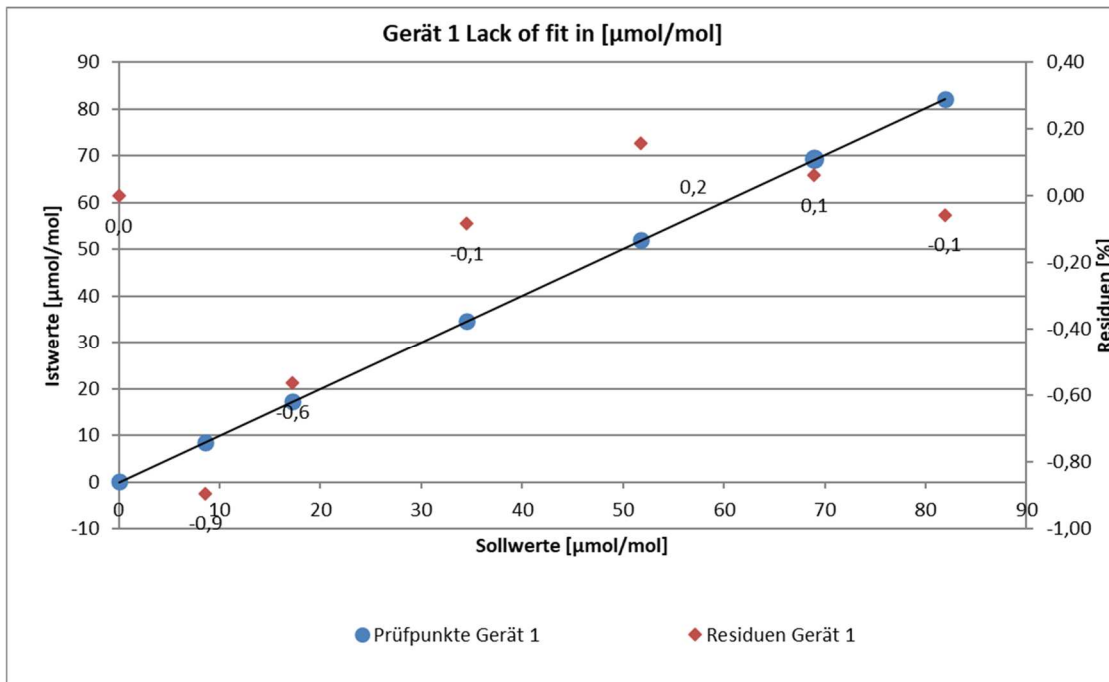


Abbildung 13: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 (EN 14626:2024)

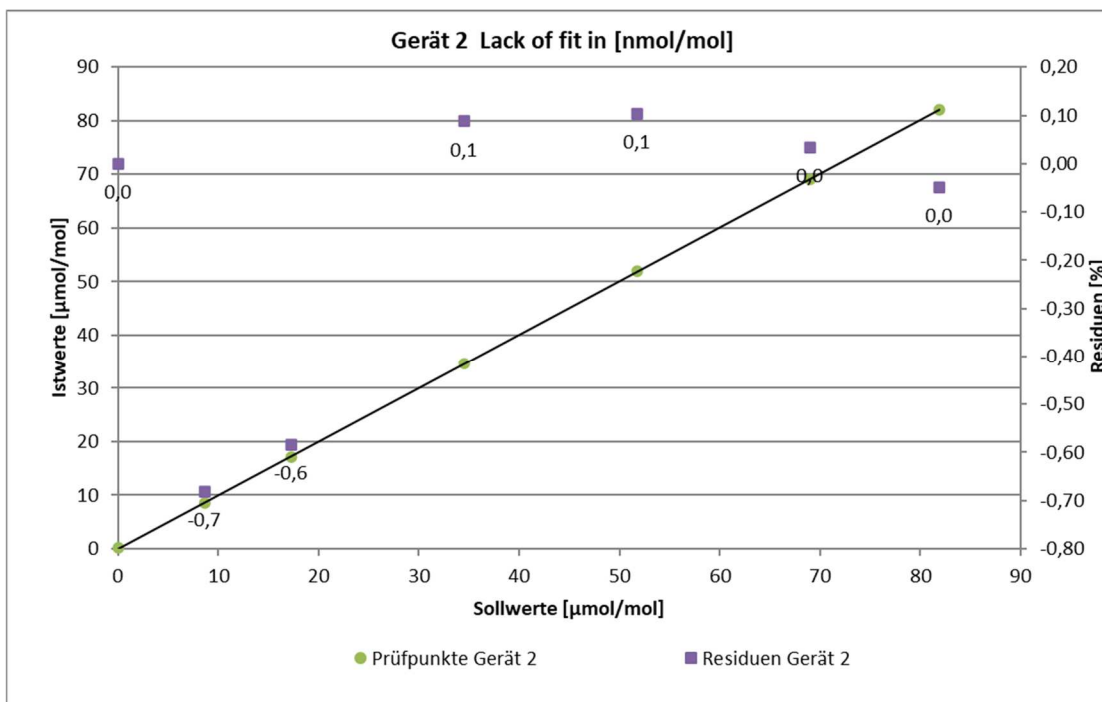


Abbildung 14: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 (EN 14626:2024)



7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,11 µmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,89 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,11 µmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,68 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Die Abweichungen von der idealen Regressionsgeraden überschreiten nicht die in der EN 14626:2024 geforderten Grenzwerte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 39 dargestellt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid, Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Seite 129 von 259

Tabelle 39: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung nach EN 14626:2024

13.03.2024		Gerät 1 [$\mu\text{mol/mol}$]		Gerät 2 [$\mu\text{mol/mol}$]	
Zeit	Stufe [%]	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i
13:23:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:24:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:25:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:26:00	80	69,23	68,97	69,18	68,97
13:27:00	80	69,28	68,97	69,18	68,97
Mittelwert		69,24		69,18	
$r_{c,rel}$		0,06		0,03	
13:33:00	10	8,55	8,62	8,60	8,62
13:34:00	10	8,55	8,62	8,60	8,62
13:35:00	10	8,60	8,62	8,60	8,62
13:36:00	10	8,55	8,62	8,60	8,62
13:37:00	10	8,55	8,62	8,60	8,62
Mittelwert		8,56		8,60	
$r_{c,rel}$		-0,89		-0,68	
13:43:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:44:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:45:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:46:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
13:47:00	40	34,56	34,48	34,62	34,48
Mittelwert		34,56		34,62	
$r_{c,rel}$		-0,08		0,09	
13:53:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:54:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:55:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:56:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
13:57:00	0	0,11	0,00	0,11	0,00
Mittelwert		0,11		0,11	
r_z		0,11		0,11	
14:03:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:04:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:05:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:06:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
14:07:00	60	51,98	51,72	51,92	51,72
Mittelwert		51,98		51,92	
$r_{c,rel}$		0,16		0,10	
14:13:00	20	17,15	17,24	17,20	17,24
14:14:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:15:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:16:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
14:17:00	20	17,20	17,24	17,20	17,24
Mittelwert		17,19		17,20	
$r_{c,rel}$		-0,56		-0,58	
14:23:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:24:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:25:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:26:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
14:27:00	95	82,13	81,90	82,08	81,90
Mittelwert		82,13		82,08	
$r_{c,rel}$		-0,06		-0,05	



10 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks (EN 14626:2024)

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss $\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Messungen werden bei einer Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches bei absoluten Drücken von etwa **90 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.

Gerätehersteller müssen detailliert beschreiben, wie die Druckkorrektur in ihrem Gerät umgesetzt wird und wo sich die für diese Berechnungen verwendeten Drucksensoren genau befinden.

- Option 1: Wenn die Druckkompensationshardware vollständig im Probengasweg und der Messzelle enthalten ist, werden die Geräte im Labor getestet, indem der Probeneinlassdruck im Bereich von 90 kPa bis 110 kPa variiert wird. Wenn ein Gerät über mehrere Strömungswege verfügt (z. B. den O3-Strömungsweg für chemilumineszierende NOx-Analysatoren oder Basislinien-Querströmungssysteme), muss der Einlassdruck für diese bestimmten Wege identisch und gleichzeitig mit dem Druck im Hauptprobenströmungsweg variiert werden.
- Option 2: Wenn eine Manipulation des Einlassdrucks der Probenströmungswege oder der zusätzlichen Strömungswege technisch nicht möglich ist oder wenn die Druckkompensation auf anderen Drucksensoren außerhalb der betroffenen Strömungswege basiert, müssen die Geräte an einem geeigneten Druckprüfstand getestet werden. Ein Beispiel ist in Anhang H beschrieben. Die Instrumente werden im Labor getestet, indem der Probeneinlassdruck im Bereich von 90 kPa bis 110 kPa variiert wird.

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.

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente CO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß EN 14626:2024 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für CO durchgeführt werden.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der EN 14626:2024 durchgeführt. Die Messeinrichtung arbeitet mit einem geschlossenen Gasweg.

Die Messung des Umgebungsdrucks (und damit auch das Probengasdrucks im Analysator) erfolgt beim APMA-380 durch einen auf dem Board installierten Drucksensor. Dieser musste bei der Durchführung dieser Prüfung im gleichen Verhältnis wie das Probengas unter Über- bzw. Unterdruck gesetzt werden.

Ein Unterdruck konnte jeweils 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 **90 kPa** und 110 kPa durchgeführt.



7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten für den Probengasdruck.

Tabelle 40: Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks nach EN 14626:2024

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengasdruck b_{gp} [$\mu\text{mol/mol/kPa}$]	$\leq 0,7$	0,07	✓	0,07	✓

7.5 Bewertung

Für CO ergibt sich nach EN 14626:2024 ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,07 $\mu\text{mol/mol/kPa}$ für Gerät 1 sowie 0,07 $\mu\text{mol/mol/kPa}$ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 41: Einzelwerte der Empfindlichkeit des Probengasdrucks für CO nach EN 14626:2024

03.04.2024			Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	Druck [kPa]	Konzentration	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
14:25:00	90	64,66	65,58	66,06
14:26:00	90	64,66	65,52	66,06
14:27:00	90	64,66	65,52	66,06
Mittelwert C_{P1}			65,54	66,06
14:38:00	110	64,66	64,07	64,72
14:39:00	110	64,66	64,07	64,72
14:40:00	110	64,66	64,45	64,66
Mittelwert C_{P2}			64,20	64,70

10 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur (EN 14626:2024)

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Zur Bestimmung der Abhängigkeit von der Probengastemperatur werden Messungen bei Probengastemperaturen von $T_1 = 5 \text{ °C}$ und $T_2 = 40 \text{ °C}$ 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

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente CO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß EN 14626:2024 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für CO durchgeführt werden.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der EN 14626:2024 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 Probengastemperatur mittels eines Thermoelementes überwacht. Die Klimakammertemperatur wurde eingeregelt, so dass die Gastemperatur unmittelbar vor den Analysatoren 5 °C bzw. 40 °C betrug.



7.4 Auswertung

Tabelle 42: Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur nach EN 14626:2024

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengastemp. bgt [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0.00	✓	0.00	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$ für Gerät 1 sowie 0,00 $\mu\text{mol/mol/K}$ für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 43: Einzelwerte des Einflusses des Probengastemperatur nach EN 14626:2024

12.04.2024			Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	Temp [°C]	Konzentration	[$\mu\text{mol/mol}$]	[$\mu\text{mol/mol}$]
07:35:00	5	64,66	65,20	65,47
07:36:00	5	64,66	65,15	65,47
07:37:00	5	64,66	65,25	65,47
Mittelwert $C_{GT,1}$			65,20	65,47
13:20:00	40	64,66	65,09	65,52
13:21:00	40	64,66	65,09	65,58
13:22:00	40	64,66	65,09	65,58
Mittelwert $C_{GT,2}$			65,09	65,56

10 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur (EN 14626:2024)

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$ betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Die Empfindlichkeit der Messergebnisse gegenüber durch den Einfluss der Umgebungstemperatur wird durch Messungen bei folgenden Temperaturen (oder innerhalb der Spezifikationen des Herstellers) ermittelt:

- 1) der niedrigsten Temperatur $T_{\min} = 5 \text{ °C}$
- 2) der Labortemperatur $T_l = 20 \text{ °C}$
- 3) der höchsten Temperatur $T_{\max} = 40 \text{ °C}$

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente CO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß EN 14626:2024 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für CO durchgeführt werden.

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_l

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_l
- x_2 der zweite Mittelwert der Messungen bei T_l
- 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 EN 14626:2024 durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur

Tabelle 44: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur nach EN 14626:2024

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empf. Koeffizient bei 5 °C für Nullniveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,004	✓	0,001	✓
Empf. Koeffizient bei 40 °C für Nullniveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,000	✓	0,000	✓
Empf. Koeffizient bei 5 °C für Span-Niveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,023	✓	0,033	✓
Empf. Koeffizient bei 40 °C für Span-Niveau [$\mu\text{mol/mol/K}$]	$\leq 0,3$	0,006	✓	0,013	✓

Wie in Tabelle 44 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 $0,3 \mu\text{mol/mol/K}$. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b_{st} gewählt. Für die Komponente CO sind dies für Gerät 1 = $0,023 \mu\text{mol/mol/K}$ und für Gerät 2 = $0,033 \mu\text{mol/mol/K}$.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 18 aufgeführt.

Tabelle 45: Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur nach EN 14626:2024

Datum	Nullpunkt				Span-Konzentration			
	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [µmol/mol]	Gerät 2 [µmol/mol]	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [µmol/mol]	Gerät 2 [µmol/mol]
08.04.2024	08:21:00	20	0,1	0,1	08:36:00	20	65,1	65,1
08.04.2024	08:22:00	20	0,1	0,1	08:37:00	20	65,1	65,1
08.04.2024	08:23:00	20	0,1	0,1	08:38:00	20	65,2	65,1
Mittelwert ($X_{1(TS1)}$)			0,1	0,1			65,2	65,1
08.04.2024	15:18:00	5	0,1	0,1	15:33:00	5	65,7	64,8
08.04.2024	15:19:00	5	0,1	0,1	15:34:00	5	65,7	64,8
08.04.2024	15:20:00	5	0,1	0,1	15:35:00	5	65,7	64,8
Mittelwert (X_{TS1})			0,1	0,1			65,7	64,8
09.04.2024	07:40:00	20	0,1	0,2	07:52:00	20	65,5	65,4
09.04.2024	07:41:00	20	0,1	0,2	07:53:00	20	65,5	65,4
09.04.2024	07:42:00	20	0,1	0,1	07:54:00	20	65,5	65,4
Mittelwert ($X_{2(TS1)} = X_{1(TS2)}$)			0,1	0,1			65,5	65,4
09.04.2024	14:25:00	40	0,1	0,2	14:38:00	40	65,6	65,1
09.04.2024	14:26:00	40	0,1	0,1	14:39:00	40	65,6	65,1
09.04.2024	14:27:00	40	0,1	0,1	14:40:00	40	65,6	65,1
Mittelwert (X_{TS2})			0,1	0,1			65,6	65,1
10.04.2024	07:02:00	20	0,2	0,2	07:14:00	20	65,4	65,4
10.04.2024	07:03:00	20	0,1	0,1	07:15:00	20	65,4	65,4
10.04.2024	07:04:00	20	0,1	0,1	07:16:00	20	65,4	65,4
Mittelwert ($X_{2(TS2)}$)			0,1	0,1			65,4	65,4



10 8.4.11 Störkomponenten (EN14626:2024)

Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration c_t (beim Niveau des 8-Stunden Grenzwerts = $8,6 \mu\text{mol/mol}$ für CO). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten CO_2 , NO und N_2O betragen je $\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ sowie für $\text{H}_2\text{O} \leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$.

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 dem 8-Stunden-Grenzwert ($8,6 \mu\text{mol/mol}$ für CO) 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:

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

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

Dabei ist:

- $X_{\text{int},z}$ die Einflussgröße der Störkomponente bei Null
- x_z der Mittelwert der Messungen bei Null
- X_{int,c_t} die Einflussgröße der Störkomponenten bei der Konzentration c_t
- x_{c_t} der Mittelwert der Messungen bei der Konzentration c_t
- c_t die Konzentration des aufgegebenen Gases beim Niveau des 8-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 EN 14626:2024 durchgeführt. Die Geräte wurden bei Null und der Konzentration c_t (ca. $8,6 \mu\text{mol/mol}$) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben. Es wurden die in Tabelle 46 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft.

Tabelle 46: Störkomponenten nach EN 14626:2024

Störkomponente	Wert
H ₂ O	19 mmol/mol
CO ₂	500 µmol/mol
NO	1 µmol/mol
N₂O	500 nmol/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 47: Einfluss der geprüften Störkomponenten ($c_t = 8,6 \mu\text{mol/mol}$) nach EN 14626:2024

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei Null [µmol/mol]	≤ 1,0 µmol/mol	-0.09	✓	-0.04	✓
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei c_t [µmol/mol]	≤ 1,0 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.00	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente NO bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	-0.05	✓	-0.05	✓
Einflussgröße Störkomponente NO bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.04	✓	-0.02	✓
Einflussgröße Störkomponente N ₂ O bei Null [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	-0.02	✓	0.00	✓
Einflussgröße Störkomponente N ₂ O bei c_t [µmol/mol]	≤ 0,5 µmol/mol	0.02	✓	0.00	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von -0,09 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,04 µmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei CO₂, -0,05 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,05 µmol/mol für Gerät 2 bei NO, -0,02 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei N₂O.

Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich ein Wert von 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 0,00 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei CO₂, 0,04 µmol/mol für Gerät 1 sowie -0,02 µmol/mol für Gerät 2 bei NO, 0,02 µmol/mol für Gerät 1 sowie 0,00 µmol/mol für Gerät 2 bei N₂O.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 48 sind die Einzelwerte der Untersuchung angegeben.



Tabelle 48: Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten nach EN 14626:2024

	ohne Störkomponente			mit Störkomponente		
	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
Nullgas + H ₂ O (19 mmol/mol)	13:36:00	0,16	0,16	13:51:00	0,05	0,11
	13:37:00	0,16	0,16	13:52:00	0,05	0,11
	13:38:00	0,11	0,11	13:53:00	0,05	0,11
	Mittelwert x_z	0,14	0,14	Mittelwert x_z	0,05	0,11
Prüfgas c _t + H ₂ O (19 mmol/mol)	14:02:00	8,87	8,92	14:13:00	8,87	8,92
	14:03:00	8,87	8,92	14:14:00	8,87	8,92
	14:04:00	8,87	8,92	14:15:00	8,87	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92
Nullgas + CO ₂ (500 µmol/mol)	12:55:00	0,05	0,11	13:06:00	0,05	0,11
	12:56:00	0,05	0,11	13:07:00	0,05	0,11
	12:57:00	0,05	0,11	13:08:00	0,05	0,11
	Mittelwert x_z	0,05	0,11	Mittelwert x_z	0,05	0,11
Prüfgas c _t + CO ₂ (500 µmol/mol)	13:15:00	8,87	8,92	13:25:00	8,87	8,92
	13:16:00	8,87	8,92	13:26:00	8,87	8,92
	13:17:00	8,87	8,92	13:27:00	8,87	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,87	8,92
Nullgas + NO (1 µmol/mol)	09:38:00	0,11	0,11	09:47:00	0,05	0,05
	09:39:00	0,11	0,11	09:48:00	0,05	0,05
	09:40:00	0,11	0,11	09:49:00	0,05	0,05
	Mittelwert x_z	0,11	0,11	Mittelwert x_z	0,05	0,05
Prüfgas c _t + NO (1 µmol/mol)	09:59:00	8,76	8,82	10:10:00	8,76	8,76
	10:00:00	8,71	8,76	10:11:00	8,76	8,76
	10:01:00	8,71	8,76	10:12:00	8,76	8,76
	Mittelwert x_{ct}	8,73	8,78	Mittelwert x_{ct}	8,76	8,76
Nullgas + N ₂ O (500 nmol/mol)	10:36:00	0,27	0,27	10:47:00	0,22	0,27
	10:37:00	0,22	0,27	10:48:00	0,22	0,27
	10:38:00	0,22	0,27	10:49:00	0,22	0,27
	Mittelwert x_z	0,23	0,27	Mittelwert x_z	0,22	0,27
Prüfgas c _t + N ₂ O (500 nmol/mol)	11:11:00	8,87	8,92	11:21:00	8,92	8,92
	11:12:00	8,92	8,92	11:22:00	8,92	8,92
	11:13:00	8,92	8,92	11:23:00	8,92	8,92
	Mittelwert x_{ct}	8,90	8,92	Mittelwert x_{ct}	8,92	8,92

10 8.5.5 Vergleichstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen (EN 14626:2024)

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 zu 8h-Werten 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 ist entweder die während des Feldtests gemessene durchschnittliche Kohlenmonoxidkonzentration in $\mu\text{mol/mol}$ oder 20 % des Zertifizierungsbereichs von Kohlenmonoxid in $\mu\text{mol/mol}$, je nachdem, welcher Wert höher ist.

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 CO Werten, wurde die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen mit Hilfe der oben genannten Formeln ermittelt.

Der Mittelwert für CO lag im Zeitraum der Feldprüfungen bei 1,32 ppm ($\mu\text{mol/mol}$). Der Zertifizierungsbereich für CO nach EN 14626:2024 ist 0 – 86 ppm ($\mu\text{mol/mol}$). Der Wert von 20 % des Zertifizierungsbereichs = 17,2 ppm ($\mu\text{mol/mol}$) ist höher als der Mittelwert der während des Feldtests gemessenen Kohlenmonoxidkonzentration. Somit wird die Auswertung der Vergleichsmessung unter Feldbedingungen auf 17,2 ppm ($\mu\text{mol/mol}$) bezogen.

7.4 Auswertung

Tabelle 49: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für CO auf Basis aller Daten aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest		
Stichprobenumfang	[n]	285
Mittelwert beider Geräte	[$\mu\text{mol/mol}$]	1,32
Stabw. Aus Doppelbestimmungen	[$\mu\text{mol/mol}$]	0,034
Vergleichsstandardabweichung im Feld $S_{r,f}$	[%]	0,20
Anforderung	$\leq 5,0 \%$	✓

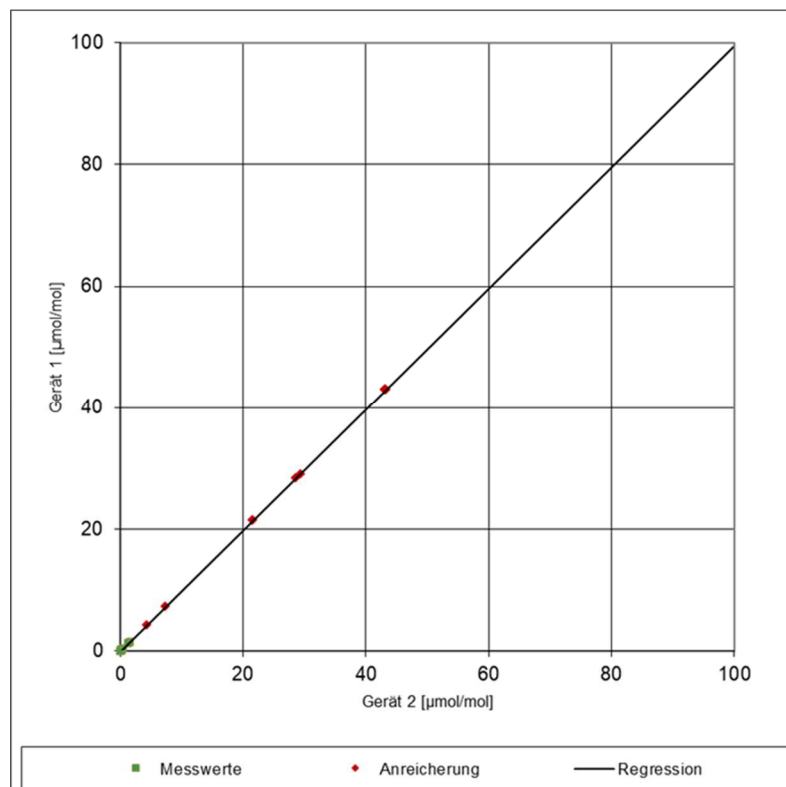


Abbildung 15: Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für CO im Feld

Es ergibt sich eine Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen von 0,20 % bezogen auf 20% des Zertifizierungsbereiches von CO. Dieser Wert wird auch für die Berechnung der Gesamtunsicherheit nach EN 14626:2024 verwendet.

7.5 Bewertung

Die Vergleichstandardabweichung für CO unter Feldbedingungen betrug 0,20 % bezogen auf 20% des Zertifizierungsbereiches von CO über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der EN 14626:2024 eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



10 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der EN 14626 (2024)

Tabelle 50: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung, Gerät 1 nach EN 14626:2024

Messgerät: APMA 380		Seriennummer: 8R1M02V4					
Messkomponente: CO		8h-Grenzwert: 8,62		µmol/mol			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 0,3 µmol/mol	0,000	u _{r,z}	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	≤ 0,4 µmol/mol	0,020	u _r	0,00	0,0000	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,890	u _i	0,04	0,0020	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	≤ 0,7 µmol/mol/kPa	0,070	u _{gp}	0,11	0,0115	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,000	u _{gt}	0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,023	u _{gt}	0,06	0,0038	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/V	0,000	u _v	0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	≤ 1,0 µmol/mol (Null)	-0,090	u _{H2O}	0,00	0,0000	
		≤ 1,0 µmol/mol (Span)	0,000				
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	0,000	u _{int,pos}	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,000				
8c	Störkomponente NO mit 1 µmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	-0,050	oder	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,040				
8d	Störkomponente N ₂ O mit 500 nmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	-0,020	u _{int,neg}	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,020				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,800	u _{av}	-0,04	0,0016	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	-0,030	u _{ssc}	0,00	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	0,09	0,0074	
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c		0,1654	µmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		0,3309	µmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		3,84	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}		15	%

Tabelle 51: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung, Gerät 1 nach EN 14626:2024

Messgerät: APMA 380		Seriennummer: 8R1M02V4					
Messkomponente: CO		8h-Grenzwert: 8,62		µmol/mol			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 0,3 µmol/mol	0,000	u _{r,z}	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	≤ 0,4 µmol/mol	0,020	u _r	nicht berücksichtigt, da u _r = 0 < u _{r,f}	-	
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,890	u _i	0,04	0,0020	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	≤ 0,7 µmol/mol/kPa	0,070	u _{gp}	0,11	0,0115	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,000	u _{gt}	0,00	0,0000	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/K	0,023	u _{gt}	0,06	0,0038	
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	≤ 0,3 µmol/mol/V	0,000	u _v	0,00	0,0000	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	≤ 1,0 µmol/mol (Null)	-0,090	u _{H2O}	0,00	0,0000	
		≤ 1,0 µmol/mol (Span)	0,000				
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	0,000	u _{int,pos}	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,000				
8c	Störkomponente NO mit 1 µmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	-0,050	oder	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,040				
8d	Störkomponente N ₂ O mit 500 nmol/mol	≤ 0,5 µmol/mol (Null)	-0,020	u _{int,neg}	0,03	0,0011	
		≤ 0,5 µmol/mol (Span)	0,020				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,800	u _{av}	-0,04	0,0016	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	0,200	u _{r,f}	0,02	0,0003	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 0,5 µmol/mol	0,150	u _{d,l,z}	0,09	0,0075	
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	-1,180	u _{d,l,sh}	-0,06	0,0034	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	-0,030	u _{ssc}	0,00	0,0000	
21	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	0,09	0,0074	
Kombinierte Standardunsicherheit				u _c		0,1965	µmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		0,3930	µmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		4,56	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W _{req}		15	%

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung APMA-380 der Firma Horiba Europe GmbH für die Komponente Kohlenmonoxid, Berichts-Nr.: EuL/21262682/A

Seite 145 von 259

Tabelle 52: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung, Gerät 2 nach EN 14626:2024

Messgerät:	APMA 380	Seriennummer:	17F8J2F3			
Messkomponente:	CO	8h-Grenzwert:	8,62 $\mu\text{mol/mol}$			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$	0,00	0,0000
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,000	u_r	0,00	0,0000
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,680	u_l	0,03	0,0011
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,070	u_{sp}	0,11	0,0115
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt}	0,00	0,0000
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,033	u_{st}	0,09	0,0078
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v	0,00	0,0000
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	-0,040	u_{H_2O}	0,00	0,0000
		$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	0,000	$u_{int,pos}$	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	-0,050	oder	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,020			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 500 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	0,000	$u_{int,neg}$	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av}	-0,04	0,0016
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,060	u_{isc}	-0,01	0,0000
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg}	0,09	0,0074
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c	0,1722	$\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit				U	0,3443	$\mu\text{mol/mol}$
Relative erweiterte Unsicherheit				W	3,99	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}	15	%

Tabelle 53: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung, Gerät 2 nach EN 14626:2024

Messgerät:	APMA 380	Seriennummer:	17F8J2F3			
Messkomponente:	CO	8h-Grenzwert:	8,62 $\mu\text{mol/mol}$			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol}$	0,000	$u_{r,z}$	0,00	0,0000
2	Wiederholstandardabweichung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,4 \mu\text{mol/mol}$	0,000	u_r	nicht berücksichtigt, da $u_r = 0 < u_{r,f}$	-
3	"lack of fit" beim 8h-Grenzwert	$\leq 4,0\%$ des Messwertes	0,680	u_l	0,03	0,0011
4	Änderung des Probengasdrucks beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,7 \mu\text{mol/mol/kPa}$	0,070	u_{sp}	0,11	0,0115
5	Änderung der Probengastemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,000	u_{gt}	0,00	0,0000
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/K}$	0,033	u_{st}	0,09	0,0078
7	Änderung der el. Spannung beim 8h-Grenzwert	$\leq 0,3 \mu\text{mol/mol/V}$	0,000	u_v	0,00	0,0000
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 mmol/mol	$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	-0,040	u_{H_2O}	0,00	0,0000
		$\leq 1,0 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	0,000	$u_{int,pos}$	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
8c	Störkomponente NO mit 1 $\mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	-0,050	oder	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	-0,020			
8d	Störkomponente N ₂ O mit 500 nmol/mol	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Null)	0,000	$u_{int,neg}$	0,01	0,0001
		$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$ (Span)	0,000			
9	Mittelungsfehler	$\leq 7,0\%$ des Messwertes	-0,800	u_{av}	-0,04	0,0016
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	$\leq 5,0\%$ des Mittels über 3 Mon.	0,200	$u_{r,f}$	0,02	0,0003
11	Langzeitdrift bei Null	$\leq 0,5 \mu\text{mol/mol}$	0,160	$u_{d,l,z}$	0,09	0,0085
12	Langzeitdrift bei Span	$\leq 5,0\%$ des Max. des Zert. bereichs	-2,470	$u_{d,l,sn}$	-0,12	0,0151
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	$\leq 1,0\%$	-0,060	u_{isc}	-0,01	0,0000
21	Unsicherheit Prüfgas	$\leq 3,0\%$	2,000	u_{cg}	0,09	0,0074
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c	0,2315	$\mu\text{mol/mol}$
Erweiterte Unsicherheit				U	0,4630	$\mu\text{mol/mol}$
Relative erweiterte Unsicherheit				W	5,37	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}	15	%



Anhang 2:



Akkreditierung



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

TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH
Am Grauen Stein, 51105 Köln

die Anforderungen 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 an das Prüflaboratorium ein, einschließlich solcher in relevanten sektoralen Programmen, sofern diese in der Anlage zu dieser Urkunde ausdrücklich bestätigt werden.

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.

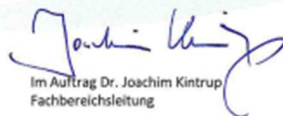
Diese Akkreditierung wurde gemäß Art. 5 Abs. 1 Satz 2 VO (EG) 765/2008, nach Durchführung eines Akkreditierungsverfahrens unter Beachtung der Mindestanforderungen der DIN EN ISO/IEC 17011 und auf Grundlage einer Bewertung und Entscheidung durch den eingesetzten Akkreditierungsausschuss ausgestellt.

Diese Teil-Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 06.12.2023 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11120-02.

Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 8 Seiten.

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

Berlin, 06.12.2023


Im Auftrag Dr. Joachim Kintrop
Fachbereichsleitung

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 Hinweis auf der Rückseite

Abbildung 16: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025 – Seite 1

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 16: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025 - Seite 2



Anhang 3:

Tabelle 54: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat April/Mai 2024

April / Mai 2024	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
29	29.04.2024	14,8	66,4	1012,7
30	30.04.2024	17,9	66,2	1008,5
1	01.05.2024	19,5	69,6	999,0
2	02.05.2024	17,8	75,4	992,5
3	03.05.2024	12,9	81,2	1003,4
4	04.05.2024	12,4	79,2	1006,8
5	05.05.2024	13,8	75,1	1002,5
6	06.05.2024	13,6	91,3	1001,1
7	07.05.2024	14,1	89,0	1010,2
8	08.05.2024	13,8	82,8	1018,5
9	09.05.2024	15,2	72,0	1019,3
10	10.05.2024	16,7	67,1	1016,0
11	11.05.2024	17,8	65,9	1013,8
12	12.05.2024	19,8	60,9	1009,3
13	13.05.2024	19,6	68,1	1004,4
14	14.05.2024	20,8	63,0	999,3
15	15.05.2024	17,2	80,7	999,3
16	16.05.2024	16,7	86,0	998,3
17	17.05.2024	15,5	88,3	999,4
18	18.05.2024	15,6	88,4	1002,6
19	19.05.2024	15,6	82,6	1003,8
20	20.05.2024	16,9	75,8	1003,8
21	21.05.2024	15,6	86,3	1000,4
22	22.05.2024	16,8	77,6	1002,4
23	23.05.2024	16,8	70,7	1008,3
24	24.05.2024	14,3	92,1	1010,4
25	25.05.2024	16,3	79,0	1010,1
26	26.05.2024	17,2	76,9	1009,1
27	27.05.2024	15,8	80,1	1010,1
28	28.05.2024	14,9	73,6	1011,2
29	29.05.2024	16,5	81,7	1004,2
30	30.05.2024	15,6	82,4	999,7
31	31.05.2024	15,8	78,4	1004,1

Tabelle 55: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juni 2024

Juli 2024	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.06.2024	16,2	87,1	1009,0
2	02.06.2024	15,0	83,3	1014,2
3	03.06.2024	13,8	74,7	1013,4
4	04.06.2024	16,9	70,3	1007,3
5	05.06.2024	15,4	79,6	1005,9
6	06.06.2024	15,3	64,4	1009,9
7	07.06.2024	16,5	61,6	1011,4
8	08.06.2024	17,3	61,4	1006,0
9	09.06.2024	16,1	59,4	1004,1
10	10.06.2024	12,7	72,0	1001,4
11	11.06.2024	13,6	64,6	1008,5
12	12.06.2024	12,4	70,0	1012,5
13	13.06.2024	14,8	60,2	1010,5
14	14.06.2024	16,7	71,5	1001,9
15	15.06.2024	16,8	63,6	998,9
16	16.06.2024	16,2	73,2	1001,5
17	17.06.2024	16,9	89,5	1005,1
18	18.06.2024	18,2	88,2	1006,2
19	19.06.2024	17,1	82,7	1010,2
20	20.06.2024	17,6	82,1	1011,6
21	21.06.2024	19,1	83,3	1005,7
22	22.06.2024	16,9	77,0	1007,3
23	23.06.2024	19,9	69,6	1012,3
24	24.06.2024	21,1	67,6	1012,7
25	25.06.2024	22,6	64,7	1008,3
26	26.06.2024	24,0	62,2	1004,3
27	27.06.2024	25,4	63,1	1002,8
28	28.06.2024	21,3	59,4	1008,9
29	29.06.2024	20,5	62,6	1006,7
30	30.06.2024	18,0	86,1	1002,5



Tabelle 56: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Juli / August 2024

Juli / August 2024	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.07.2024	16,8	76,7	1008,4
2	02.07.2024	15,3	85,6	1008,2
3	03.07.2024	14,3	81,0	1004,9
4	04.07.2024	17,0	73,2	1002,1
5	05.07.2024	17,0	69,6	1004,5
6	06.07.2024	19,1	67,0	998,4
7	07.07.2024	17,2	56,0	1007,2
8	08.07.2024	18,7	64,1	1010,4
9	09.07.2024	23,8	63,3	1007,8
10	10.07.2024	21,7	82,1	1008,8
11	12.07.2024	21,1	69,5	1010,5
12	12.07.2024	16,9	83,1	1004,7
13	13.07.2024	16,2	72,5	1006,8
14	14.07.2024	18,8	67,1	1006,8
15	15.07.2024	20,9	69,2	1004,9
16	16.07.2024	19,7	76,4	1005,7
17	17.07.2024	20,4	69,0	1013,6
18	18.07.2024	21,8	67,5	1015,6
19	19.07.2024	22,8	66,8	1012,6
20	20.07.2024	24,4	69,0	1004,2
21	21.07.2024	22,8	77,8	1002,2
22	22.07.2024	21,7	68,7	1010,2
23	23.07.2024	20,5	73,2	1011,2
24	24.07.2024	19,4	71,8	1014,0
25	25.07.2024	20,7	64,1	1008,8
26	26.07.2024	21,4	76,5	1005,5
27	27.07.2024	19,1	93,1	1007,9
28	28.07.2024	19,4	73,8	1017,5
29	29.07.2024	20,8	67,4	1016,8
30	30.07.2024	23,9	63,0	1010,8
31	31.07.2024	22,2	76,5	1008,5
1	01.08.2024	21,3	90,1	1005,7

Anhang 4:

Handbuch