

TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Model 405 nm der Firma 2B Technologies für die Komponente NO, NO₂ und NO_x

TÜV-Bericht: 936/21242468/A
Köln, 19. Februar 2019

www.umwelt-tuv.de



tre-service@de.tuv.com

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

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

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Die Akkreditierung ist gültig bis 10-12-2022 und gilt für den unter der Urkundenanlage D-PL-11120-02-00 festgelegten Umfang.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

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

Leerseite



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung Model 405 nm der Firma 2B Technologies für die Komponente NO, NO2 und NOx

Geprüftes Gerät:	Model 405 nm		
Hersteller:	2B Technologies 2100 Central Avenue Boulder, Colorado 80301 USA		
Prüfzeitraum:	April 2018 bis Februar 2019		
Berichtsdatum:	19. Februar 2019		
Berichtsnummer:	936/21242468/A		
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Martin Schneider Tel.: +49 221 806-1614 martin.schneider@de.tuv.com		
Berichtsumfang:	Bericht:	181	Seiten
	Handbuch ab Seite	183	
	Handbuch mit	53	Seiten
	Gesamt	236	Seiten

Leerseite

Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG	14
1.1	Kurzfassung	14
1.2	Bekanntgabevorschlag	16
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse	17
2.	AUFGABENSTELLUNG.....	25
2.1	Art der Prüfung	25
2.2	Zielsetzung	25
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG	26
3.1	Messprinzip	26
3.2	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung	29
3.3	Einstellungen des Messgerätes	31
4.	PRÜFPROGRAMM.....	32
4.1	Allgemeines.....	32
4.2	Laborprüfung	33
4.3	Feldprüfung	33
5.	REFERENZMESSVERFAHREN	35
5.1	Messverfahren.....	35
	PRÜFERGEBNISSE NACH VDI 4202 BLATT 1 (2018).....	36
6.1	7.3 Allgemeine Anforderungen.....	36
6.1	7.3.1 Messwertanzeige	36
6.1	7.3.2 Kalibriereingang	37
6.1	7.3.3 Wartungsfreundlichkeit.....	38
6.1	7.3.4 Funktionskontrolle	39
6.1	7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	40

6.1	7.3.6 Bauart	41
6.1	7.3.7 Unbefugtes Verstellen	42
6.1	7.3.8 Messsignalausgang	43
6.1	7.3.9 Digitale Schnittstelle	44
6.1	7.3.10 Datenübertragungsprotokoll	45
6.1	7.3.11 Messbereich	46
6.1	7.3.12 Negative Messsignale	47
6.1	7.3.13 Stromausfall	48
6.1	7.3.14 Gerätefunktionen	49
6.1	7.3.15 Umschaltung	50
6.1	7.3.16 Gerätesoftware	51
6.1	7.4 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Laborprüfung	52
6.1	7.4.1 Allgemeines	52
6.1	7.4.2 Prüfbedingungen	53
6.1	7.4.3 Einstellzeit und Memory-Effekt	55
6.1	7.4.4 Kurzzeitdrift	56
6.1	7.4.5 Wiederholstandardabweichung	57
6.1	7.4.6 Linearität	58
6.1	7.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	59
6.1	7.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	60
6.1	7.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	61
6.1	7.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	62
6.1	7.4.11 Querempfindlichkeit	63
6.1	7.4.12 Mittelungseinfluss	70
6.1	7.4.13 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	74
6.1	7.4.14 Konverterwirkungsgrad	75

6.1	7.4.15 Verweilzeit im Messgerät	76
6.1	7.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung	77
6.1	7.5.1 Allgemeines	77
6.1	7.5.2 Standort für die Feldprüfungen.....	78
6.1	7.5.3 Betriebsanforderungen.....	79
6.1	7.5.4 Langzeitdrift	80
6.1	7.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	81
6.1	7.5.6 Kontrollintervall	82
6.1	7.5.7 Verfügbarkeit	83
6.1	7.5.8 Konverterwirkungsgrad	84
6.1	7.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit.....	87
6.	PRÜFERGEBNISSE NACH DIN EN 14211 (2012)	88
7.1	8.4.3 Einstellzeit.....	88
7.1	8.4.4 Kurzzeitdrift.....	93
7.1	8.4.5 Wiederholstandardabweichung	99
7.1	8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	103
7.1	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	110
7.1	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur.....	113
7.1	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.....	116
7.1	8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	120
7.1	8.4.11 Störkomponenten.....	124
7.1	8.4.12 Mittelungsprüfung	129
7.1	8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	133
7.1	8.4.14 Konverterwirkungsgrad	134
7.1	8.4.15 Verweilzeit im Messgerät	137
7.1	8.5.4 Langzeitdrift	138



7.1	8.5.5 Vergleichstandardabweichung für NO ₂ unter Feldbedingungen	143
7.1	8.5.6 Kontrollintervall	146
7.1	8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes.....	147
7.1	8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (2012).....	149
7.	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ.....	157
8.	LITERATURVERZEICHNIS	158
9.	ANLAGEN.....	159
7.1	Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} [8.5.3.2].....	160
7.1	Vergleich mit der Standard Referenz Methode [8.5.3.3].....	166

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Geprüfter Messbereich.....	15
Tabelle 2:	Gerätetechnische Daten Model 405 nm (Herstellerangaben).....	31
Tabelle 3:	Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14211.....	46
Tabelle 4:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 1</i>	64
Tabelle 5:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 2</i>	64
Tabelle 6:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 1</i>	65
Tabelle 7:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 2</i>	65
Tabelle 8:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 1</i>	66
Tabelle 9:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 2</i>	67
Tabelle 10:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 1</i>	68
Tabelle 11:	<i>Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 2</i>	69
Tabelle 12:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO.....	71
Tabelle 13:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO ₂	71
Tabelle 14:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO.....	72
Tabelle 15:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO ₂	73
Tabelle 16:	Einzelwerte der Überprüfung des Konverterwirkungsgrades.....	86
Tabelle 17:	Einstellzeiten der beiden Messeinrichtungen Model 405 nm für NO.....	90
Tabelle 18:	Einstellzeiten der beiden Messeinrichtungen Model 405 nm für NO ₂	90
Tabelle 19:	Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente NO.....	91
Tabelle 20:	Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente NO ₂	92
Tabelle 21:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift Komponente NO.....	94
Tabelle 22:	Ergebnisse der Kurzzeitdrift Komponente NO ₂	94
Tabelle 23:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe für NO.....	95
Tabelle 24:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe für NO.....	96
Tabelle 25:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe für NO ₂	97
Tabelle 26:	Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe für NO ₂	98
Tabelle 27:	Wiederholstandardabweichung für NO am Null- und Referenzpunkt.....	100
Tabelle 28:	Wiederholstandardabweichung für NO ₂ am Null- und Referenzpunkt.....	100
Tabelle 29:	Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung für NO	101
Tabelle 30:	Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung für NO ₂	102
Tabelle 31:	Abweichungen der Analysenfunktion für NO.....	105
Tabelle 32:	Abweichungen der Analysenfunktion für NO ₂	105
Tabelle 33:	Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung für NO.....	108
Tabelle 34:	Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung für NO ₂	109
Tabelle 35:	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks für NO.....	111
Tabelle 36:	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks für NO ₂	111
Tabelle 37:	Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks für NO.....	111
Tabelle 38:	Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks für NO ₂	112
Tabelle 39:	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur für NO.....	114
Tabelle 40:	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur für NO ₂	114
Tabelle 41:	Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur für NO.	114
Tabelle 42:	Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur für NO ₂ 115	
Tabelle 43:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur, für NO.....	117
Tabelle 44:	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur, für NO ₂	117

Tabelle 45:	Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur für NO	118
Tabelle 46:	Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur für NO ₂	119
Tabelle 47:	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung für NO	121
Tabelle 48:	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung für NO ₂	121
Tabelle 49:	Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung für NO	122
Tabelle 50:	Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung für NO ₂	123
Tabelle 51:	Störkomponenten nach DIN EN 14211	125
Tabelle 52:	Einfluss der geprüften Störkomponenten für NO ($c_t = 500 \pm 50$ nmol/mol)	125
Tabelle 53:	Einfluss der geprüften Störkomponenten für NO ₂ ($c_t = \text{ca. } 104$ nmol/mol)	125
Tabelle 54:	Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten für NO	127
Tabelle 55:	Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten für NO ₂	128
Tabelle 56:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO	130
Tabelle 57:	Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO ₂	130
Tabelle 58:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO	131
Tabelle 59:	Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO ₂	132
Tabelle 60:	Einzelwerte der Überprüfung des Konverterwirkungsgrades	136
Tabelle 61:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt für NO	139
Tabelle 62:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt für NO	139
Tabelle 63:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt für NO ₂	140
Tabelle 64:	Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt für NO ₂	140
Tabelle 65:	Einzelwerte der Driftuntersuchungen für NO	141
Tabelle 66:	Einzelwerte der Driftuntersuchungen für NO ₂	142
Tabelle 67:	Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für NO ₂ auf Basis aller Daten aus dem Feldtest	144
Tabelle 68:	Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für NO auf Basis aller Daten aus dem Feldtest	145
Tabelle 69:	Verfügbarkeit des Messgerätes Model 405 nm	148
Tabelle 70:	Leistungsanforderungen nach DIN EN 14211	150
Tabelle 71:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO, Gerät 1	153
Tabelle 72:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO, Gerät 1	153
Tabelle 73:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO, Gerät 2	154
Tabelle 74:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO, Gerät 2	154
Tabelle 75:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO ₂ , Gerät 1	155
Tabelle 76:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO ₂ , Gerät 1	155
Tabelle 77:	Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO ₂ , Gerät 2	156
Tabelle 78:	Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO ₂ , Gerät 2	156
Tabelle 79:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} Komponente NO	161
Tabelle 80:	Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} Komponente NO ₂	161
Tabelle 81:	Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten W_{CM} aus den Felduntersuchungen für NO ₂	168
Tabelle 82:	Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten W_{CM} aus den Felduntersuchungen für NO	168
Tabelle 83:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat August, Komponente NO ₂	169
Tabelle 84:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Oktober, Komponente NO ₂	169
Tabelle 85:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Dezember, Komponente NO ₂	170
Tabelle 86:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente NO ₂	170
Tabelle 87:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat August, Komponente NO	171

Tabelle 88:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Oktober, Komponente NO.....	171
Tabelle 89:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Dezember, Komponente NO.	172
Tabelle 90:	Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente NO	172
Tabelle 91:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat August 2018.....	177
Tabelle 92:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Oktober 2018	178
Tabelle 93:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Dezember 2018	179
Tabelle 94:	Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Januar 2019	180

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung des Model 405 nm Analysators	26
Abbildung 2:	Allgemeines Funktionsschema	28
Abbildung 3:	Innenansicht - Oberseite	29
Abbildung 4:	Innenansicht - Unterseite	30
Abbildung 5:	Softwareversion der Model 405 nm Testgeräte	32
Abbildung 6:	Model 405 nm Testgerät mit Messwertanzeige	36
Abbildung 7:	Veranschaulichung der Einstellzeit	89
Abbildung 8:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 für NO	105
Abbildung 9:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 für NO	106
Abbildung 10:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 für NO ₂	106
Abbildung 11:	Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 für NO ₂	107
Abbildung 12:	Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{NO} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$)	130
Abbildung 13:	Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für NO ₂ im Feld....	144
Abbildung 14:	Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für NO im Feld	145
Abbildung 15:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat August, Komponente NO ₂	162
Abbildung 16:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Oktober, Komponente NO ₂	162
Abbildung 17:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Dezember, Komponente NO ₂	163
Abbildung 18:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Januar, Komponente NO ₂	163
Abbildung 19:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat August, Komponente NO	164
Abbildung 20:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Oktober, Komponente NO	165
Abbildung 21:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Dezember, Komponente NO	165
Abbildung 22:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Januar, Komponente NO	165
Abbildung 23:	Referenz vs. Testgerät, Monat August, Komponente NO ₂	173
Abbildung 24:	Referenz vs. Testgerät, Monat Oktober, Komponente NO ₂	173
Abbildung 25:	Referenz vs. Testgerät, Monat Dezember, Komponente NO ₂	174
Abbildung 26:	Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente NO ₂	174
Abbildung 27:	Referenz vs. Testgerät, Monat August, Komponente NO	175
Abbildung 28:	Referenz vs. Testgerät, Monat Oktober, Komponente NO	175
Abbildung 29:	Referenz vs. Testgerät, Monat Dezember, Komponente NO	176
Abbildung 30:	Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente NO	176
Abbildung 31:	Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005	182

Leerseite

1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Im Auftrag der Firma 2B Technologies führte die TÜV Rheinland Energy GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung Model 405 nm für die Komponenten NO, NO₂ und NO_x durch. Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI 4202 Blatt 1: Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen vom April 2018
- DIN EN 14211: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, vom November 2012
- Leitfaden "Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods", vom Januar 2010

Die Messeinrichtung Model 405 nm misst die Komponenten NO, NO₂ und NO_x direkt mittels UV Absorption. Das Messprinzip entspricht somit nicht dem EU Referenzverfahren der Chemilumineszenz. In Anhang 1 sind die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen gegenüber dem Referenzverfahren für NO_x (Chemilumineszenz) im Feldtest aufgeführt. Die Messergebnisse wurden nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ ausgewertet.

Im Gegensatz zu einem CLD-Analysator analysiert die Messeinrichtung aufgrund ihres Messprinzips abwechselnd direkt NO₂ und NO. Der ausgegebene NO_x Wert wird immer errechnet. Daher wurde in jedem Prüfpunkt dieses Berichts jeweils NO und NO₂ getrennt bewertet. Die Komponente NO wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 geprüft. Zur Prüfung der Komponente NO₂ (geprüfter Messbereich 0 – 500 µg/m³ (0 – 261 nmol/mol)) wurden die Prüfgassollwerte auf den Messbereich der Komponente NO₂ angepasst. Prüfgrundlage war auch hier die DIN EN 14211. Zusätzlich wurde eine erweiterte Querempfindlichkeitsuntersuchung für die Komponente NO₂ durchgeführt.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor der TÜV Rheinland Energy GmbH und während eines dreimonatigen Feldtests in Köln. Die geprüften Messbereiche betragen:

Tabelle 1: Geprüfter Messbereich

Messkomponente	Messbereich in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ¹⁾	Messbereich in [ppb] bzw. [nmol/mol]
NO	0–1 200	0–962
NO ₂	0–500	0–261

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

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen der DIN EN 14211 (2012) und der VDI 4202-1 (2018) erfüllt.

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

1.2 Bekanntgabevorschlag

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

Messeinrichtung:

Model 405 nm für NO, NO₂ und NO_x

Hersteller:

2B Technologies, Boulder, USA

Eignung:

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

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Stickstoffmonoxid	0–1 200	µg/m ³
Stickstoffdioxid	0–500	µg/m ³

Softwareversion:

Version 36B

Einschränkung:

keine

Hinweis:

1. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.qal1.de einsehbar.
2. Da die Messeinrichtung nicht über einen Passwortschutz verfügt, muss sie in einem verschließbaren Container untergebracht sein.
3. Die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß der Anforderungen des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ wurde für die Komponenten NO und NO₂ nachgewiesen.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energy GmbH, Köln

Bericht-Nr.: 936/21242468/A vom 19. Februar 2019

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	36
7.3.2 Kalibriereingang	Das Messgerät darf über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügen.	Die Die Messeinrichtung verfügt nicht über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang. Das Prüfgas muss über den Probengaseingang in das Gerät eingeleitet werden.	nicht zutreffend	37
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	38
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	39
7.3.5 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	40
7.3.6 Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	41
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.	Die Messeinrichtung ist nicht gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern durch einen Passwortschutz gesichert. Die Aufstellung des NO2/NO/NOx Monitors muss in einem verschließbaren Messschrank bzw. Messcontainer erfolgen um das Messgerät vor unbeabsichtigtem oder unbefugtem Verstellen der Betriebsparameter zu sichern. Hierauf wird auch im Handbuch auf Seite 6 hingewiesen.	ja	42
7.3.8 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (0-2,5 V) und digital (über Modbus, RS 232) angeboten.	ja	43
7.3.9 Digitale Schnittstelle	Die digitale Schnittstelle muss die Übertragung der Messsignale, Statussignale usw. erlauben. Der Zugriff auf das Messgerät muss gegen unbefugten Zugriff gesichert sein.	Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.	ja	44

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7.3.10 Datenübertragungsprotokoll	Müssen den Anforderungen aus Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 entsprechen.	Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.	ja	45
7.3.11 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 500 µg/m ³ für NO ₂ und 1200 µg/m ³ für NO eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 2 bzw. 10 ppm sind möglich. Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	46
7.3.12 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Die Messeinrichtung kann negative Messsignale ausgeben.	ja	47
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.	ja	48
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	49
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 mit Hilfe eines mit dem Internet verbundenen externen PCs überwacht und gesteuert werden.	ja	50
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	51

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 14211 (2012) durchgeführt.	ja	52
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 14211 (2012) durchgeführt.	ja	53
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 14211 (2012) durchgeführt.	ja	77
7.5.2 Standort für die Feldprüfungen	Die Messstation für die Feldprüfung ist unter Berücksichtigung der Anforderungen der 39. BImSchV so auszuwählen, dass die zu erwartenden Konzentrationen der Messkomponente der vorgesehenen Aufgabenstellung entsprechen. Die Einrichtung der Messstation muss die Durchführung der Feldprüfung erlauben und im Rahmen der Messplanung als notwendig erachtete Kriterien erfüllen.	Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurde die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt.	ja	78
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	79
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 14211				
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 bei NO 28 s und bei NO ₂ 36 s, für Gerät 2 bei NO 28 s und bei NO ₂ 37,5 s.	ja	88
8.4.4 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift bei Null darf $\leq 2,0$ nmol/mol/12 h betragen Die Kurzzeitdrift beim Span-Niveau darf $\leq 6,0$ nmol/mol/12 h betragen.	Für die Komponente NO ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von -0,53 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,51 nmol/mol für Gerät 2. Für die Komponente NO ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -1,69 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,20 nmol/mol für Gerät 2. Für die Komponente NO ₂ ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von 0,17 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,65 nmol/mol für Gerät 2. Für die Komponente NO ₂ ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -2,08 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,98 nmol/mol für Gerät 2.	ja	93
8.4.5 Wiederholstandardabweichung	Die Wiederholstandardabweichung muss sowohl das Leistungskriterium bei Null $\leq 1,0$ nmol/mol als auch bei der Prüfskonzentration am Referenzpunkt $\leq 3,0$ nmol/mol erfüllen.	Für NO ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,67 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,50 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 1,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,03 nmol/mol für Gerät 2. Für NO ₂ ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,35 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,57 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 0,88 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,78 nmol/mol für Gerät 2.	ja	99
8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion	Die Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion darf maximal 5,0 nmol/mol am Nullpunkt sowie maximal 4 % des Messwertes bei Konzentrationen größer Null betragen.	Komponente NO Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,06 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,66 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,70 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 1,15 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Komponente NO ₂	ja	103

		Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 1,50 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 2,36 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von - 0,24 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 3,29 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.			
8.4.7	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks muss $\leq 8,0$ nmol/mol/kPa betragen.	Für NO ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,34 nmol/mol/kPa für Gerät 1 sowie 0,43 nmol/mol/kPa für Gerät 2. Für NO2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,19 nmol/mol/kPa für Gerät 1 sowie 0,17 nmol/mol/kPa für Gerät 2.	ja	110



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 3,0$ nmol/mol/K betragen.	Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,08 nmol/mol/K für NO sowie 0,10 nmol/mol/K für NO ₂ Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,05 nmol/mol/K für NO sowie 0,10 nmol/mol/K für NO ₂ .	ja	113
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 3,0$ nmol/mol/K betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient bst der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 3,0 nmol/mol/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient bst gewählt. Für die Komponente NO sind dies für Gerät 1 = 0,250 nmol/mol/K und für Gerät 2 = 0,253 nmol/mol/K. Für die Komponente NO ₂ sind dies für Gerät 1 = 0,197 nmol/mol/K und für Gerät 2 = 0,206 nmol/mol/K.	ja	116
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung muss $\leq 0,30$ nmol/mol/V betragen.	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14211 von maximal 0,3 nmol/mol/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Bei der Komponente NO sind dies für Gerät 1 0,01 nmol/mol/V und für Gerät 2 0,00 nmol/mol/V. Bei der Komponente NO ₂ sind dies für Gerät 1 0,00 nmol/mol/V und für Gerät 2 0,02 nmol/mol/V.	ja	120
8.4.11 Störkomponenten	Störkomponenten bei null und bei der NO-Konzentration c_t (500 ± 50 nmol/mol). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten H ₂ O, CO ₂ und NH ₃ , betragen je $\leq 5,0$ nmol/mol.	Es ergibt sich für NO ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von 1,87 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,33 nmol/mol für Gerät 2 bei H ₂ O, 1,27 nmol/mol für Gerät 1 und 1,03 nmol/mol für Gerät 2 bei CO ₂ sowie 1,37 nmol/mol für Gerät 1 und 1,67 nmol/mol für Gerät 2 bei NH ₃ . Für NO ₂ ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von 0,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,23 nmol/mol für Gerät 2 bei H ₂ O, -0,07 nmol/mol für Gerät 1 und 0,07 nmol/mol für Gerät 2 bei CO ₂ sowie 0,97 nmol/mol für Gerät 1 und 0,93 nmol/mol für Gerät 2 bei NH ₃ . Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich für NO ein Wert von 2,37 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,80 nmol/mol für Gerät 2 bei H ₂ O, -0,07 nmol/mol für Gerät 1 und -	ja	124

		0,33 nmol/mol für Gerät 2 bei CO2 sowie 2,13 nmol/mol für Gerät 1 und 0,97 nmol/mol bei NH3. Für die Quersensitivität am Grenzwert ct ergibt sich für NO2 ein Wert von 2,27 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,13 nmol/mol für Gerät 2 bei H2O, - 0,57 nmol/mol für Gerät 1 und 0,37 nmol/mol für Gerät 2 bei CO2 sowie 0,83 nmol/mol für Gerät 1 und 0,80 nmol/mol bei NH3..		
8.4.12 Mittelungsprüfung	Der Mittelungseinfluss muss bei $\leq 7\%$ des Messwertes liegen.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14211 wird in vollem Umfang eingehalten.	ja	129

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang	Die Differenz zwischen Proben- und Kalibriergaseingang muss $\leq 1\%$ sein.	Dieser Prüfpunkt ist nicht relevant. Die Messeinrichtung ist nicht mit einem vom Probegas getrennten Prüfgaseingang ausgestattet. Die Prüfgase müssen über den Probengaseingang zugeführt werden.	nicht zutreffend	133
8.4.14 Konverterwirkungsgrad	Der Konverterwirkungsgrad muss mindestens $\geq 98\%$ betragen.	Das Leistungskriterium der DIN EN 14211 wird mit einem Konverterwirkungsgrad von mindestens 98,5 % in vollem Umfang eingehalten.	ja	134
8.4.15 Verweilzeit im Messgerät	Die Verweilzeit im Messgerät muss $\leq 3,0$ s sein.	Es ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von ca. 1,2 s.	ja	134
8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld nach DIN EN 14211				
8.5.4 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift bei Null darf maximal $\leq 5,0$ nmol/mol betragen. Die Langzeitdrift beim Spannniveau darf maximal $\leq 5\%$ des Zertifizierungsbereiches betragen.	Für NO liegt die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt DI_{z} bei 0,39 nmol/mol für Gerät 1 und 0,94 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift für NO am Referenzpunkt DI_{s} liegt bei 1,29 % für Gerät 1 und 0,89 % für Gerät 2. Für NO ₂ liegt die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt DI_{z} bei -0,61 nmol/mol für Gerät 1 und 0,53 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift für NO ₂ am Referenzpunkt DI_{s} liegt bei 0,61 % für Gerät 1 und 1,33 % für Gerät 2.	ja	138
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 externe Partikelfilter muss ja nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14211 mindestens alle 14 Tage erfolgen.	ja	146
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für NO ₂ unter Feldbedingungen	Die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen darf maximal $\leq 5\%$ des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten betragen.	Die Vergleichsstandardabweichung für NO ₂ unter Feldbedingungen betrug 3,41 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14211 eingehalten.	ja	143
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	Die Verfügbarkeit des Messgerätes muss $\geq 90\%$ betragen	Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14211 erfüllt.	ja	147

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Firma 2B Technologies wurde von der TÜV Rheinland Energy GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung Model 405 nm vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

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

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
Stickstoffmonoxid	0 - 1200	µg/m ³
Stickstoffdioxid	0 - 500	µg/m ³

Die Messeinrichtung Model 405 nm misst die Komponenten NO, NO₂ und NO_x mittels direkter UV Absorption.

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

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI 4202 Blatt 1: Automatische Messeinrichtungen zur Überwachung der Luftqualität; Eignungsprüfung, Eignungsbekanntgabe und Zertifizierung von Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gasförmigen Immissionen, vom April 2018
- DIN EN 14211: Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, vom November 2012
- Leitfaden "Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods", vom Januar 2010

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Immissionsmesseinrichtung Model 405 nm ist ein kontinuierlicher Stickstoffdioxid-Analysator. Das Messprinzip basiert auf der direkten UV-Absorption. Das Gerät wurde zur kontinuierlichen Messung von NO, NO₂ und NO_x in der Umgebungsluft entwickelt.

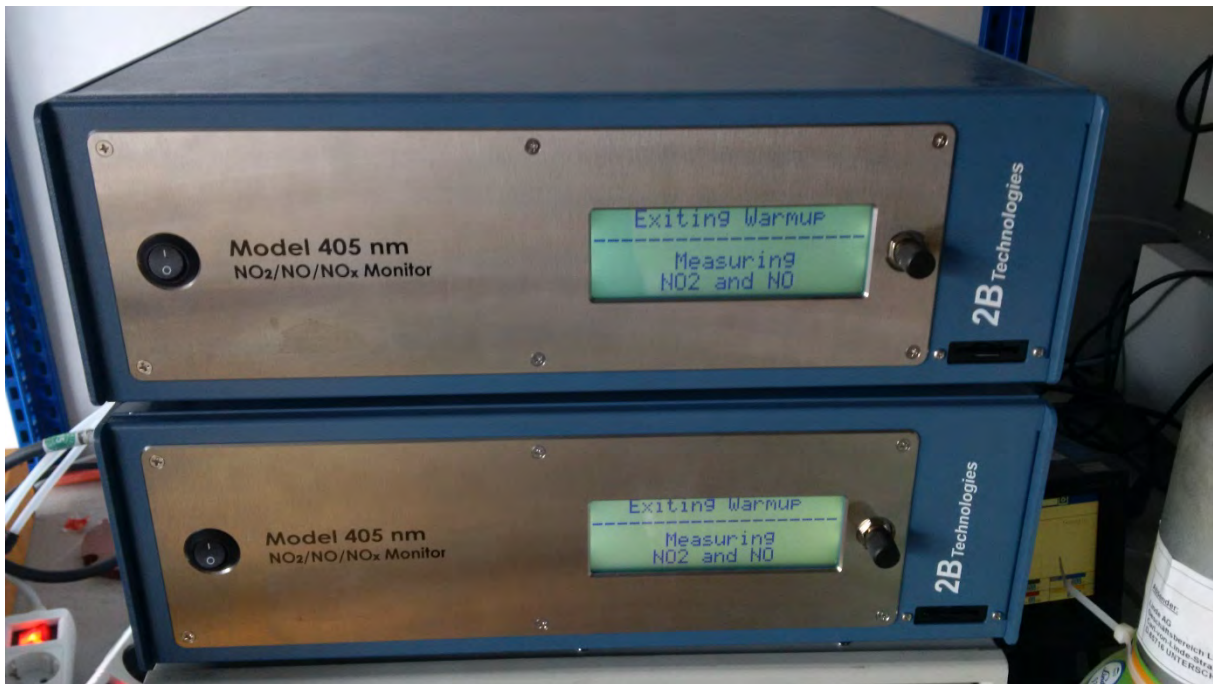


Abbildung 1: Darstellung des Model 405 nm Analysators

Der Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor ist so konzipiert, dass atmosphärisches Stickstoffdioxid (NO₂), Stickoxid (NO) und NO_x (NO + NO₂) über einen dynamischen Bereich von wenigen ppb, bis zu 10 ppm für NO₂ und 2 ppm für NO, basierend auf der Aufnahme von sichtbarem Licht bei 405 Nanometern (nm), genau gemessen werden kann.

Der Modell 405 nm Analysator nutzt eine absolute Methode zur Messung von NO₂ auf Basis des Lambert-Beerschen-Gesetzes. Die NO₂-Messung erfolgt mit einer konventionellen auf Absorption basierenden Methode. Das NO₂ wird bei einer UV-Licht-Wellenlänge von 405 nm analysiert. Die dafür notwendige Messweglänge von ca. 2 Metern wird durch den Einsatz einer Messzelle mit einem Röhrendesign erreicht, die für ein geringes Volumen und einen schnellen Gasaustausch sorgt.

Stickoxid wird gemessen, indem die UV-Lichtintensitäten mit und ohne Ozon-Zugabe zur Oxidierung von NO zu NO₂ gemessen werden. Wie im Folgenden näher beschrieben, ergibt sich eine "halbdirekte" Messung von NO, da die NO-Konzentration direkt ausgegeben wird und nicht auf der Subtraktion der NO₂-Konzentration von einer Gesamt-NO_x-Konzentration beruht. Stattdessen wird die NO_x-Konzentration als Summe der Messungen von NO₂ und NO berechnet.

Die Probenluft wird durch die Pumpe kontinuierlich mit einer Durchflussrate von ca. 1,5 L/min durch das Instrument gesaugt. Das NO₂-Scrubber-Ventil pumpt die Probenluft abwechselnd durch eine Umleitung oder einen beheizten NO₂-Scrubber, um alles NO₂ in der Probe zu entfernen. Die NO₂-gereinigte oder ungereinigte Luft durchläuft das Reaktorvolumen und die DewLine Nafion Röhren (zum Ausgleich der Luftfeuchtigkeit), durch die optische Zelle und durch den Zellen-Durchflussmesser. Die alternative Umschaltung des NO₂-Scrubber-Ventils alle 5 Sekunden ermöglicht die Messung einer Lichtintensität in der Abwesenheit (I_0) von NO₂ und der Anwesenheit (I) von NO₂. Das Lambert-Beersche-Gesetz wird dann dazu verwendet, die Konzentration von NO₂ basierend auf I und I_0 zu berechnen:

$$[NO_2] = \frac{1}{L\sigma} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

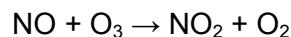
Hier ist L die Weglänge (~ 2,1 m) und es ist der Absorptionsquerschnitt (~ $6,06 \times 10^{-19} \text{ cm}^2 \text{ Molek}^{-1}$) für NO₂ konstant. Die Messung liefert eine absolute NO₂-Konzentration in Moleküle/cm³. Nach Temperatur und Druck Kompensation mit Hilfe des idealen Gas-Gesetzes wird ein NO₂ Wert in ppb in der Messzelle berechnet.

Stickstoffdioxid in ppb-Einheiten wird dann durch die folgende Formel berechnet:

$$[NO_2]_{ppb} = 10^9 \frac{[NO_2]}{[Air]} = 10^9 \frac{RT}{N_A P L \sigma} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

wobei N_A die Avogadrozahl ($6,02214129 \times 10^{23} \text{ molec/mol}$), R die Gaskonstante ($82,05746 \text{ cm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T die absolute Temperatur in K und P der Zelldruck in der Atmosphäre ist.

Stickoxid wird gemessen, indem der NO₂-Scrubber umgangen wird und die Lichtintensität gemessen wird, während man Ozon hinzufügt (I) oder nicht hinzufügt (I_0), um NO zu NO₂ entsprechend der bekannten Reaktion zu konvertieren.:



Wie bei allen unseren Instrumenten wird auch bei den Messungen I und I_0 eine DewLine Nafion Leitung eingesetzt, um die Luftfeuchtigkeit auszugleichen, sodass jegliche Wasserdampfstörung durch Brechungseffekte auf die Lichtübertragung durch die optische Zelle beseitigt wird.

NO_x wird durch Addieren der Messungen von NO₂ und NO errechnet.

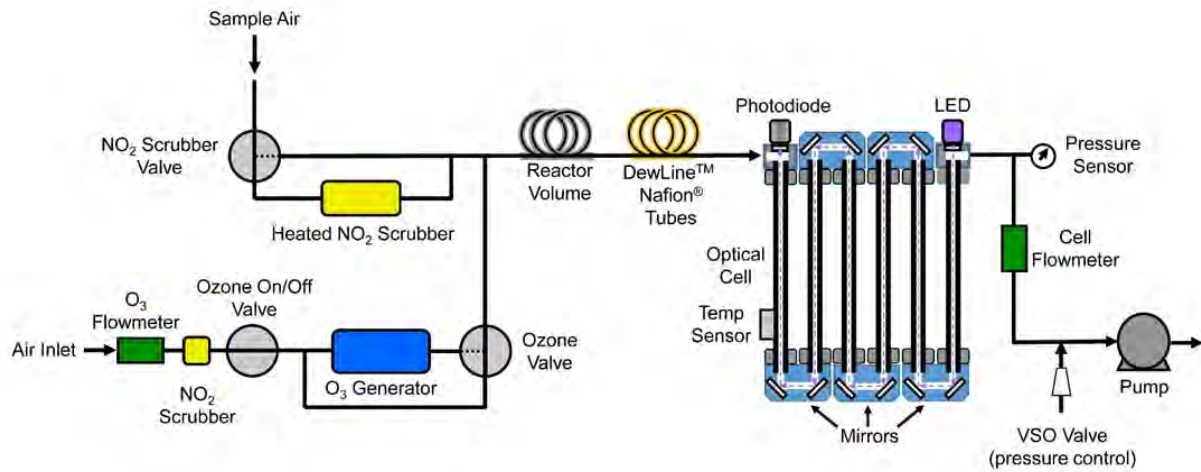


Abbildung 2: Allgemeines Funktionsschema

3.2 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Der Model 405 nm Stickstoffoxid-Analysator verwendet die direkte UV-Absorption zur kontinuierlichen Messung von NO, NO₂ und NO_x in der Umgebungsluft. Der Analysator besteht aus folgenden Hauptbaugruppen:

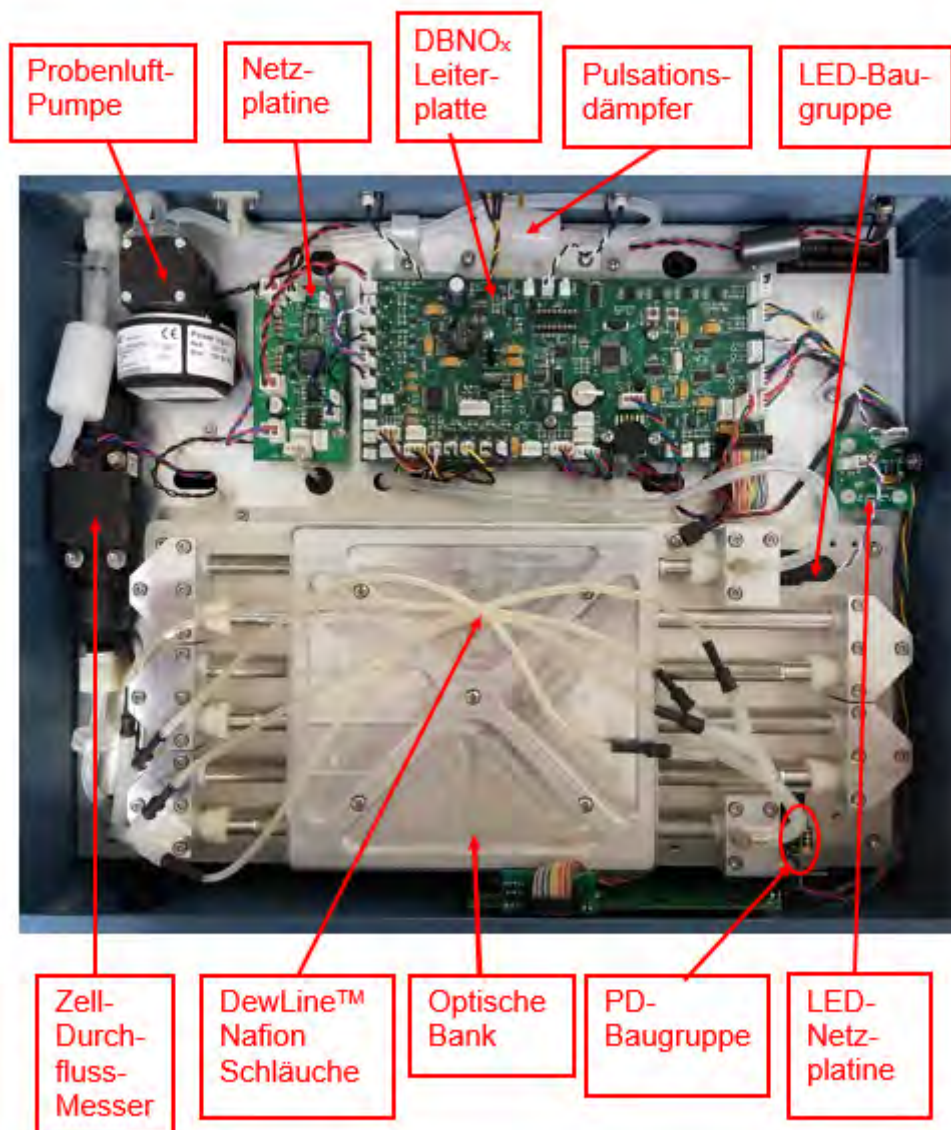


Abbildung 3: Innenansicht - Oberseite

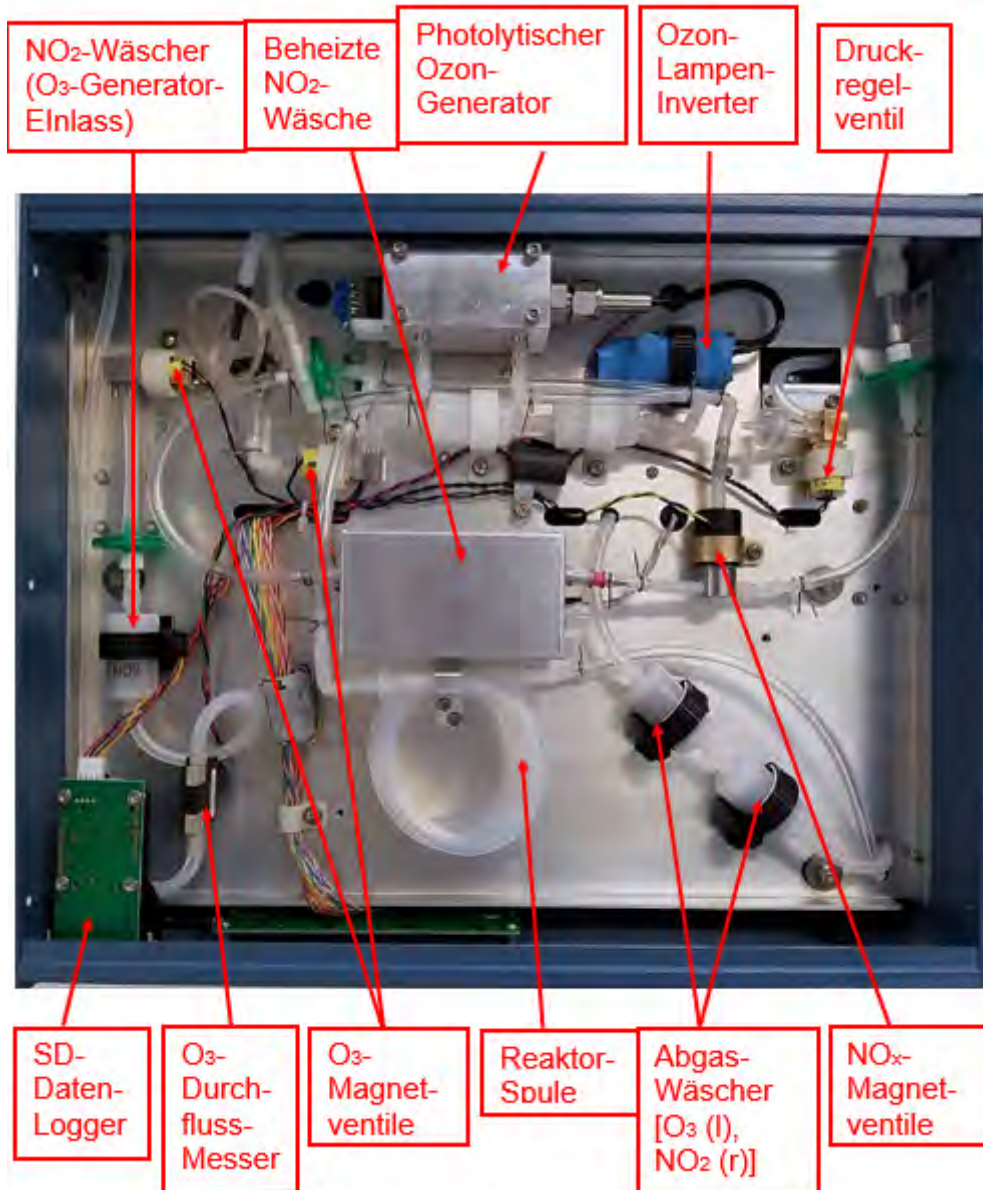


Abbildung 4: Innenansicht - Unterseite

Die Tabelle 2 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Model 405 nm.

Tabelle 2: Gerätetechnische Daten Model 405 nm (Herstellerangaben)

Messbereich:	Maximal 0 – 10 ppm für NO ₂ Maximal 0 – 2 ppm für NO
Einheiten:	ppb oder ppm
Gemessene Verbindungen:	NO, NO ₂ und NO _x
Probenfluss:	ca. 1,5 Liter/min (während der Prüfung)
Ausgänge:	<ul style="list-style-type: none">• SD-Karte• Serielle Schnittstelle, RS232• 0 – 2,5 Volt analog
Eingangsspannung:	230 V oder 115 V, 50 Hz oder 60 Hz
Leistung:	17 W; maximal 35 W
Abmessungen (L x B x H) / Gewicht:	430 x 370 x 140 mm / ca. 9 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 Modell 405 nm verarbeitet Probenkonzentrationsdaten über einen eingebauten 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 der letzten 36 Rohmessungen oder 3 Minuten der Messungen. Dies sorgt für stabile Messergebnisse. Erkennt der Filter schnelle Konzentrationsänderungen, reduziert er die Mittelung auf nur 4 Proben oder 20 Sekunden, um dem Analysator eine schnellere Reaktion zu ermöglichen. Um auf kurze Filterzeiten zu wechseln, müssen zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein. Zunächst muss sich die momentane Konzentration vom Durchschnitt der langen Filterzeiten um mindestens 40 ppb unterscheiden. Zweitens muss sich die momentane Konzentration vom Durchschnitt der langen Filterzeiten um mindestens 10 % des Durchschnitts in langen Filterzeiten unterscheiden. Die genannten Glättungsfilter waren während der gesamten Prüfung aktiviert.

4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten Model 405 nm mit den Seriennummern

Gerät 1: SN 1073 und

Gerät 2: SN 1076.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion „Version 36B“ durchgeführt.

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

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



Abbildung 5: Softwareversion der Model 405 nm Testgeräte

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten des Typs Model 405 nm mit den Seriennummern SN: 1073 und SN: 1076 durchgeführt. Nach den Richtlinien [1, 2] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

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

Die Messeinrichtung arbeitet nicht nach dem EU-Standardreferenzverfahren (Chemilumineszenz), sondern analysiert aufgrund ihres Messprinzips (UV-Absorption) abwechselnd direkt NO₂ und NO. Der ausgegebene NO_x Wert wird immer errechnet. Daher wurde in jedem Prüfpunkt dieses Berichts jeweils NO und NO₂ getrennt bewertet. Die Komponente NO wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 geprüft. Zur Prüfung der Komponente NO₂ (geprüfte Messbereich 0 – 500 µg/m³ (0 – 261 nmol/mol)) wurden die Prüfgassollwerte auf den Messbereich der Komponente NO₂ angepasst. Prüfgrundlage war auch hier die DIN EN 14211. Zusätzlich wurde eine erweiterte Querempfindlichkeitsuntersuchung für die Komponente NO₂ durchgeführt.

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 14211 und VDI 4202-1 wurde mit zwei baugleichen Messeinrichtungen des Typs Model 405 nm vom 23.07.2018 bis zum 29.10.2018 durchgeführt. Im Anschluss wurden die Feldmessungen bis zum 01. Februar 2019 fortgesetzt, um weitere Messdaten zur Auswertung nach dem Leitfaden "Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods" zu sammeln. Die eingesetzten Messgeräte waren identisch mit den während des Labortests geprüften Geräten. Die Seriennummern waren wie folgt:

Gerät 1: SN 1073

Gerät 2: SN 1076

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Langzeitdrift
- Wartungsintervall
- Verfügbarkeit
- Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen
- Konverterwirkungsgrad (VDI 4202-1:2018)

Identisch zum Vorgehen während der Laborprüfung wurde die Auswertung des Feldtests ebenfalls für NO und NO₂ getrennt aufgeführt.

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte mit einem externen Datenlogger.

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

5. Referenzmessverfahren

5.1 Messverfahren

Während der Prüfung zur Justierung der Geräte benutzte Prüfgase

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

Die Prüfgasflasche (SN: 2003890) wurde durch das Nationale EU-Referenzlabor für Luftqualität (Umwelbundesamt in Langen) rückgeführt. Die Qualitätssicherung der weiter verwendeten Prüfgase erfolgte auf Basis des rückgeführten Prüfgases im Labor der TÜV Rheinland Energy GmbH.

Nullgas:	Synthetische Luft
Prüfgas NO:	198,6 ppb in synth. Luft
Flaschennummer:	2003890
Hersteller / Herstelldatum:	Linde / 04.07.2018
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	12 Monate
Überprüfung des Zertifikates am / durch:	25.07.2018 / UBA Langen Kalibrierschein Nr. 039-2018
Messunsicherheit gemäß Kalibrierschein:	+/- 4,0 nmol/mol
Prüfgas NO:	1980 ppb in synth. Luft
Flaschennummer:	16462
Hersteller / Herstelldatum:	Praxair / 19.03.2018
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	24 Monate
Überprüfung des Zertifikates durch:	Eigenlabor
Rel. Unsicherheit gemäß Zertifikat:	5 %
Prüfgas NO₂:	9,86 ppb in Luft
Flaschennummer:	16297
Hersteller / Herstelldatum:	Praxair / 22.02.2017
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	24 Monate
Überprüfung des Zertifikates durch:	Eigenlabor
Rel. Unsicherheit gemäß Zertifikat:	2 %

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 6 zeigt die Messeinrichtung mit integrierter Messwertanzeige.



Abbildung 6: Model 405 nm Testgerät mit Messwertanzeige

6.1 7.3.2 Kalibriereingang

Das Messgerät darf über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang verfügen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt nicht über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang. Das Prüfgas muss über den Probengaseingang in das Gerät eingeleitet werden.

6.5 Bewertung

Die Die Messeinrichtung verfügt nicht über einen vom Probengaseingang getrennten Prüfgaseingang. Das Prüfgas muss über den Probengaseingang in das Gerät eingeleitet werden. Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.3.3 Wartungsfreundlichkeit

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

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

6.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der in den Handbüchern 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 Warnmeldungen 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

Zur Rüstzeit wird im Handbuch keine Angabe gemacht. Sie ist selbstverständlich abhängig von den Gegebenheiten am Einbauort sowie der Verfügbarkeit der Spannungsversorgung am Einbauort. Da es sich beim Model 405 nm 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.

Beim Einschalten aus völlig kaltem Zustand benötigt das Gerät ca. 30 Minuten, bis sich der Messwert stabilisiert hat. Dieser Wert ist auch im zugehörigen Handbuch so angegeben.

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

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.3.6 Bauart

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

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

Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)

Sicherheitsanforderungen

Abmessungen

Gewicht

Energiebedarf

Vermeidung von Kondensation im Analysator.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungsanleitung sowie ein Messgerät zur Erfassung des Energieverbrauchs (Gossen Metrawatt) 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 30 °C liegen.

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

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller maximal 35W angegeben. Im Anfahrbetrieb (Aufheizen) wurden kurzzeitig Verbrauchswerte von 32 Watt gemessen. Im Normalbetrieb liegt der Verbrauch bei ca. 18 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 Bedienknopf oder über einem direkt oder via Netzwerk angeschlossenem externen Rechner.

6.4 Auswertung

Das Gerät besitzt keine interne Funktion (Passwortschutz) gegen unbeabsichtigtes oder unbefugtes Verstellen. Die Aufstellung des NO₂/NO/NO_x Monitors muss in einem verschließbaren Messschrank bzw. Messcontainer erfolgen um das Messgerät vor unbeabsichtigtem oder unbefugtem Verstellen der Betriebsparameter zu sichern. Das Handbuch der Messeinrichtung weist auf die Besonderheiten des Aufstellortes hin.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ist nicht gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern durch einen Passwortschutz gesichert. Die Aufstellung des NO₂/NO/NO_x Monitors muss in einem verschließbaren Messschrank bzw. Messcontainer erfolgen um das Messgerät vor unbeabsichtigtem oder unbefugtem Verstellen der Betriebsparameter zu sichern. Hierauf wird auch im Handbuch auf Seite 6 hingewiesen.

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: Serielle Schnittstelle, RS232 und interne SD-Karte. Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus auch über die Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen (0 – 2,5 Volt).

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog: 0 – 2,5 V Konzentrationsbereich wählbar

Digital: Serielle Schnittstelle, RS232, interne SD-Karte

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden analog (0-2,5 V) und digital (über Modbus, RS 232) angeboten.

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 7.3.9 Digitale Schnittstelle

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden in digitaler Form folgendermaßen angeboten:

Modbus, RS232

Die digitalen Ausgangssignale wurden überprüft. Alle relevanten Daten wie Messsignale, Statussignale, Messkomponente, Messbereich, Einheit, Geräteinformationen können digital übertragen werden.

6.5 Bewertung

Die digitale Messwertübertragung funktioniert korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 7.3.10 Datenübertragungsprotokoll

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

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

Messgeräteerkennung

Komponentenerkennung

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

PC

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Übertragungsprotokoll.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung verfügt standardmäßig über ein installiertes Modbus Übertragungsprotokoll. Die Übertragung von Mess- und Statussignalen erfolgt korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 7.3.11 Messbereich

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

An der Messeinrichtung können theoretisch Messbereiche bis maximal 0 – 20 ppm eingestellt werden.

Möglicher Messbereich für NO:	2 ppm
Möglicher Messbereich für NO ₂ :	10 ppm
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs für NO:	1200 µg/m ³ (962 ppb oder nmol/mol)
Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs für NO ₂ :	500 µg/m ³ (261 ppb oder nmol/mol)

6.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 500 µg/m³ für NO₂ und 1200 µg/m³ für NO eingestellt. Andere Messbereiche bis zu maximal 0 – 2 bzw. 10 ppm sind möglich.

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 sowie DIN EN 14211 enthalten folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von kontinuierlichen Immissionsmessgeräten für Stickstoffoxide:

Tabelle 3: Zertifizierungsbereiche VDI 4202-1 und DIN EN 14211

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in µg/m ³	in µg/m ³	in µg/m ³	
Stickstoffdioxid	0	500	200	1 h
Stickstoffmonoxid	0	1 200	631,3 *)	1 h

*) Für NO ist kein Grenzwert definiert, gemäß DIN EN 14211 ist an dieser Stelle ersatzweise mit dem Wert 500 ± 50 nmol/mol zu arbeiten.

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 die Messgeräte zum Betrieb weder Betriebs- noch Kalibriergase benötigen, ist ein unkontrolliertes Ausströmen von Gasen nicht möglich.

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

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt nach einer Aufwärmphase selbstständig den Messbetrieb wieder fort.

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 und analoge Ausgänge. Über einen externen PC kann beispielsweise eine einfache serielle Verbindung zwischen Analysator und 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. Zudem ist das „Remote Betrieb“ ein hilfreiches Tool um die die Gerätebetriebs- und Parameterwerte zu überprüfen.

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 nicht direkt telemetrisch angesteuert werden. Zur telemetrischen-überwachung muss ein externer PC an die Messeinrichtung angeschlossen werden, welcher wiederum über eine Internetverbindung überwacht und gesteuert werden kann. Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung via angeschlossenem PC 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 via angeschlossenem PC mit Internetverbindung überwacht und gesteuert werden.

6.5 Bewertung

Grundsätzlich können alle notwendigen Arbeiten zur Funktionskontrolle direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung mit Hilfe eines mit dem Internet verbundenen externen PCs 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 „Konfiguration“ eingesehen werden.

Die Prüfung wurde mit der Softwareversion „36B“ durchgeführt.

6.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 5 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 14211 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14211 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.4.2 Prüfbedingungen

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

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

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

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

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

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

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

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind geeignete Prüfgase zu verwenden.

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie DIN 14211 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Die im Handbuch beschriebene Einlaufzeit wurde eingehalten.

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

Die Prüfungen erfolgten mit den gerätezugehörigen, vorgeschaltetem Partikelfiltern.

Wie unter Punkt 3.3 beschrieben waren die genannten Glättungsfilter während der gesamten Prüfung aktiviert.

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 14211 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.4.3 Einstellzeit und Memory-Effekt

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

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Einstellzeit ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Einstellzeit nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.3 Einstellzeit.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.4 Kurzzeitdrift

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Kurzzeitdrift ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Kurzzeitdrift nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.5 Wiederholstandardabweichung

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt ist identisch zur Ermittlung der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.6 Linearität

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Linearität ist identisch zur Ermittlung des Lack of fit nach DIN EN 14211 (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 8,0 (nmol/mol)/kPa nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes nach DIN EN 14211 (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 3,0 (nmol/mol)/K nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur nach DIN EN 14211 (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 3,0 (nmol/mol)/K nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung nach DIN EN 14211 (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 Messeinrichtung arbeitet nicht nach dem Referenzverfahren Chemilumineszenz sondern misst NO₂ direkt. Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Querempfindlichkeiten nach DIN EN 14211 (2012) und VDI 4202-1 (2018) ist in der Auswahl der Querempfindlichkeitskomponenten an das Referenzverfahren angepasst. Daher wurden zusätzlich zu den drei in der DIN EN 14211 genannten Störkomponenten noch weitere, in der normalen Umgebungsluft mögliche, Störkomponenten auf ihren Einfluss überprüft. Die die Messeinrichtung die Probenluft im UV Bereich analysiert wurden nur weitere Störkomponenten mit optischen Absorptionslinien im UV Bereich betrachtet. Die zusätzlich überprüften Störkomponenten waren SO₂, H₂S, m-Xylol und Toluol.

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Querempfindlichkeiten nach DIN EN 14211 (2012) ist Kapitel 7.1 8.4.11 Störkomponenten dargestellt. Der Beitrag zur Gesamtunsicherheit aus der Querempfindlichkeit wird ebenfalls aus der streng nach DIN EN 14211 durchgeführten Untersuchung ermittelt.

6.4 Auswertung

In der folgenden tabellarischen Übersicht sind die aufgefundenen Differenzen mit und ohne Störkomponente für den Null- und Referenzpunkt der beiden Analysatoren aufgetragen. Unten in der Tabelle sind die Summen der positiven und der negativen Abweichungen zusammengefasst. Die Störkomponenten welche nach DIN EN 14211 überprüft werden müssen (H₂O, CO₂ und NH₃) sind in dieser Auswertung mit aufgeführt. Das Level der Prüfgaskonzentrationen wurde auf Basis der VDI 4201-1 (2018) ausgewählt. Das Konzentrationslevel der Störkomponenten wurde auf Basis der Richtlinie VDI 4202-1 (2018) ausgewählt. Für die Komponente SO₂ wurde der 1-Stunden Grenzwert gewählt.

Tabelle 4: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 1

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO (Zertifizierungsbereich = 0 - 962 nmol/mol)

Begleitstoff	Messgerät 1							
	Nullpunkt			Abweichung nmol/mol	Referenzpunkt			Abweichung nmol/mol
Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Sollwert nmol/mol		Istwert nmol/mol	%PG		
SO ₂ 131 nmol/mol	0,43	1,13	≤ 0,50	0,70	701,49	701,30	≤ 0,50	-0,19
H ₂ S 200 nmol/mol	0,83	1,00	≤ 0,50	0,17	700,37	700,65	≤ 0,50	0,28
CO ₂ 500 µmol/mol	-0,27	1,00	≤ 0,50	1,27	697,87	697,78	≤ 0,50	-0,09
m-Xylol 1 µmol/mol	0,47	0,37	≤ 0,50	-0,10	700,61	701,16	≤ 0,50	0,55
Toluol 0,5 µmol/mol	0,63	0,23	≤ 0,50	-0,40	702,92	703,34	≤ 0,50	0,42
H ₂ O 19 mmol/mol	-0,47	1,40	≤ 0,50	1,87	701,58	704,82	≤ 0,50	3,24
NH ₃ 200 nmol/mol	0,40	1,77	≤ 0,50	1,37	701,39	704,36	≤ 0,50	2,97
Summe positive Abweichungen				5,38				7,46
Summe negative Abweichungen				-0,50				-0,28

Tabelle 5: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 2

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO (Zertifizierungsbereich = 0 - 962 nmol/mol)

Begleitstoff	Messgerät 2							
	Nullpunkt			Abweichung nmol/mol	Referenzpunkt			Abweichung nmol/mol
Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Sollwert nmol/mol		Istwert nmol/mol	%PG		
SO ₂ 131 nmol/mol	0,33	0,37	≤ 0,50	0,04	703,99	703,90	≤ 0,50	-0,09
H ₂ S 200 nmol/mol	0,53	0,73	≤ 0,50	0,20	699,40	699,36	≤ 0,50	-0,04
CO ₂ 500 µmol/mol	0,27	1,30	≤ 0,50	1,03	699,96	699,49	≤ 0,50	-0,47
m-Xylol 1 µmol/mol	0,67	0,50	≤ 0,50	-0,17	702,69	703,76	≤ 0,50	1,07
Toluol 0,5 µmol/mol	0,60	0,60	≤ 0,50	0,00	701,44	702,00	≤ 0,50	0,56
H ₂ O 19 mmol/mol	0,63	0,97	≤ 0,50	0,34	697,87	701,76	0,56	3,89
NH ₃ 200 nmol/mol	0,17	1,83	≤ 0,50	1,66	703,94	705,29	≤ 0,50	1,35
Summe positive Abweichungen				3,27				6,87
Summe negative Abweichungen				-0,17				-0,60

Tabelle 6: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 1

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO₂ (Zertifizierungsbereich = 0 - 261 nmol/mol)

Begleitstoff	Messgerät 1							
	Nullpunkt				Referenzpunkt			
	Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Abweichung nmol/mol	Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Abweichung nmol/mol
SO ₂ 131 nmol/mol	0,40	0,50	≤ 0,50	0,10	190,87	191,91	0,54	1,04
H ₂ S 200 nmol/mol	0,40	0,57	≤ 0,50	0,17	193,75	193,75	≤ 0,50	0,00
CO ₂ 500 µmol/mol	0,47	0,40	≤ 0,50	-0,07	191,91	190,87	- 0,54	-1,04
m-Xylol 1 µmol/mol	0,23	0,57	≤ 0,50	0,34	192,10	191,61	≤ 0,50	-0,49
Toluol 0,5 µmol/mol	0,57	0,53	≤ 0,50	-0,04	191,36	191,48	≤ 0,50	0,12
H ₂ O 19 mmol/mol	0,37	0,43	≤ 0,50	0,06	193,94	197,49	1,83	3,55
NH ₃ 200 nmol/mol	0,47	1,43	0,51	0,96	188,72	190,26	0,82	1,54
Summe positive Abweichungen				1,63				6,25
Summe negative Abweichungen				-0,11				-1,53

Tabelle 7: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 2

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO₂ (Zertifizierungsbereich = 0 - 261 nmol/mol)

Begleitstoff	Messgerät 2							
	Nullpunkt				Referenzpunkt			
	Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Abweichung nmol/mol	Sollwert nmol/mol	Istwert nmol/mol	%PG	Abweichung nmol/mol
SO ₂ 131 nmol/mol	0,37	0,53	≤ 0,50	0,16	193,32	192,89	≤ 0,50	-0,43
H ₂ S 200 nmol/mol	0,57	0,37	≤ 0,50	-0,20	191,73	191,36	≤ 0,50	-0,37
CO ₂ 500 µmol/mol	0,27	0,33	≤ 0,50	0,06	190,13	190,81	≤ 0,50	0,68
m-Xylol 1 µmol/mol	0,63	0,43	≤ 0,50	-0,20	194,61	193,20	- 0,72	-1,41
Toluol 0,5 µmol/mol	0,77	0,63	≤ 0,50	-0,14	193,38	194,00	≤ 0,50	0,62
H ₂ O 19 mmol/mol	0,10	0,33	≤ 0,50	0,23	192,28	196,21	2,04	3,93
NH ₃ 200 nmol/mol	0,60	1,33	≤ 0,50	0,73	192,65	194,12	0,76	1,47
Summe positive Abweichungen				1,18				6,70
Summe negative Abweichungen				-0,54				-2,21

6.5 Bewertung

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. Dies wären bezogen auf den Messbereich 0 – 962 nmol/mol = 28,86 nmol/mol erlaubte Abweichung für die Komponente NO. Für die Komponente NO₂ liegt die erlaubte Abweichung für den Messbereich 0 – 261 nmol/mol bei 7,83 nmol/mol. Diese Werte werden, wie in Tabelle 4 bis Tabelle 7 dargestellt, sicher eingehalten.

Der Einfluss der Querempfindlichkeit erfüllt auch die Anforderung der VDI 4202-1 (2018) für Messprinzipien die von den EN Normen abweichen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der durchgeführten Querempfindlichkeitsuntersuchung sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

Tabelle 8: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 1

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO (Zertifizierungsbereich = 0 - 962 nmol/mol)
Messdatum: 27.06.2018 bis 02.07.2018

Messgerät 1			Sollwert nmol/mol	Nullpunkt			Ø nmol/mol
				1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	
Begleitstoff							
SO ₂	131	nmol/mol	0,43	1,20	1,20	1,00	1,13
H ₂ S	200	nmol/mol	0,83	0,70	0,90	1,40	1,00
CO ₂	500	µmol/mol	-0,27	0,70	0,90	1,40	1,00
m-Xylol	1	µmol/mol	0,47	-0,10	1,00	0,20	0,37
Toluol	0,5	µmol/mol	0,63	0,90	0,10	-0,30	0,23
H ₂ O	19	mmol/mol	-0,47	1,80	1,30	1,10	1,40
NH ₃	200	nmol/mol	0,40	1,80	1,70	1,80	1,77

Messgerät 1			Sollwert nmol/mol	Referenzpunkt			Ø nmol/mol
				1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	
Begleitstoff							
SO ₂	131	nmol/mol	701,49	701,39	701,81	700,70	701,30
H ₂ S	200	nmol/mol	700,37	700,70	700,42	700,84	700,65
CO ₂	500	µmol/mol	697,87	697,36	697,64	698,34	697,78
m-Xylol	1	µmol/mol	700,61	700,98	701,53	700,98	701,16
Toluol	0,5	µmol/mol	702,92	702,51	703,90	703,62	703,34
H ₂ O	19	mmol/mol	701,58	705,98	704,59	703,90	704,82
NH ₃	200	nmol/mol	701,39	703,90	704,73	704,45	704,36

Tabelle 9: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO, Gerät 2

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO (Zertifizierungsbereich = 0 - 962 nmol/mol)
Messdatum: 27.06.2018 bis 02.07.2018

Messgerät 2			Nullpunkt				
			Sollwert nmol/mol	1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	Ø nmol/mol
Begleitstoff							
SO ₂	131 nmol/mol	0,33	0,10	0,10	0,90	0,37	
H ₂ S	200 nmol/mol	0,53	-0,20	0,60	1,80	0,73	
CO ₂	500 µmol/mol	0,27	1,40	1,60	0,90	1,30	
m-Xylol	1 µmol/mol	0,67	0,90	0,50	0,10	0,50	
Toluol	0,5 µmol/mol	0,60	0,40	0,70	0,70	0,60	
H ₂ O	19 mmol/mol	0,63	0,90	0,90	1,10	0,97	
NH ₃	200 nmol/mol	0,17	1,80	2,10	1,60	1,83	

Messgerät 2			Referenzpunkt				
			Sollwert nmol/mol	1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	Ø nmol/mol
Begleitstoff							
SO ₂	131 nmol/mol	703,99	703,62	703,76	704,31	703,90	
H ₂ S	200 nmol/mol	699,40	698,75	699,31	700,00	699,36	
CO ₂	500 µmol/mol	699,96	699,03	699,73	699,73	699,49	
m-Xylol	1 µmol/mol	702,69	703,76	703,62	703,90	703,76	
Toluol	0,5 µmol/mol	701,44	702,23	701,53	702,23	702,00	
H ₂ O	19 mmol/mol	697,87	701,26	702,23	701,81	701,76	
NH ₃	200 nmol/mol	703,94	705,29	705,70	704,87	705,29	

Tabelle 10: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 1

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO₂ (Zertifizierungsbereich = 0 - 261 nmol/mol)
Messdatum: 27.06.2018 bis 02.07.2018

Messgerät 1			Sollwert nmol/mol	Nullpunkt			Ø nmol/mol
				1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	
Begleitstoff							
SO ₂	131	nmol/mol	0,40	0,90	0,00	0,60	0,50
H ₂ S	200	nmol/mol	0,40	0,20	0,60	0,90	0,57
CO ₂	500	µmol/mol	0,47	0,30	0,00	0,90	0,40
m-Xylol	1	µmol/mol	0,23	0,50	0,80	0,40	0,57
Toluol	0,5	µmol/mol	0,57	0,70	0,40	0,50	0,53
H ₂ O	19	mmol/mol	0,37	0,30	0,30	0,70	0,43
NH ₃	200	nmol/mol	0,47	1,40	1,50	1,40	1,43

Messgerät 1			Sollwert nmol/mol	Referenzpunkt			Ø nmol/mol
				1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	
Begleitstoff							
SO ₂	131	nmol/mol	190,87	192,28	191,91	191,54	191,91
H ₂ S	200	nmol/mol	193,75	193,75	193,20	194,30	193,75
CO ₂	500	µmol/mol	191,91	189,89	191,36	191,36	190,87
m-Xylol	1	µmol/mol	192,10	191,91	191,36	191,54	191,61
Toluol	0,5	µmol/mol	191,36	191,54	190,81	192,10	191,48
H ₂ O	19	mmol/mol	193,94	197,06	197,98	197,43	197,49
NH ₃	200	nmol/mol	188,72	189,52	190,07	191,18	190,26

Tabelle 11: Zusätzliche Querempfindlichkeiten für die Komponente NO₂, Gerät 2

Messgerät: Model 405nm
Komponente: NO₂ (Zertifizierungsbereich = 0 - 261 nmol/mol)
Messdatum: 27.06.2018 bis 02.07.2018

Messgerät 2			Nullpunkt				
			Sollwert nmol/mol	1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	Ø nmol/mol
Begleitstoff							
SO ₂	131 nmol/mol	0,37	0,60	0,80	0,20	0,53	
H ₂ S	200 nmol/mol	0,57	0,00	0,80	0,30	0,37	
CO ₂	500 µmol/mol	0,27	0,30	0,30	0,40	0,33	
m-Xylol	1 µmol/mol	0,63	0,20	0,50	0,60	0,43	
Toluol	0,5 µmol/mol	0,77	0,70	0,80	0,40	0,63	
H ₂ O	19 mmol/mol	0,10	0,60	0,10	0,30	0,33	
NH ₃	200 nmol/mol	0,60	1,00	1,60	1,40	1,33	

Messgerät 2			Referenzpunkt				
			Sollwert nmol/mol	1. nmol/mol	2. nmol/mol	3. nmol/mol	Ø nmol/mol
Begleitstoff							
SO ₂	131 nmol/mol	193,32	192,83	192,83	193,02	192,89	
H ₂ S	200 nmol/mol	191,73	191,73	191,36	190,99	191,36	
CO ₂	500 µmol/mol	190,13	190,81	190,62	190,99	190,81	
m-Xylol	1 µmol/mol	194,61	192,83	193,38	193,38	193,20	
Toluol	0,5 µmol/mol	193,38	194,30	193,94	193,75	194,00	
H ₂ O	19 mmol/mol	192,28	196,51	196,14	195,96	196,21	
NH ₃	200 nmol/mol	192,65	194,12	193,57	194,67	194,12	

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

Prüfgase, Mischstation

6.3 Durchführung der Prüfung

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 NO₂ Konzentration c_{t,NO_2} von etwa dem Doppelten des 1-Stunden-Grenzwertes
- eine sprunghafte Änderung der NO-Konzentration zwischen Null und 600 nmol/mol (Konzentration $c_{t,NO}$).

Die Zeitspanne (t_c) der konstanten NO-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne (t_v) der geänderten NO-Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne (t_{NO}) sein. Die NO-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_{NO} - und t_{zero} -Paare (mindestens drei Paare)

Der Wechsel von t_{NO} 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 für NO (X_{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

Abweichend gilt für NO_x Messgeräte

Der Mittelungseinfluss ist für die Messkomponenten NO₂ und NO zu ermitteln. Dabei wird der Mittelungseinfluss für NO nach DIN EN 14211 berechnet. Die Bestimmung des Mittelungseinflusses für NO₂ wird nach folgender Formel berechnet:

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

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

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 sowie VDI 4202-1 durchgeführt. Es wurde eine sprunghafte Änderung der NO-Konzentration zwischen Null und 600 nmol/mol als auch gleichzeitig eine konstante NO₂ Konzentration c_{t,NO_2} von etwa dem Doppelten des 1-Stunden-Grenzwertes mittels einer Massflowcontrollerstation aufgegeben. 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.

6.4 Auswertung

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Tabelle 12: Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelungseinfluss E_{av} [%]	≤ 7%	0,5	✓	3,8	✓

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse für NO:

Gerät 1: 0,5 %

Gerät 2: 3,8 %

Auswertung für die Komponente NO₂ während der Prüfung mit NO wie oben beschrieben.

Tabelle 13: Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelungseinfluss E_{av} [%]	≤ 7%	1,9	✓	2,3	✓

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse für NO₂:

Gerät 1: 1,9 %

Gerät 2: 2,3 %

6.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der VDI 4202-1 sowie der DIN EN 14211 wird in vollem Umfang eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 14 und Tabelle 15 sind die Einzelergebnisse der Untersuchung zum Mittelungseinfluss angegeben.

Tabelle 14: Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO

	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	07:15:00	590,5	588,1
	bis		
	07:34:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	07:35:00	291,2	279,4
	bis		
	07:54:00		

	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	08:05:00	592,2	590,4
	bis		
	08:24:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	08:25:00	302,1	290,1
	bis		
	08:44:00		

	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	08:56:00	594,4	592,7
	bis		
	09:15:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	09:16:00	290,7	282,3
	bis		
	09:35:00		

Tabelle 15: Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO₂

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert	07:15:00	201,2	198,6
Konstanter Wert	bis		
$C_{av,c}$	07:34:00		
Mittelwert	07:35:00	198,6	196,3
Variabler Wert	bis		
$C_{av,v}$	07:54:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert	08:05:00	203,4	200,4
Konstanter Wert	bis		
$C_{av,c}$	08:24:00		
Mittelwert	08:25:00	198,2	195,1
Variabler Wert	bis		
$C_{av,v}$	08:44:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert	08:56:00	201,6	198,7
Konstanter Wert	bis		
$C_{av,c}$	09:15:00		
Mittelwert	09:16:00	197,9	192,4
Variabler Wert	bis		
$C_{av,v}$	09:35:00		

6.1 7.4.13 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung ist nicht mit einem vom Probengas getrennten Prüfgaseingang ausgestattet. Die Prüfgase müssen über den Probengaseingang zugeführt werden.

6.4 Auswertung

Dieser Prüfpunkt ist nicht relevant

6.5 Bewertung

Dieser Prüfpunkt ist nicht relevant. Die Messeinrichtung ist nicht mit einem vom Probengas getrennten Prüfgaseingang ausgestattet. Die Prüfgase müssen über den Probengaseingang zugeführt werden.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

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 Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Konverterwirkungsgrades im Labor ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Konverterwirkungsgrades nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.14 Konverterwirkungsgrad verwiesen.

Die Messeinrichtung Model 405 nm arbeitet nicht nach dem EU Standardreferenzverfahren der Chemilumineszenz. Daher besitzt die Messeinrichtung auch keinen Standard NO-NO₂-Konverter. Die Messeinrichtung Model 405 nm analysiert NO₂ direkt im UV Bereich. NO wird bestimmt indem die Probenluft in wechselnder Taktung mit Ozon aufoxidiert wird. Der Unterschied zwischen beiden Messungen wird als NO-Wert ausgegeben. Auch wenn in der zu prüfenden Messeinrichtung kein Konverter vorhanden ist, wurde die Prüfung wie oben angegeben durchgeführt um zu zeigen das die NO und NO₂ Messungen gleichwertig mit der Standardreferenzmethode sind.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14 Konverterwirkungsgrad.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14 Konverterwirkungsgrad.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.4.15 Verweilzeit im Messgerät

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung des Mittelungseinflusses ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung des Mittelungseinflusses nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14 Verweilzeit im Messgerät.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.4.14.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.5 Anforderungen an Leistungskenngrößen für die Feldprüfung

6.1 7.5.1 Allgemeines

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

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie DIN 14211 (2012) durchgeführt.

6.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

6.5 Bewertung

Die Prüfung wurde anhand der Leistungskriterien und Anforderungen der VDI 4202 Blatt 1 (2018) sowie der DIN 14211 (2012) durchgeführt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.5.2 Standort für die Feldprüfungen

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

6.4 Auswertung

Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurden die Anforderungen der 39. BImSchV berücksichtigt. Die Messstation für die Feldprüfungen befand sich auf einem Parkplatz am Standort des TÜV Rheinland in Köln.

6.5 Bewertung

Bei der Wahl des Standortes für die Messstation zur Durchführung der Feldprüfung wurde 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 Probenahmeeinrichtung ordnungsgemäß in Betrieb zu nehmen.

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

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

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

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

6.4 Auswertung

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

6.5 Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 7.5.4 Langzeitdrift

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

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Langzeitdrift ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Langzeitdrift nach DIN EN 14211 (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 Doppelbe-
stimmungen ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Standardabweichung aus
Doppelbestimmungen nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1

8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für NO₂ unter Feldbedingungen verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für NO₂ unter Feldbedingungen.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für NO₂ 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 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall.

6.5 Bewertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.6 Kontrollintervall.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6.1 7.5.7 Verfügbarkeit

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Durchführung und Auswertung zur Ermittlung der Verfügbarkeit ist identisch mit dem Prüfpunkt zur Ermittlung der Verfügbarkeit nach DIN EN 14211 (2012). Daher wird hier auf das Kapitel 7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes verwiesen.

6.4 Auswertung

Siehe Kapitel 7.1 8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes.

6.5 Bewertung

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

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.



6.1 7.5.8 Konverterwirkungsgrad

Am Ende der Feldprüfung muss der Konverterwirkungsgrad 95 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Prüflinge, Ozongenerator, NO Prüfgas

6.3 Durchführung der Prüfung

Nach VDI 4202-1 (2018) ist der Konverterwirkungsgrad zusätzlich am Ende der Feldprüfungen zu überprüfen. Die Vorgehensweise erfolgte analog zur Prüfung des Konvertwerwirkungsgrades im Labor nach EN 14211 (2012).

Der Konverterwirkungsgrad wird über Messungen mit bekannten NO₂-Konzentrationen bestimmt. Dies kann durch Gasphasentitration von NO zu NO₂ mit Ozon erfolgen.

Die Prüfung ist bei zwei Konzentrationsniveaus durchzuführen: bei 50 % und bei 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO₂.

Das NO_x Messgerät ist über den NO- und NO_x Kanal mit einer NO-Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO zu kalibrieren. Beide Kanäle müssen so eingestellt werden, dass sie den gleichen Wert anzeigen. Die Werte sind zu registrieren.

Eine bekannte NO-Konzentration von etwa 50 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO wird auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten betragen. Vier Einzelmessungen werden am NO- und NO_x Kanal durchgeführt. NO wird dann zur Erzeugung einer NO₂ Konzentration mit O₃ umgesetzt. Dieses Gemisch mit einer konstanten NO_x Konzentration wird auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten des Messgerätes betragen, die NO Konzentration nach der Gasphasentitration muss zwischen 10 % und 20 % der ursprünglichen NO Konzentration betragen. Anschließend werden vier Einzelmessungen am NO und NO_x Kanal durchgeführt. Die O₃ Versorgung wird dann abgeschaltet und nur NO auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten des Messgerätes betragen. Dann wird der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO und NO_x-Kanal geprüft.

Der Konverterwirkungsgrad ist:

$$E_{conv} = \left(1 - \frac{(NO_x)_i - (NO_x)_f}{(NO)_i - (NO)_f} \right) \times 100\%$$

Dabei ist:

E_{conv} der Konverterwirkungsgrad in %

$(NO_x)_i$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO_x-Kanal bei der anfänglichen NO_x-Konzentration

$(NO_x)_f$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO_x Kanal bei der sich einstellenden NO_x-Konzentration nach Zugabe von O₃

$(NO)_i$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO-Kanal bei der anfänglichen NO-Konzentration

$(NO)_f$ Der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO-Kanal bei der sich einstellenden NO-Konzentration nach Zugabe von O₃

Der niedrigere der beiden Werte für den Konverterwirkungsgrad ist anzugeben.

Die Messeinrichtung Model 405 nm arbeitet nicht nach dem EU Standardreferenzverfahren der Chemilumineszenz. Daher besitzt die Messeinrichtung auch keinen Standard NO-NO₂-Konverter. Die Messeinrichtung Model 405 nm analysiert NO₂ direkt im UV Bereich. NO wird bestimmt indem die Probenluft in wechselnder Taktung mit Ozon aufoxidiert wird. Der Unterschied zwischen beiden Messungen wird als NO-Wert ausgegeben. Auch wenn in der zu prüfenden Messeinrichtung kein Konverter vorhanden ist, wurde die Prüfung wie oben angegeben durchgeführt um zu zeigen das die NO und NO₂ Messungen gleichwertig mit der Standardreferenzmethode sind.

Die Prüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 durchgeführt. Bei der Prüfgasaufgabe wurden mittels der Gasphasentitration zwei NO₂ Konzentrationen im Bereich von 50 % und 95 % des Zertifizierungsbereichs von NO₂ eingestellt.

Der Konverterwirkungsgrad wurde am Ende des Feldtests ermittelt.

6.4 Auswertung

Bei der Prüfung wurden folgende Konverterwirkungsgrade für die beiden Messeinrichtungen Model 405 nm ermittelt. Es wurde jeweils der niedrigste Wert beider NO₂ Konzentrationsstufen angegeben:

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Konvertorwirkungsgrad E _c [%]	≥ 98%	99,8	✓	99,7	✓

6.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der VDI 4202-1 (2018) wird in vollem Umfang eingehalten .

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind Tabelle 16 zu entnehmen.

Tabelle 16: Einzelwerte der Überprüfung des Konverterwirkungsgrades

	Uhrzeit	O ₃ [nmol/mol]	NO ₂ [nmol/mol]	Gerät 1		Gerät 2	
				NO [nmol/mol]	NO _x [nmol/mol]	NO [nmol/mol]	NO _x [nmol/mol]
	14:10:00	s t a r t					
O ₃ =0, NO=50%	14:22:00	0,0	0,5	481,2	482,9	482,6	483,6
	14:26:00	0,0	0,6	482,3	482,9	482,9	483,1
	14:30:00	0,0	0,5	482,0	482,4	483,6	483,4
	14:46:00	0,0	0,4	481,6	482,6	482,9	483,2
Mittelwert		0,0	0,5	481,8	482,7	483,0	483,3
NO ₂ = 50% 130,75	15:02:00	131,0	132,5	349,8	483,6	350,0	484,1
	15:06:00	131,0	133,6	350,2	483,4	350,0	484,2
	15:10:00	131,0	133,1	350,6	483,6	350,0	483,7
	15:26:00	131,0	132,4	350,2	483,5	350,0	484,2
Mittelwert		131,0	132,9	350,2	483,5	350,0	484,1
O ₃ =0, NO=50%	16:12:00	0,0	0,5	481,0	481,6	483,6	484,5
	16:16:00	0,0	0,4	482,6	482,9	483,1	484,0
	16:20:00	0,0	0,1	482,1	481,9	483,1	483,9
	16:24:00	0,0	0,2	481,9	482,0	482,4	482,6
Mittelwert		0,0	0,3	481,9	482,1	483,1	483,8
NO ₂ = 95% 248,43	16:40:00	250,0	247,9	234,9	482,8	234,5	483,6
	16:44:00	250,0	247,1	233,1	480,2	235,0	482,1
	16:48:00	250,0	247,6	233,4	481,0	235,6	483,2
	16:52:00	250,0	248,6	233,4	482,0	234,8	483,4
Mittelwert		250,0	247,8	233,7	481,5	235,0	483,1
O ₃ =0, NO=50%	17:08:00	0,0	0,6	482,6	483,1	482,4	484,0

6.1 7.6 Eignungsanerkennung und Berechnung der Messunsicherheit

Die Eignungsanerkennung des Messgerätes setzt Folgendes voraus:

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

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14211 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (2012) angegeben.

6.4 Auswertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14211 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (2012) angegeben.

6.5 Bewertung

Die Unsicherheitsbetrachtung wurde nach DIN EN 14211 (2012) durchgeführt und ist in Kapitel 7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (2012) angegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

6. Prüfergebnisse nach DIN EN 14211 (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 7. 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 7 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.

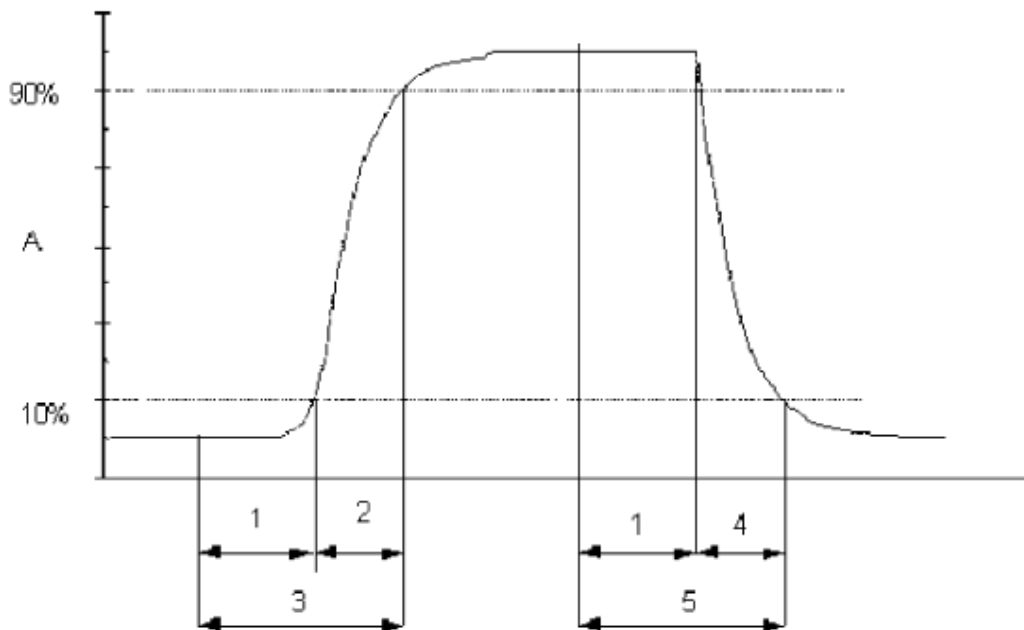
Die Prüfung ist dann für NO₂ zu wiederholen, und zwar mit Konzentrationen kleiner als 20 % und etwa 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereichs von NO₂ und umgekehrt.

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

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

Abbildung 7: Veranschaulichung der Einstellzeit

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt. Die Datenaufzeichnung erfolgte dabei mit einem externen Datenlogger.



7.4 Auswertung

Tabelle 17: Einstellzeiten der beiden Messeinrichtungen Model 405 nm für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Anstieg t_r [s]	≤ 180 s	28	✓	27	✓
Mittelwert Abfall t_f [s]	≤ 180 s	28	✓	28	✓
Differenz t_d [s]	≤ 10 s	0,0	✓	-1,0	✓

Für Gerät 1 ergibt sich für NO ein mittleres t_r von 28 s, ein mittleres t_f von 28 s und ein t_d von 0 s.

Für Gerät 2 ergibt sich für NO ein mittleres t_r von 27 s, ein mittleres t_f von 28 s und ein t_d von -1 s.

Tabelle 18: Einstellzeiten der beiden Messeinrichtungen Model 405 nm für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Anstieg t_r [s]	≤ 180 s	34,5	✓	35,5	✓
Mittelwert Abfall t_f [s]	≤ 180 s	36	✓	37,5	✓
Differenz t_d [s]	≤ 10 s	-1,5	✓	-2,0	✓

Für Gerät 1 ergibt sich für NO₂ ein mittleres t_r von 34,5 s, ein mittleres t_f von 36 s und ein t_d von -1,5 s.

Für Gerät 2 ergibt sich für NO₂ ein mittleres t_r von 35,5 s, ein mittleres t_f von 37,5 s und ein t_d von -2 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 bei NO 28 s und bei NO₂ 36 s, für Gerät 2 bei NO 28 s und bei NO₂ 37,5 s.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 19: Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente NO

80%		Gerät 1					
Messbereich bis	768,00	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 691,20	1,0 768,00	1,0 768,00	0,1 76,80	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	10:30:00	10:30:28	10:31:00	10:37:00	10:37:28	10:38:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	
2. Durchgang	t = 0	10:45:00	10:45:28	10:46:00	10:51:00	10:51:28	10:52:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	
3. Durchgang	t = 0	10:59:00	10:59:28	11:00:00	11:05:00	11:05:28	11:06:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	
4. Durchgang	t = 0	11:13:00	11:13:28	11:14:00	11:19:00	11:19:28	11:20:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	

80%		Gerät 2					
Messbereich bis	768,00	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 691,20	1,0 768,00	1,0 768,00	0,1 76,80	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	10:30:00	10:30:26	10:31:00	10:37:00	10:37:28	10:38:00
	delta t		00:00:26			00:00:28	
	delta t [s]		26			28	
2. Durchgang	t = 0	10:45:00	10:45:28	10:46:00	10:51:00	10:51:28	10:52:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	
3. Durchgang	t = 0	10:59:00	10:59:26	11:00:00	11:05:00	11:05:28	11:06:00
	delta t		00:00:26			00:00:28	
	delta t [s]		26			28	
4. Durchgang	t = 0	11:13:00	11:13:28	11:14:00	11:19:00	11:19:28	11:20:00
	delta t		00:00:28			00:00:28	
	delta t [s]		28			28	



Tabelle 20: Einzelwerte der Einstellzeit für die Komponente NO₂

80%		Gerät 1					
Messbereich bis	209,21	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 188,28	1,0 209,21	1,0 209,21	0,1 20,92	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	10:04:00	10:04:35	10:05:00	10:11:00	10:11:36	10:12:00
	delta t		00:00:35			00:00:36	
	delta t [s]		35			36	
2. Durchgang	t = 0	10:19:00	10:19:34	10:20:00	10:26:00	10:26:36	10:27:00
	delta t		00:00:34			00:00:36	
	delta t [s]		34			36	
3. Durchgang	t = 0	10:33:00	10:33:34	10:34:00	10:40:00	10:40:36	10:41:00
	delta t		00:00:34			00:00:36	
	delta t [s]		34			36	
4. Durchgang	t = 0	10:47:00	10:47:35	10:48:00	10:54:00	10:54:36	10:55:00
	delta t		00:00:35			00:00:36	
	delta t [s]		35			36	

80%		Gerät 2					
Messbereich bis	209,21	Anstieg			Abfall		
		0,0 0,00	0,9 188,28	1,0 209,21	1,0 209,21	0,1 20,92	0,0 0,00
1. Durchgang	t = 0	10:04:00	10:04:36	10:04:00	10:11:00	10:11:38	10:12:00
	delta t		00:00:36			00:00:38	
	delta t [s]		36			38	
2. Durchgang	t = 0	10:19:00	10:19:34	10:20:00	10:26:00	10:26:38	10:27:00
	delta t		00:00:34			00:00:38	
	delta t [s]		34			38	
3. Durchgang	t = 0	10:33:00	10:33:36	10:34:00	10:40:00	10:40:36	10:41:00
	delta t		00:00:36			00:00:36	
	delta t [s]		36			36	
4. Durchgang	t = 0	10:47:00	10:47:36	10:48:00	10:54:00	10:54:38	10:55:00
	delta t		00:00:36			00:00:38	
	delta t [s]		36			38	

7.1 8.4.4 Kurzzeitdrift

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

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

7.2 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 14211 durchgeführt. Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.4 Auswertung

In Tabelle 21 und Tabelle 22 sind die ermittelten Messwerte der Kurzzeitdrift angegeben.

Tabelle 21: Ergebnisse der Kurzzeitdrift Komponente NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Nullpunkt Anfangswerte [nmol/mol]	-	0,87		-0,92	
Mittelwert Nullpunkt Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	0,34		-1,43	
Mittelwert Span Anfangswerte [nmol/mol]	-	719,20		718,20	
Mittelwert Span Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	716,98		717,50	
12-Stunden-Drift Nullniveau $D_{s,z}$ [nmol/mol]	≤ 2,0	-0,53	✓	-0,51	✓
12-Stunden-Drift Spanniveau $D_{s,s}$ [nmol/mol]	≤ 6,0	-1,69	✓	-0,20	✓

Tabelle 22: Ergebnisse der Kurzzeitdrift Komponente NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittelwert Nullpunkt Anfangswerte [nmol/mol]	-	-0,73		-1,09	
Mittelwert Nullpunkt Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	-0,56		-0,44	
Mittelwert Span Anfangswerte [nmol/mol]	-	208,83		202,72	
Mittelwert Span Endwerte (12h) [nmol/mol]	-	206,92		204,35	
12-Stunden-Drift Nullniveau $D_{s,z}$ [nmol/mol]	-	0,17	✓	0,65	✓
12-Stunden-Drift Spanniveau $D_{s,s}$ [nmol/mol]	-	-2,08	✓	0,98	✓

7.5 Bewertung

Für die Komponente NO ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von -0,53 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,51 nmol/mol für Gerät 2.

Für die Komponente NO ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -1,69 nmol/mol für Gerät 1 sowie -0,20 nmol/mol für Gerät 2.

Für die Komponente NO₂ ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Nullpunkt von 0,17 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,65 nmol/mol für Gerät 2.

Für die Komponente NO₂ ergibt sich ein Wert für die Kurzzeitdrift am Referenzpunkt von -2,08 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,98 nmol/mol für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 23 bis Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 23: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe für NO

Anfangswerte			Anfangswerte		
Nullpunkt			Span-Konzentration		
Gerät 1		Gerät 2	Gerät 1		Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
13:29:00	0,9	-1,4	13:54:00	723,3	718,1
13:30:00	0,5	-0,9	13:55:00	722,3	717,8
13:31:00	1,2	-1,4	13:56:00	719,7	717,1
13:32:00	0,6	-0,8	13:57:00	719,3	717,3
13:33:00	0,2	0,0	13:58:00	718,7	717,8
13:34:00	0,5	-0,1	13:59:00	718,4	718,2
13:35:00	-0,2	-0,7	14:00:00	718,5	718,0
13:36:00	-0,6	-1,3	14:01:00	718,3	718,5
13:37:00	-0,3	-1,0	14:02:00	718,3	718,4
13:38:00	0,3	-1,5	14:03:00	717,6	718,5
13:39:00	1,8	-1,4	14:04:00	718,0	717,8
13:40:00	1,0	-0,7	14:05:00	718,0	718,5
13:41:00	1,2	-0,6	14:06:00	718,8	718,1
13:42:00	1,6	-0,7	14:07:00	718,4	719,3
13:43:00	1,4	-1,5	14:08:00	718,9	718,9
13:44:00	1,5	-1,5	14:09:00	718,7	719,5
13:45:00	1,4	-1,6	14:10:00	719,2	718,6
13:46:00	1,3	-1,6	14:11:00	719,9	717,7
13:47:00	1,3	0,0	14:12:00	720,0	718,0
13:48:00	1,7	0,4	14:13:00	719,6	717,9
Mittelwert	0,9	-0,9	Mittelwert	719,2	718,2

Tabelle 24: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe für NO

Nach 12h		
Nullpunkt		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
01:29:00	-0,2	-1,5
01:30:00	-0,8	-1,4
01:31:00	-1,0	-1,8
01:32:00	-0,9	-1,5
01:33:00	-0,5	-1,8
01:34:00	-0,6	-1,4
01:35:00	-0,7	-1,9
01:36:00	-0,7	-1,5
01:37:00	-0,5	-1,4
01:38:00	0,9	-1,8
01:39:00	1,6	-1,9
01:40:00	1,6	-1,4
01:41:00	1,1	-1,1
01:42:00	0,5	-1,7
01:43:00	0,6	-2,0
01:44:00	1,1	-1,6
01:45:00	1,1	-0,5
01:46:00	1,3	-0,7
01:47:00	1,4	-0,6
01:48:00	1,4	-1,0
Mittelwert	0,3	-1,4

Nach 12h		
Span-Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
01:54:00	721,9	716,9
01:55:00	718,5	715,5
01:56:00	717,1	715,1
01:57:00	716,1	714,7
01:58:00	715,5	714,4
01:59:00	715,4	715,0
02:00:00	715,2	715,4
02:01:00	715,1	716,0
02:02:00	715,4	718,8
02:03:00	715,7	718,7
02:04:00	714,9	718,5
02:05:00	716,0	718,4
02:06:00	714,3	718,4
02:07:00	715,2	719,2
02:08:00	716,2	719,2
02:09:00	718,8	719,6
02:10:00	719,3	718,4
02:11:00	719,9	719,8
02:12:00	719,8	718,5
02:13:00	719,2	719,4
Mittelwert	717,0	717,5

Tabelle 25: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 1. Prüfgasaufgabe für NO₂

Anfangswerte		
Nullpunkt		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
13:29:00	-1,3	-1,5
13:30:00	-1,2	-1,5
13:31:00	-0,7	-1,3
13:32:00	-0,4	-1,5
13:33:00	-0,4	-1,5
13:34:00	-0,9	-1,0
13:35:00	-0,4	-1,3
13:36:00	0,0	-1,1
13:37:00	-0,7	-1,1
13:38:00	-0,6	-1,1
13:39:00	-0,9	-0,5
13:40:00	-1,1	-0,6
13:41:00	-1,4	-0,6
13:42:00	-0,7	-1,2
13:43:00	-0,6	-1,3
13:44:00	-0,7	-1,6
13:45:00	-1,0	-1,1
13:46:00	-0,7	-1,0
13:47:00	-0,4	-0,4
13:48:00	-0,4	-0,5
Mittelwert	-0,7	-1,1

Anfangswerte		
Span-Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
13:54:02	204,6	203,6
13:55:02	207,9	200,5
13:56:02	204,7	204,3
13:57:02	208,4	202,5
13:58:02	210,6	202,6
13:59:02	210,9	202,4
14:00:02	210,8	202,0
14:01:02	210,7	202,6
14:02:02	210,2	202,1
14:03:02	210,3	202,0
14:04:02	210,6	202,9
14:05:02	210,5	202,0
14:06:02	210,3	202,7
14:07:02	209,8	204,4
14:08:02	209,4	204,3
14:09:02	208,7	204,0
14:10:02	208,0	203,5
14:11:02	207,3	202,8
14:12:02	206,6	201,6
14:13:02	206,2	201,6
Mittelwert	208,8	202,7

Tabelle 26: Einzelwerte der Prüfung zur Kurzzeitdrift 2. Prüfgasaufgabe für NO₂

Nach 12h		
Nullpunkt		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
01:29:00	0,7	-0,4
01:30:00	0,8	-0,1
01:31:00	0,0	-0,1
01:32:00	-0,3	0,5
01:33:00	-0,9	0,1
01:34:00	-0,9	-0,1
01:35:00	-0,5	-0,2
01:36:00	-0,3	0,4
01:37:00	-0,1	0,1
01:38:00	0,2	0,1
01:39:00	-0,1	-0,2
01:40:00	-0,4	-1,1
01:41:00	-1,5	-0,8
01:42:00	-1,5	-0,6
01:43:00	-1,4	0,5
01:44:00	-1,2	-0,1
01:45:00	-1,1	-1,2
01:46:00	-0,9	-2,0
01:47:00	-0,8	-2,2
01:48:00	-1,0	-1,3
Mittelwert	-0,6	-0,4

Nach 12h		
Span-Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
01:54:00	209,0	201,8
01:55:00	208,5	201,8
01:56:00	205,1	203,9
01:57:00	204,6	204,7
01:58:00	205,3	202,6
01:59:00	204,3	205,1
02:00:00	207,9	204,6
02:01:00	207,5	208,8
02:02:00	207,8	205,8
02:03:00	204,9	203,9
02:04:00	207,5	205,7
02:05:00	208,5	206,1
02:06:00	208,4	206,3
02:07:00	207,5	202,0
02:08:00	207,4	202,5
02:09:00	207,0	202,7
02:10:00	206,7	205,8
02:11:00	206,5	204,5
02:12:00	207,1	203,9
02:13:00	206,8	204,5
Mittelwert	206,9	204,4

7.1 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

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

7.2 Prüfvorschrift

Nach der Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, werden 20 Einzelmessungen bei der Konzentration Null und einer NO-Prüfgaskonzentration (c_t) von (500 ± 50) nmol/mol 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 NO-Prüfgaskonzentration c_t von (500 ± 50) nmol/mol erfüllen.

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

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

Dabei ist

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt. Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von ca. 500 nmol/mol NO durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ am Nullpunkt sowie bei einer Span- Konzentration auf dem Level des 1-h Grenzwerts von NO₂ (104 nmol/mol) durchgeführt.

7.4 Auswertung

In Tabelle 28 und Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung angegeben.

Tabelle 27: Wiederholstandardabweichung für NO am Null- und Referenzpunkt

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ bei Null [nmol/mol]	$\leq 1,0$	0,67	✓	0,50	✓
Wiederholstandardabweichung $s_{r,ct}$ bei c_t [nmol/mol]	$\leq 3,0$	1,07	✓	1,03	✓
Nachweisgrenze [nmol/mol]		2,22		1,65	

Tabelle 28: Wiederholstandardabweichung für NO₂ am Null- und Referenzpunkt

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Wiederholstandardabweichung $s_{r,z}$ bei Null [nmol/mol]	$\leq 1,0$	0,35	✓	0,57	✓
Wiederholstandardabweichung $s_{r,ct}$ bei c_t [nmol/mol]	$\leq 3,0$	0,88	✓	0,78	✓
Nachweisgrenze [nmol/mol]		1,17		1,89	

7.5 Bewertung

Für NO ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,67 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,50 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 1,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 1,03 nmol/mol für Gerät 2.

Für NO₂ ergibt sich ein Wert für die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt von 0,35 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,57 nmol/mol für Gerät 2. Für die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ergibt sich ein Wert von 0,88 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,78 nmol/mol für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 29 und Tabelle 30 sind die Ergebnisse der Einzelmessungen angegeben.

Tabelle 29: Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung für NO

Null Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
12:30:00	-0,2	-1,0
12:31:00	0,2	-0,5
12:32:00	0,2	-0,2
12:33:00	0,4	-1,1
12:34:00	0,2	-1,6
12:35:00	0,3	-1,7
12:36:00	0,3	-0,8
12:37:00	0,1	-0,7
12:38:00	0,3	-0,8
12:39:00	-0,1	-0,8
12:40:00	-0,9	-0,7
12:41:00	-0,9	-0,8
12:42:00	-0,7	-0,8
12:43:00	-1,0	-0,5
12:44:00	-0,5	-0,2
12:45:00	-0,6	-0,5
12:46:00	0,0	-1,3
12:47:00	0,5	-1,8
12:48:00	1,3	-1,8
12:49:00	1,5	-1,3
Mittelwert	0,0	-0,9

C _T -Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
12:55:00	499,1	497,5
12:56:00	498,8	496,5
12:57:00	498,9	497,1
12:58:00	498,9	497,0
12:59:00	499,0	496,4
13:00:00	498,8	495,6
13:01:00	498,4	495,3
13:02:00	497,5	495,4
13:03:00	496,9	495,4
13:04:00	496,6	495,6
13:05:00	496,6	495,7
13:06:00	496,9	495,8
13:07:00	496,7	495,9
13:08:00	497,0	495,2
13:09:00	497,0	494,8
13:10:00	496,9	493,9
13:11:00	496,4	493,9
13:12:00	496,2	493,9
13:13:00	496,3	494,5
13:14:00	496,8	495,9
Mittelwert	497,5	495,6

Tabelle 30: Einzelergebnisse der Untersuchung zur Wiederholstandardabweichung für NO₂

Null Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
12:27:00	0,3	-1,3
12:28:00	0,3	-1,5
12:29:00	0,4	-1,0
12:30:00	0,8	-0,6
12:31:00	1,1	-0,4
12:32:00	1,4	-0,4
12:33:00	1,0	0,0
12:34:00	0,8	0,6
12:35:00	0,5	0,4
12:36:00	0,9	-0,5
12:37:00	1,1	-1,0
12:38:00	1,1	-1,4
12:39:00	1,3	-0,8
12:40:00	1,0	-0,7
12:41:00	1,3	-0,2
12:42:00	1,1	-0,4
12:43:00	1,1	-0,1
12:44:00	1,2	-0,9
12:45:00	1,4	-1,1
12:46:00	1,3	-0,9
Mittelwert	1,0	-0,6

C _t -Konzentration		
	Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
12:52:00	105,3	105,1
12:53:00	105,8	106,8
12:54:00	104,2	106,7
12:55:00	104,0	106,7
12:56:00	106,0	106,9
12:57:00	107,6	106,7
12:58:00	107,3	108,5
12:59:00	106,0	108,9
13:00:00	106,5	107,8
13:01:00	106,5	107,8
13:02:00	106,4	107,0
13:03:00	106,4	107,8
13:04:00	106,6	107,5
13:05:00	106,6	107,5
13:06:00	106,0	107,4
13:07:00	106,5	107,4
13:08:00	106,8	107,2
13:09:00	106,5	107,7
13:10:00	106,5	107,6
13:11:00	106,9	107,2
Mittelwert	106,2	107,3

7.1 8.4.6 Abweichung von der Linearität bei der Kalibrierfunktion

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

7.2 Prüfvorschrift

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

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

Die Berechnung der linearen Regressionsfunktion und der Abweichungen wird nach Anhang A der DIN EN 14211 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 $\left(= \sum (X_i / n) \right)$
- X_i der einzelne X-Wert

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

$$A = a - B \cdot X_z$$

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

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

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

Dabei ist:

$(Y_a)_c$ der mittlere Y-Wert beim Konzentrationsniveau c

$(Y_i)_c$ der einzelne Y-Wert beim Konzentrationsniveau c

M die Anzahl der Wiederholungen beim Konzentrationsniveau c

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

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

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde für die Komponente NO entsprechend den zuvor genannten Prüfverfahren der DIN EN 14211 durchgeführt.

Zusätzlich wurde die Prüfung für die Komponente NO₂ im Zertifizierungsbereich 0 - 261 nmol/mol durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 8 bis Abbildung 11 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für NO und NO₂ graphisch dargestellt.

Tabelle 31: Abweichungen der Analysenfunktion für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Größte relative Abweichung r_{\max} [%]	$\leq 4,0$	0,66	✓	1,15	✓
Abweichung bei Null r_z [nmol/mol]	$\leq 5,0$	-0,06	✓	-0,70	✓

Tabelle 32: Abweichungen der Analysenfunktion für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Größte relative Abweichung r_{\max} [%]	$\leq 4,0$	2,36	✓	3,29	✓
Abweichung bei Null r_z [nmol/mol]	$\leq 5,0$	1,50	✓	-0,24	✓

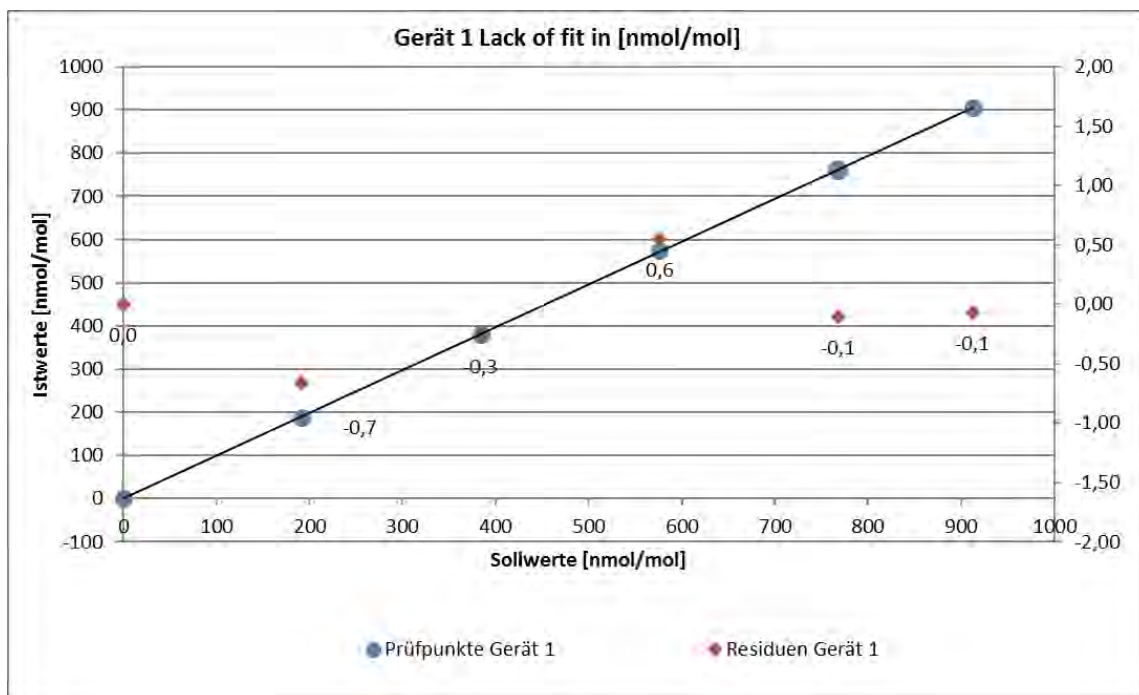


Abbildung 8: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 für NO

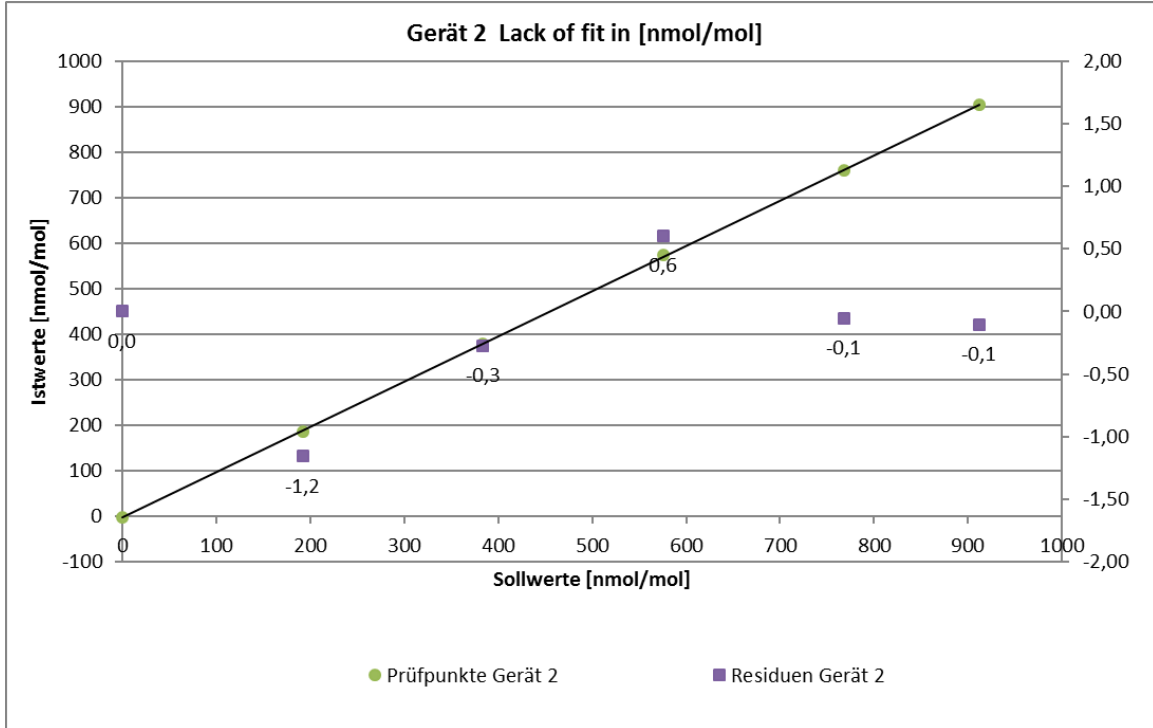


Abbildung 9: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 für NO

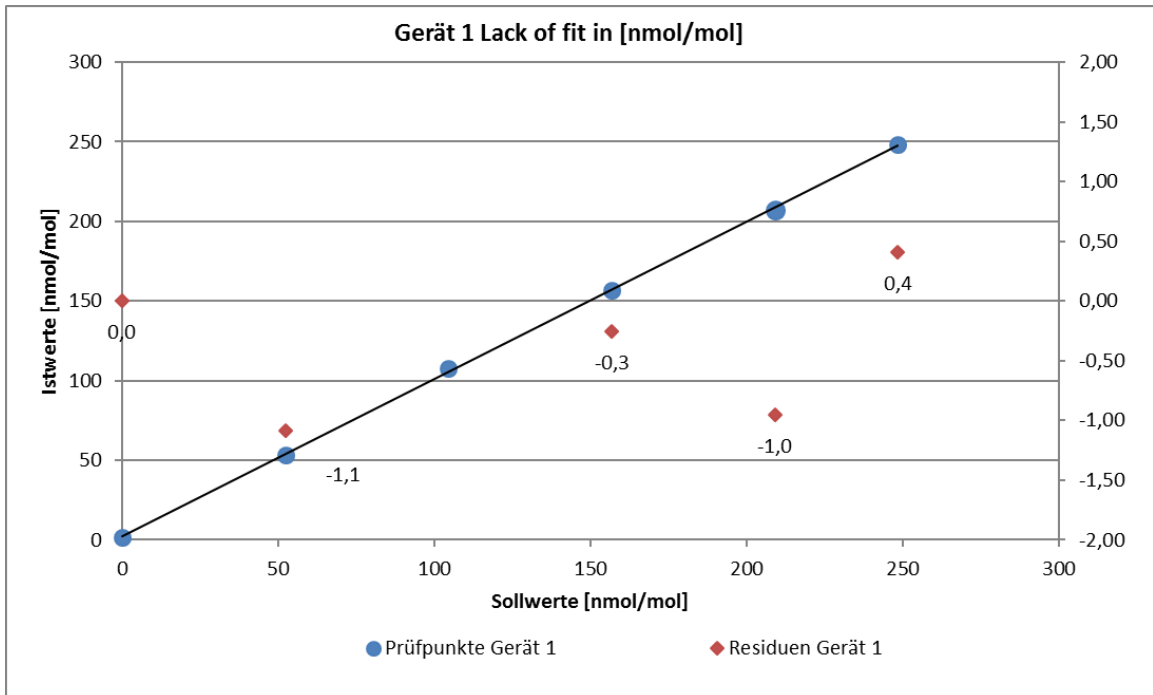


Abbildung 10: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1 für NO₂

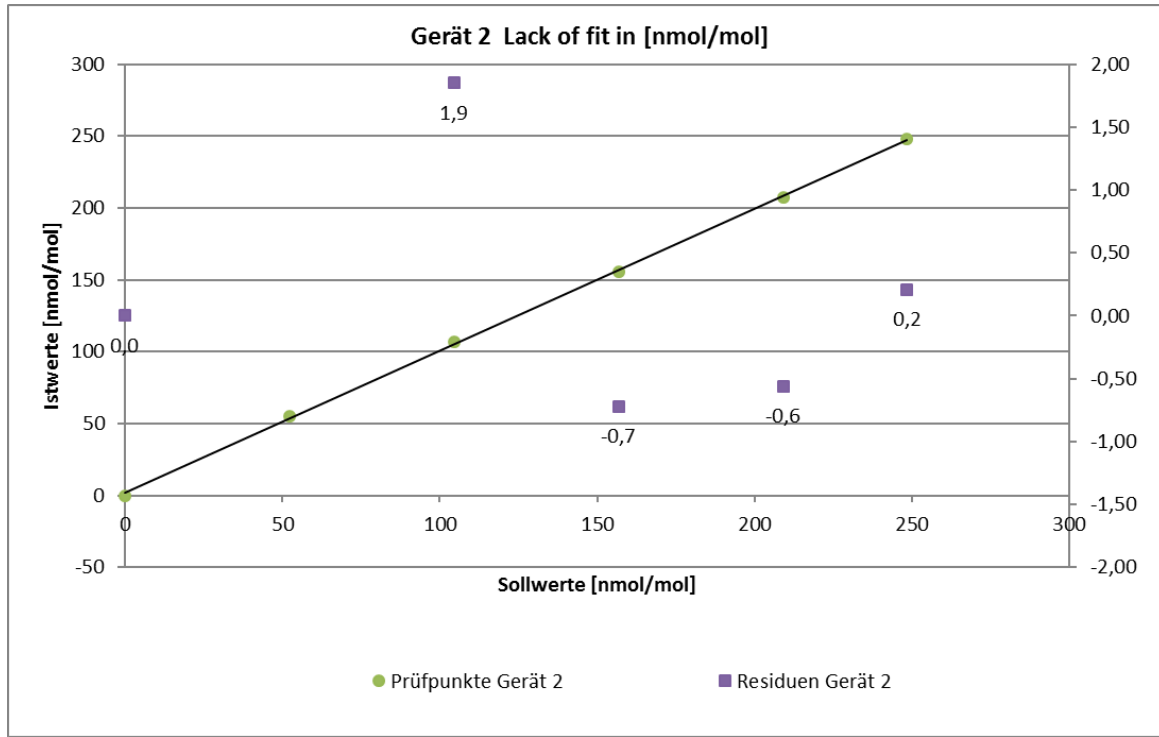


Abbildung 11: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2 für NO₂

7.5 Bewertung

Komponente NO

Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,06 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 0,66 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,70 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 1,15 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Komponente NO₂

Für Gerät 1 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 1,50 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 2,36 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null. Für Gerät 2 ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,24 nmol/mol am Nullpunkt und maximal 3,29 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Die Abweichungen von der idealen Regressionsgeraden überschreiten nicht die in der DIN EN 14211 geforderten Grenzwerte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 33 und Tabelle 34 zu finden.

Tabelle 33: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung für NO

		Gerät 1 [nmol/mol]		Gerät 2 [nmol/mol]	
Zeit	Stufe [%]	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i	Ist Wert y_i	Soll Wert x_i
11:41:00	80	762,10	768,00	761,50	768,00
11:42:00	80	764,10	768,00	763,00	768,00
11:43:00	80	761,20	768,00	760,90	768,00
11:44:00	80	759,80	768,00	759,60	768,00
11:45:00	80	759,30	768,00	758,40	768,00
Mittelwert		761,30		760,68	
$r_{c,rel}$		-0,11		-0,05	
11:49:00	40	380,70	384,00	379,20	384,00
11:50:00	40	380,10	384,00	378,90	384,00
11:51:00	40	380,10	384,00	378,70	384,00
11:52:00	40	379,40	384,00	378,50	384,00
11:53:00	40	378,30	384,00	377,60	384,00
Mittelwert		379,72		378,58	
$r_{c,rel}$		-0,27		-0,27	
11:57:00	0	1,00	0,00	0,10	0,00
11:58:00	0	0,20	0,00	-0,60	0,00
11:59:00	0	0,00	0,00	-0,60	0,00
12:00:00	0	-0,80	0,00	-0,70	0,00
12:01:00	0	-0,70	0,00	-1,70	0,00
Mittelwert		-0,06		-0,70	
r_z		-0,06		-0,70	
12:05:00	60	573,40	576,00	573,00	576,00
12:06:00	60	576,60	576,00	574,90	576,00
12:07:00	60	575,10	576,00	574,50	576,00
12:08:00	60	573,80	576,00	574,10	576,00
12:09:00	60	574,10	576,00	572,70	576,00
Mittelwert		574,60		573,84	
$r_{c,rel}$		0,55		0,60	
12:13:00	20	189,20	192,00	187,50	192,00
12:14:00	20	188,00	192,00	186,00	192,00
12:15:00	20	188,80	192,00	186,80	192,00
12:16:00	20	189,30	192,00	186,50	192,00
12:17:00	20	188,70	192,00	186,60	192,00
Mittelwert		188,80		186,68	
$r_{c,rel}$		-0,66		-1,15	
12:21:00	95	903,10	912,00	902,60	912,00
12:22:00	95	904,60	912,00	903,60	912,00
12:23:00	95	904,60	912,00	903,00	912,00
12:24:00	95	905,20	912,00	903,10	912,00
12:25:00	95	905,00	912,00	903,70	912,00
Mittelwert		904,50		903,20	
$r_{c,rel}$		-0,07		-0,10	

Tabelle 34: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung für NO₂

		Gerät 1 [nmol/mol]		Gerät 2 [nmol/mol]	
Zeit	Stufe [%]	Ist Wert y _i	Soll Wert x _i	Ist Wert y _i	Soll Wert x _i
11:37:00	80	206,20	209,21	207,20	209,21
11:38:00	80	205,90	209,21	206,20	209,21
11:39:00	80	206,00	209,21	206,30	209,21
11:40:00	80	206,80	209,21	207,10	209,21
11:41:00	80	209,00	209,21	208,80	209,21
Mittelwert		206,78		207,12	
r _{c,rel}		-0,95		-0,56	
11:45:00	40	108,90	104,60	107,70	104,60
11:46:00	40	107,70	104,60	106,70	104,60
11:47:00	40	107,90	104,60	106,80	104,60
11:48:00	40	107,50	104,60	106,90	104,60
11:49:00	40	107,30	104,60	106,40	104,60
Mittelwert		107,86		106,90	
r _{c,rel}		2,36		1,85	
11:53:00	0	1,50	0,00	0,10	0,00
11:54:00	0	1,60	0,00	-0,70	0,00
11:55:00	0	1,70	0,00	-0,50	0,00
11:56:00	0	1,50	0,00	-0,30	0,00
11:57:00	0	1,20	0,00	0,20	0,00
Mittelwert		1,50		-0,24	
r _z		1,50		-0,24	
12:01:00	60	154,50	156,90	153,20	156,90
12:02:00	60	156,60	156,90	154,10	156,90
12:03:00	60	155,90	156,90	156,20	156,90
12:04:00	60	158,30	156,90	157,80	156,90
12:05:00	60	158,10	156,90	156,20	156,90
Mittelwert		156,68		155,50	
r _{c,rel}		-0,26		-0,72	
12:09:00	20	53,20	52,30	53,20	52,30
12:10:00	20	53,30	52,30	55,80	52,30
12:11:00	20	53,80	52,30	55,30	52,30
12:12:00	20	53,00	52,30	55,00	52,30
12:13:00	20	52,40	52,30	55,80	52,30
Mittelwert		53,14		55,02	
r _{c,rel}		-1,08		3,29	
12:17:00	95	247,60	248,43	245,10	248,43
12:18:00	95	246,10	248,43	247,60	248,43
12:19:00	95	248,40	248,43	249,70	248,43
12:20:00	95	250,10	248,43	247,80	248,43
12:21:00	95	250,60	248,43	247,60	248,43
Mittelwert		248,56		247,56	
r _{c,rel}		0,41		0,21	



7.1 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss $\leq 8,0$ nmol/mol/kPa betragen.

7.2 Prüfvorschriften

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

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

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probendruckes ergibt sich wie folgt:

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

Dabei ist:

b_{sp} 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_{sp} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 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 35: Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengasdruck b_{gp} [nmol/mol/kPa]	$\leq 8,0$	0,34	✓	0,43	✓

Tabelle 36: Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengasdruck b_{gp} [nmol/mol/kPa]	$\leq 8,0$	0,19	✓	0,17	✓

7.5 Bewertung

Für NO ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,34 nmol/mol/kPa für Gerät 1 sowie 0,43 nmol/mol/kPa für Gerät 2.

Für NO₂ ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks von 0,19 nmol/mol/kPa für Gerät 1 sowie 0,17 nmol/mol/kPa für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 37: Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks für NO

			Gerät 1	Gerät 2
Uhrzeit	Druck [kPa]	Konzentration	[nmol/mol]	[nmol/mol]
10:28:00	80	720,00	715,40	714,40
10:29:00	80	720,00	715,00	714,80
10:30:00	80	720,00	715,80	714,30
Mittelwert C_{P1}			715,40	714,50
10:41:00	110	720,00	725,00	727,50
10:42:00	110	720,00	726,20	727,20
10:43:00	110	720,00	725,90	727,40
Mittelwert C_{P2}			725,70	727,37

Tabelle 38: Einzelwerte der Empfindlichkeit gegen Änderungen des Probengasdrucks für NO₂

Uhrzeit	Druck [kPa]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
10:28:00	80	196,13	192,60	192,20
10:29:00	80	196,13	192,10	192,00
10:30:00	80	196,13	193,00	192,50
Mittelwert C _{P1}			192,57	192,23
10:41:00	110	196,13	198,30	197,30
10:42:00	110	196,13	198,40	197,50
10:43:00	110	196,13	198,50	197,50
Mittelwert C _{P2}			198,40	197,43

7.1 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss $\leq 3,0$ nmol/mol/K betragen.

7.2 Prüfvorschriften

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

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

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur ergibt sich wie folgt:

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

Dabei ist:

b_{gt} der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

$C_{GT,1}$ der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur $T_{G,1}$

$C_{GT,2}$ der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur $T_{G,2}$

$T_{G,1}$ die Probengastemperatur $T_{G,1}$

$T_{G,2}$ die Probengastemperatur $T_{G,2}$

b_{gt} muss das oben genannte Leistungskriterium erfüllen

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt.

Zur Prüfung wurde das Prüfgasgemisch 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 Thermoelements überwacht. Die Klimakammertemperatur wurde eingeregelt, so dass die Gastemperatur unmittelbar vor den Analysatoren 0 °C betrug. Zur Überprüfung der 30°C Gastemperatur wurde das Gas statt durch das Schlauchbündel in der Klimakammer durch eine temperierte Heizleitung geleitet und den Messgeräten zugeführt.

7.4 Auswertung

Tabelle 39: Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengastemp. b_{gt} [nmol/mol/K]	$\leq 3,0$	0,08	✓	0,05	✓

Tabelle 40: Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empfindlichkeitskoeff. Probengastemp. b_{gt} [nmol/mol/K]	$\leq 3,0$	0,10	✓	0,10	✓

7.5 Bewertung

Für Gerät 1 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,08 nmol/mol/K für NO sowie 0,10 nmol/mol/K für NO₂

Für Gerät 2 ergibt sich ein Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur von 0,05 nmol/mol/K für NO sowie 0,10 nmol/mol/K für NO₂.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 41: Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses der Probengastemperatur für NO

Uhrzeit	Temp [°C]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
07:20:00	0	720,00	722,10	722,10
07:21:00	0	720,00	722,00	722,30
07:22:00	0	720,00	722,80	722,60
Mittelwert $C_{GT,1}$			722,30	722,33
09:14:00	30	720,00	724,90	723,90
09:15:00	30	720,00	724,80	723,30
09:16:00	30	720,00	724,80	724,60
Mittelwert $C_{GT,1}$			724,83	723,93

Tabelle 42: Einzelwerte der Bestimmung des Einflusses des Probengastemperatur für NO₂

Uhrzeit	Temp [°C]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
07:33:00	0	200,00	201,10	200,60
07:34:00	0	200,00	201,10	200,00
07:35:00	0	200,00	200,10	200,60
Mittelwert C _{GT,1}			200,77	200,40
09:25:00	30	200,00	203,90	203,30
09:26:00	30	200,00	203,90	203,30
09:27:00	30	200,00	203,70	203,60
Mittelwert C _{GT,1}			203,83	203,40



7.1 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur muss $\leq 3,0$ nmol/mol/K betragen.

7.2 Prüfvorschriften

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

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

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO 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 DIN EN 14211 durchgeführt.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur

Tabelle 43: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur, für NO

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,115	✓	0,127	✓
Empf. Koeffizient bei 30 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,067	✓	0,087	✓
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,249	✓	0,253	✓
Empf. Koeffizient bei 30°C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,250	✓	0,198	✓

Tabelle 44: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur, für NO₂

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,083	✓	0,106	✓
Empf. Koeffizient bei 30 °C für Nullniveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,075	✓	0,060	✓
Empf. Koeffizient bei 0 °C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,197	✓	0,206	✓
Empf. Koeffizient bei 30°C für Span-Niveau [nmol/mol/K]	≤ 3,0	0,168	✓	0,203	✓

Wie in Tabelle 43 und 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 3,0 nmol/mol/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b_{st} gewählt. Für die Komponente NO sind dies für Gerät 1 = 0,250 nmol/mol/K und für Gerät 2 = 0,253 nmol/mol/K.

Für die Komponente NO₂ sind dies für Gerät 1 = 0,197 nmol/mol/K und für Gerät 2 = 0,206 nmol/mol/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 45 und Tabelle 46 aufgeführt.

Tabelle 45: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur für NO

Datum	Nullpunkt				Span-Konzentration			
	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]
19.06.2018	07:31:00	20	-0,2	0,0	07:48:00	20	720,5	720,6
19.06.2018	07:32:00	20	-0,6	0,2	07:49:00	20	720,1	720,8
19.06.2018	07:33:00	20	-0,7	0,3	07:50:00	20	720,1	721,0
Mittelwert ($X_{1(TS1)}$)			-0,5	0,2			720,2	720,8
19.06.2018	14:14:00	0	-2,6	-1,8	14:29:00	0	714,6	716,0
19.06.2018	14:15:00	0	-2,8	-2,5	14:30:00	0	715,8	716,0
19.06.2018	14:16:00	0	-2,2	-2,6	14:31:00	0	715,7	715,8
Mittelwert (X_{TS1})			-2,5	-2,3			715,4	715,9
20.06.2018	14:00:00	20	0,1	0,2	14:15:00	20	720,4	721,0
20.06.2018	14:01:00	20	0,0	0,3	14:16:00	20	720,6	721,2
20.06.2018	14:02:00	20	0,0	0,4	14:17:00	20	720,4	721,4
Mittelwert ($X_{2(TS1)} = X_{1(TS2)}$)			0,0	0,3			720,5	721,2
20.06.2018	07:19:00	30	0,8	1,1	07:34:00	30	723,6	722,7
20.06.2018	07:20:00	30	0,7	1,2	07:35:00	30	723,0	722,5
20.06.2018	07:21:00	30	0,8	1,2	07:36:00	30	722,8	722,7
Mittelwert (X_{TS2})			0,8	1,2			723,1	722,6
21.06.2018	13:49:00	20	0,1	0,3	14:04:00	20	721,0	720,4
21.06.2018	13:50:00	20	0,2	0,3	14:05:00	20	720,8	720,1
21.06.2018	13:51:00	20	0,2	0,3	14:06:00	20	720,6	719,8
Mittelwert ($X_{2(TS2)}$)			0,2	0,3			720,8	720,1

Tabelle 46: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur für NO₂

Datum	Nullpunkt				Span-Konzentration				
	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]	Uhrzeit	Temp [°C]	Gerät 1 [nmol/mol]	Gerät 2 [nmol/mol]	
19.06.2018	07:31:00	20	-0,2	0,2	08:05:00	20	191,1	189,8	
19.06.2018	07:32:00	20	-0,4	0,2	08:06:00	20	190,6	189,4	
19.06.2018	07:33:00	20	-0,6	0,5	08:07:00	20	190,5	190,0	
Mittelwert ($X_{1(TS1)}$)			-0,4	0,3				190,7	189,7
19.06.2018	14:14:00	0	-1,6	-1,6	14:45:00	0	186,6	185,9	
19.06.2018	14:15:00	0	-1,4	-1,8	14:46:00	0	186,4	185,6	
19.06.2018	14:16:00	0	-2,1	-1,9	14:47:00	0	186,4	185,8	
Mittelwert (X_{TS1})			-1,7	-1,8				186,5	185,8
20.06.2018	14:00:00	20	0,2	0,5	14:30:00	20	189,7	190,1	
20.06.2018	14:01:00	20	0,4	0,4	14:31:00	20	190,2	190,0	
20.06.2018	14:02:00	20	0,4	0,3	14:32:00	20	190,3	190,0	
Mittelwert ($X_{2(TS1)} = X_{1(TS2)}$)			0,3	0,4				190,1	190,0
20.06.2018	07:19:00	30	1,1	0,9	07:50:00	30	191,4	191,9	
20.06.2018	07:20:00	30	1,0	1,0	07:51:00	30	191,5	192,0	
20.06.2018	07:21:00	30	1,2	1,1	07:52:00	30	192,6	191,5	
Mittelwert (X_{TS2})			1,1	1,0				191,8	191,8
01.01.2013	13:49:00	20	0,4	0,5	14:20:00	20	190,1	189,4	
01.01.2013	13:50:00	20	0,4	0,6	14:21:00	20	190,4	189,7	
01.01.2013	13:51:00	20	0,3	0,1	14:22:00	20	190,2	189,4	
Mittelwert ($X_{2(TS2)}$)			0,4	0,4				190,2	189,5



7.1 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

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

7.2 Prüfvorschriften

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

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung nach der Richtlinie DIN EN 14211 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.

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.4 Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der elektrischen Spannung:

Tabelle 47: Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung für NO

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

Tabelle 48: Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung für NO₂

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

7.5 Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung b_v überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14211 von maximal 0,3 nmol/mol/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte b_v gewählt. Bei der Komponente NO sind dies für Gerät 1 0,01 nmol/mol/V und für Gerät 2 0,00 nmol/mol/V.

Bei der Komponente NO₂ sind dies für Gerät 1 0,00 nmol/mol/V und für Gerät 2 0,02 nmol/mol/V.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 49: Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung für NO

Uhrzeit	Spannung [V]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
10:54:00	207	0	-0,4	-0,4
10:55:00	207	0	0,3	-0,1
10:56:00	207	0	0,3	-0,1
Mittelwert C _{V1} bei Null			0,07	-0,20
11:04:00	253	0	0,2	0,3
11:05:00	253	0	0,3	-0,2
11:06:00	253	0	1	-0,5
Mittelwert C _{V2} bei Null			0,50	-0,13
11:18:00	207	720,00	723,1	719,1
11:19:00	207	720,00	723,6	719,4
11:20:00	207	720,00	723,3	719,5
Mittelwert C _{V1} bei Span			723,33	719,33
11:28:00	253	720,00	723,6	719,1
11:29:00	253	720,00	723,4	719,6
11:30:00	253	720,00	723,4	719,1
Mittelwert C _{V2} bei Span			723,47	719,27

Tabelle 50: Einzelwerte des Empfindlichkeitskoeffizienten der elektrischen Spannung für NO₂

Uhrzeit	Spannung [V]	Konzentration	Gerät 1	Gerät 2
			[nmol/mol]	[nmol/mol]
10:54:00	207	0	0,9	0,3
10:55:00	207	0	0,4	0,5
10:56:00	207	0	0,2	0,8
Mittelwert C _{V1} bei Null			0,50	0,53
11:04:00	253	0	0,5	0,5
11:05:00	253	0	0,8	0,9
11:06:00	253	0	0,2	1,1
Mittelwert C _{V2} bei Null			0,50	0,83
11:18:00	207	200,00	200,6	200,8
11:19:00	207	200,00	200,2	200,6
11:20:00	207	200,00	200,1	200,6
Mittelwert C _{V1} bei Span			200,30	200,67
11:28:00	253	200,00	200,1	201,8
11:29:00	253	200,00	200,2	201,4
11:30:00	253	200,00	200,7	201,6
Mittelwert C _{V2} bei Span			200,33	201,60



7.1 8.4.11 Störkomponenten

Störkomponenten bei null und bei der NO-Konzentration c_t (500 ± 50 nmol/mol). Die maximal erlaubten Abweichungen für die Störkomponenten H₂O, CO₂ und NH₃, betragen je $\leq 5,0$ nmol/mol.

7.2 Prüfvorschriften

Das Signal des Messgerätes gegenüber verschiedenen in der Luft erwarteten Störkomponenten ist zu prüfen. Diese Störkomponenten können ein positives oder negatives Signal hervorrufen. Die Prüfung wird bei der Konzentration Null und einer NO-Prüfgaskonzentration (c_t) von (500 ± 50) nmol/mol 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 51 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 Spanniveaue wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 51 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 1-Stunden-Grenzwertes

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt. Die Geräte wurden bei null und der Konzentration c_t (500 ppb) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben. Es wurden die in Tabelle 51 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft. Wie in der DIN EN 14211 angegeben wurde bei der Prüfung der Störkomponente NH₃ anstelle der NO-Konzentration die gemessenen NO_x-Konzentration abgelesen.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ am Nullpunkt sowie bei einer Span- Konzentration auf dem Level des 1-h Grenzwerts von NO₂ (104 nmol/mol) durchgeführt.

Da die Messeinrichtung nicht nach dem festgelegten EU Referenzverfahren arbeitet, wurden zusätzlich zu den 3 in der DIN EN 14211 genannten Störkomponenten noch weitere, in der normalen Umgebungsluft mögliche, Störkomponenten auf ihren Einfluss überprüft. Die Ergebnisse der zusätzlichen Untersuchung sind in Kapitel 6.1 7.4.11 Querempfindlichkeit dargestellt.

Tabelle 51: Störkomponenten nach DIN EN 14211

Störkomponente	Wert
H ₂ O	19 mmol/mol
CO ₂	500 µmol/mol
NH ₃	200 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 52: Einfluss der geprüften Störkomponenten für NO (c_t = 500±50 nmol/mol)

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	1,87	✓	0,33	✓
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	2,37	✓	2,80	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	1,27	✓	1,03	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	-0,07	✓	-0,33	✓
Einflussgröße Störkomponente NH ₃ bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	1,37	✓	1,67	✓
Einflussgröße Störkomponente NH ₃ bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	2,13	✓	0,97	✓

Tabelle 53: Einfluss der geprüften Störkomponenten für NO₂ (c_t = ca. 104 nmol/mol)

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	0,07	✓	0,23	✓
Einflussgröße Störkomponente H ₂ O bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	2,27	✓	2,13	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	-0,07	✓	0,07	✓
Einflussgröße Störkomponente CO ₂ bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	-0,57	✓	0,37	✓
Einflussgröße Störkomponente NH ₃ bei Null [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	0,97	✓	0,93	✓
Einflussgröße Störkomponente NH ₃ bei c _t [nmol/mol/V]	≤ 5.0 nmol/mol	0,83	✓	0,80	✓

7.5 Bewertung

Es ergibt sich für NO ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von 1,87 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,33 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, 1,27 nmol/mol für Gerät 1 und 1,03 nmol/mol für Gerät 2 bei CO₂ sowie 1,37 nmol/mol für Gerät 1 und 1,67 nmol/mol für Gerät 2 bei NH₃. Für NO₂ ergibt sich ein Wert für die Querempfindlichkeit am Nullpunkt von 0,07 nmol/mol für Gerät 1 sowie 0,23 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, -0,07 nmol/mol für Gerät 1 und 0,07 nmol/mol für Gerät 2 bei CO₂ sowie 0,97 nmol/mol für Gerät 1 und 0,93 nmol/mol für Gerät 2 bei NH₃.

Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich für NO ein Wert von 2,37 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,80 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, -0,07 nmol/mol für Gerät 1 und -0,33 nmol/mol für Gerät 2 bei CO₂ sowie 2,13 nmol/mol für Gerät 1 und 0,97 nmol/mol bei NH₃. Für die Querempfindlichkeit am Grenzwert c_t ergibt sich für NO₂ ein Wert von 2,27 nmol/mol für Gerät 1 sowie 2,13 nmol/mol für Gerät 2 bei H₂O, -0,57 nmol/mol für Gerät 1 und 0,37 nmol/mol für Gerät 2 bei CO₂ sowie 0,83 nmol/mol für Gerät 1 und 0,80 nmol/mol bei NH₃.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 54 und Tabelle 55 sind die Einzelwerte der Untersuchung angegeben.

Tabelle 54: Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten für NO

	ohne Störkomponente			mit Störkomponente		
	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
Nullgas + H ₂ O (19 mmol/mol)	14:10:00	-0,50	0,90	14:22:00	1,80	0,90
	14:11:00	-0,70	0,90	14:23:00	1,30	0,90
	14:12:00	-0,20	0,10	14:24:00	1,10	1,10
	Mittelwert x_z	-0,47	0,63	Mittelwert x_z	1,40	0,97
Prüfgas c _t + H ₂ O (19 mmol/mol)	14:37:00	504,60	502,10	14:57:00	507,90	504,50
	14:38:00	505,40	501,60	14:58:00	506,90	505,20
	14:39:00	504,10	502,50	14:59:00	506,40	504,90
	Mittelwert x_{ct}	504,70	502,07	Mittelwert x_{ct}	507,07	504,87
Nullgas + CO ₂ (500 µmol/mol)	15:50:00	-0,10	0,20	16:00:00	0,70	1,40
	15:51:00	-0,50	0,10	16:01:00	0,90	1,60
	15:52:00	-0,20	0,50	16:02:00	1,40	0,90
	Mittelwert x_z	-0,27	0,27	Mittelwert x_z	1,00	1,30
Prüfgas c _t + CO ₂ (500 µmol/mol)	16:17:00	502,10	503,70	16:27:00	501,70	502,90
	16:18:00	502,00	503,50	16:28:00	501,90	503,40
	16:19:00	502,10	503,50	16:29:00	502,40	503,40
	Mittelwert x_{ct}	502,07	503,57	Mittelwert x_{ct}	502,00	503,23
Nullgas + NH ₃ (200 nmol/mol)	13:26:00	0,00	0,00	13:36:00	1,80	1,80
	13:27:00	0,70	0,20	13:37:00	1,70	2,10
	13:28:00	0,50	0,30	13:38:00	1,80	1,60
	Mittelwert x_z	0,40	0,17	Mittelwert x_z	1,77	1,83
Prüfgas c _t + NH ₃ (200 nmol/mol)	13:51:00	503,80	506,30	14:01:00	506,40	507,40
	13:52:00	504,30	505,50	14:02:00	507,00	507,70
	13:53:00	505,70	507,50	14:03:00	506,80	507,10
	Mittelwert x_{ct}	506,73	506,43	Mittelwert x_{ct}	506,73	507,40

NO_x - Ablesung bei Störeinfluss gegenüber NH₃



Tabelle 55: Einzelwerte der Untersuchung gegenüber Störkomponenten für NO₂

	ohne Störkomponente			mit Störkomponente		
	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
Nullgas + H ₂ O (19 mmol/mol)	14:10:00	0,20	0,00	14:22:00	0,30	0,60
	14:11:00	0,40	0,30	14:23:00	0,30	0,10
	14:12:00	0,50	0,00	14:24:00	0,70	0,30
	Mittelwert x_z	0,37	0,10	Mittelwert x_z	0,43	0,33
Prüfgas c _t + H ₂ O (19 mmol/mol)	15:15:00	105,30	103,90	15:35:00	107,10	106,80
	15:16:00	105,50	105,10	15:36:00	107,60	106,60
	15:17:00	104,40	104,50	15:37:00	107,30	106,50
	Mittelwert x_{ct}	105,07	104,50	Mittelwert x_{ct}	107,33	106,63
Nullgas + CO ₂ (500 µmol/mol)	15:50:00	0,40	0,00	16:00:00	0,30	0,30
	15:51:00	0,70	0,00	16:01:00	0,00	0,30
	15:52:00	0,30	0,80	16:02:00	0,90	0,40
	Mittelwert x_z	0,47	0,27	Mittelwert x_z	0,40	0,33
Prüfgas c _t + CO ₂ (500 µmol/mol)	16:39:00	103,70	103,60	19:49:00	103,20	103,70
	16:40:00	104,60	103,10	16:50:00	104,00	103,60
	16:41:00	104,60	103,30	16:51:00	104,00	103,80
	Mittelwert x_{ct}	104,30	103,33	Mittelwert x_{ct}	103,73	103,70
Nullgas + NH ₃ (200 nmol/mol)	13:26:00	0,20	0,70	13:36:00	1,40	1,60
	13:27:00	0,30	0,20	13:37:00	1,50	1,60
	13:28:00	0,90	0,90	13:38:00	1,40	1,40
	Mittelwert x_z	0,47	0,60	Mittelwert x_z	1,43	1,53
Prüfgas c _t + NH ₃ (200 nmol/mol)	14:22:00	102,80	104,80	14:32:00	103,00	105,50
	14:23:00	102,10	104,50	14:33:00	103,30	105,20
	14:24:00	102,80	104,80	14:34:00	103,90	105,80
	Mittelwert x_{ct}	103,40	104,70	Mittelwert x_{ct}	103,40	105,50

NO_x - Ablesung bei Störeinfluss gegenüber NH₃

7.1 8.4.12 Mittelungsprüfung

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

7.2 Prüfbedingungen

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

Zur Bestimmung der auf die Mittelung zurückgehenden Unsicherheit werden die folgenden Konzentrationen auf das Messgerät aufgegeben und die entsprechenden Messwerte registriert:

- eine konstante NO₂ Konzentration c_{t,NO_2} von etwa dem Doppelten des 1-Stunden-Grenzwertes
- eine sprunghafte Änderung der NO-Konzentration zwischen Null und 600 nmol/mol (Konzentration $c_{t,NO}$).

Die Zeitspanne (t_c) der konstanten NO-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten. Notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne (t_v) der geänderten NO -Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne (t_{NO}) für die NO-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_{NO} - und t_{zero} -Paare (mindestens drei Paare)

Der Wechsel von t_{NO} 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 (X_{av}) ist:

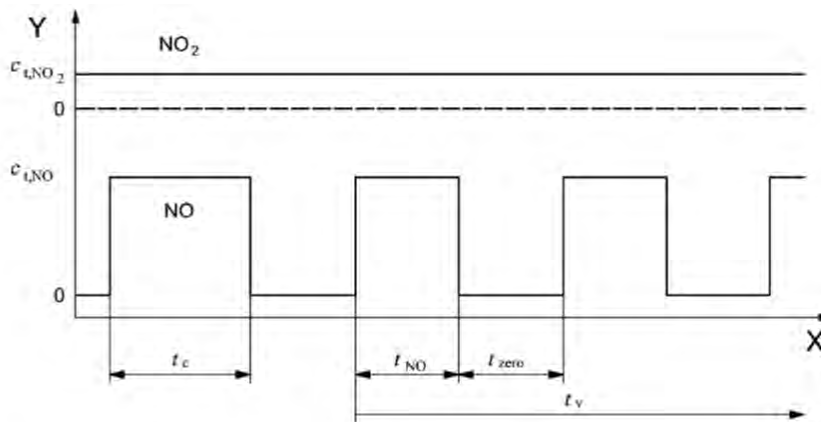
$$E_{av} = \frac{C_{const}^{av} - 2C_{var}^{av}}{C_{const}^{av}} * 100$$

Dabei ist:

E_{av} der Mittelungseinfluss (%)

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

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



Legende
Y Konzentration (nmol/mol)
X Zeit

Abbildung 12: Prüfung des Mittelungseinflusses ($t_{NO} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$)

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 durchgeführt. Es wurde eine sprunghafte Änderung der NO-Konzentration zwischen Null und 600 nmol/mol als auch gleichzeitig eine konstante NO₂ Konzentration c_{t,NO_2} von etwa dem Doppelten des 1-Stunden-Grenzwertes mittels einer Massflowcontrollerstation aufgegeben. 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.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ zwischen null sowie einer Spankonzentration auf dem Level des 1-h Grenzwerts von NO₂ (104 nmol/mol) durchgeführt.

7.4 Auswertung

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Tabelle 56: Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO

	Anforderung	Gerät 1	Gerät 2
Mittelungseinfluss E_{av} [%]	$\leq 7\%$	0,5 ✓	3,8 ✓

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1: 0,5 %

Gerät 2: 3,8 %

Tabelle 57: Ergebnisse der Mittelungsprüfung für NO₂

	requirement	device 1	device 2
averaging effect E_{av} [%]	$\leq 7\%$	3,4 ✓	1,6 ✓

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1: 3,4 %

Gerät 2: 1,6 %

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14211 wird in vollem Umfang eingehalten.
Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 58 und Tabelle 59 sind die Einzelergebnisse der Untersuchung zum Mittelungseinfluss angegeben.

Tabelle 58: Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	07:15:00	590,5	588,1
	bis		
	07:34:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	07:35:00	291,2	279,4
	bis		
	07:54:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	08:05:00	592,2	590,4
	bis		
	08:24:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	08:25:00	302,1	290,1
	bis		
	08:44:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	08:56:00	594,4	592,7
	bis		
	09:15:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	09:16:00	290,7	282,3
	bis		
	09:35:00		

Tabelle 59: Einzelwerte der Untersuchung zum Mittelungseinfluss für NO₂

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	10:37:00	105,9	108,0
	bis		
	10:56:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	10:57:00	50,6	52,8
	bis		
	11:16:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	11:27:00	109,6	111,8
	bis		
	11:46:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	11:47:00	53,9	55,8
	bis		
	12:06:00		

		Gerät 1	Gerät 2
	Uhrzeit	[nmol/mol]	[nmol/mol]
Mittelwert Konstanter Wert $C_{av,c}$	12:18:00	110,3	112,6
	bis		
	12:37:00		
Mittelwert Variabler Wert $C_{av,v}$	12:38:00	52,9	54,9
	bis		
	12:57:00		

7.1 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang

Die Differenz zwischen dem Proben- und Kalibrieringang 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 Kalibrieringang 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 Kalibrieringangs 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-/Kalibrieringang

x_{sam} der Mittelwert der Messungen über den Probeneingang

x_{cal} der Mittelwert der Messungen über den Kalibrieringang

c_t die Konzentration des Prüfgases

Δ_{SC} muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung ist nicht mit einem vom Probengas getrennten Prüfgaseingang ausgestattet. Die Prüfgase müssen über den Probengaseingang zugeführt werden

7.4 Auswertung

Hier nicht zutreffend

7.5 Bewertung

Dieser Prüfpunkt ist nicht relevant. Die Messeinrichtung ist nicht mit einem vom Probengas getrennten Prüfgaseingang ausgestattet. Die Prüfgase müssen über den Probengaseingang zugeführt werden.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht zutreffend.

7.1 8.4.14 Konverterwirkungsgrad

Der Konverterwirkungsgrad muss mindestens ≥ 98 % betragen.

7.2 Prüfvorschriften

Der Konverterwirkungsgrad wird über Messungen mit bekannten NO₂-Konzentrationen bestimmt. Dies kann durch Gasphasentitration von NO zu NO₂ mit Ozon erfolgen.

Die Prüfung ist bei zwei Konzentrationsniveaus durchzuführen: bei 50 % und bei 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO₂.

Das NO_x Messgerät ist über den NO- und NO_x Kanal mit einer NO-Konzentration von etwa 70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO zu kalibrieren. Beide Kanäle müssen so eingestellt werden, dass sie den gleichen Wert anzeigen. Die Werte sind zu registrieren.

Eine bekannte NO-Konzentration von etwa 50 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO wird auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten betragen. Vier Einzelmessungen werden am NO- und NO_x Kanal durchgeführt. NO wird dann zur Erzeugung einer NO₂ Konzentration mit O₃ umgesetzt. Dieses Gemisch mit einer konstanten NO_x Konzentration wird auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten des Messgerätes betragen, die NO Konzentration nach der Gasphasentitration muss zwischen 10 % und 20 % der ursprünglichen NO Konzentration betragen. Anschließend werden vier Einzelmessungen am NO und NO_x Kanal durchgeführt. Die O₃ Versorgung wird dann abgeschaltet und nur NO auf das Messgerät aufgegeben, bis das Ausgabesignal stabil ist. Diese stabile Zeitspanne muss mindestens vier Einstellzeiten des Messgerätes betragen. Dann wird der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO und NO_x-Kanal geprüft.

Der Konverterwirkungsgrad ist:

$$E_{conv} = \left(1 - \frac{(NO_x)_i - (NO_x)_f}{(NO)_i - (NO)_f} \right) \times 100\%$$

Dabei ist:

E_{conv} der Konverterwirkungsgrad in %

$(NO_x)_i$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO_x-Kanal bei der anfänglichen NO_x-Konzentration

$(NO_x)_f$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO_x Kanal bei der sich einstellenden NO_x-Konzentration nach Zugabe von O₃

$(NO)_i$ der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO-Kanal bei der anfänglichen NO-Konzentration

$(NO)_f$ Der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO-Kanal bei der sich einstellenden NO-Konzentration nach Zugabe von O₃

Der niedrigere der beiden Werte für den Konverterwirkungsgrad ist anzugeben.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung Model 405 nm arbeitet nicht nach dem EU Standardreferenzverfahren der Chemilumineszenz. Daher besitzt die Messeinrichtung auch keinen Standard NO-NO₂-Konverter. Die Messeinrichtung Model 405 nm analysiert NO₂ direkt im UV Bereich. NO wird bestimmt indem die Probenluft in wechselnder Taktung mit Ozon aufoxidiert wird. Der Unterschied zwischen beiden Messungen wird als NO Wert ausgegeben. Auch wenn in der zu Prüfenden Messeinrichtung kein Konverter vorhanden ist wurde die Prüfung wie oben angegeben durchgeführt um zu zeigen das die NO und NO₂ Messungen gleichwertig mit der Standardreferenzmethode sind.

Die Prüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 durchgeführt. Bei der Prüfgasaufgabe wurden mittels der Gasphasentitration zwei NO₂ Konzentrationen im Bereich von 50 % und 95 % des Zertifizierungsbereichs von NO₂ eingestellt.

Der Konverterwirkungsgrad wurde im Labor ermittelt.

7.4 Auswertung

Bei der Prüfung wurden folgende Konverterwirkungsgrade für die beiden Messeinrichtungen Model 405 nm ermittelt. Es wurde jeweils der niedrigste Wert beider NO₂ Konzentrationsstufen angegeben:

	Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Konvertorwirkungsgrad E _c [%]	≥ 98%	99,8	✓	99,6	✓

7.5 Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14211 wird mit einem Konverterwirkungsgrad von mindestens 98,5 % in vollem Umfang eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? Ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind Tabelle 60 zu entnehmen.

Tabelle 60: Einzelwerte der Überprüfung des Konverterwirkungsgrades

	Uhrzeit	O ₃ [nmol/mol]	NO ₂ [nmol/mol]	Gerät 1		Gerät 2	
				NO [nmol/mol]	NO _x [nmol/mol]	NO [nmol/mol]	NO _x [nmol/mol]
	08:45:00	s t a r t					
O ₃ =0, NO=50%	08:57:00	0,0	0,3	482,2	482,5	481,6	482,2
	09:01:00	0,0	0,4	482,4	482,8	481,9	482,1
	09:05:00	0,0	0,4	482,6	483,0	482,1	482,4
	09:21:00	0,0	0,2	482,2	482,4	482,3	482,4
Mittelwert		0,0	0,3	482,4	482,7	482,0	482,3
NO ₂ = 50% 130,75	09:37:00	131,0	128,9	353,7	482,5	353,9	481,6
	09:41:00	131,0	129,1	352,8	482,1	353,1	481,5
	09:45:00	131,0	129,0	353,9	482,6	352,8	481,9
	10:01:00	131,0	129,4	353,2	482,4	353,4	482,1
Mittelwert		131,0	129,1	353,4	482,4	353,3	481,8
O ₃ =0, NO=50%	10:47:00	0,0	0,1	479,5	479,6	480,5	480,2
	10:51:00	0,0	0,2	479,6	479,8	480,2	480,4
	10:55:00	0,0	0,2	479,6	479,8	480,3	480,4
	10:59:00	0,0	0,3	479,9	480,2	480,4	480,2
Mittelwert		0,0	0,2	479,7	479,9	480,4	480,3
NO ₂ = 95% 248,43	11:15:00	248,0	245,0	234,8	480,6	235,6	481,2
	11:19:00	248,0	244,8	234,1	480,6	235,2	481,0
	11:23:00	248,0	244,1	234,8	480,4	235,2	481,0
	11:27:00	248,0	244,6	234,6	480,6	235,1	480,7
Mittelwert		248,0	244,6	234,6	480,6	235,3	481,0
O ₃ =0, NO=50%	11:43:00	0,0	0,3	481,2	481,6	480,4	481,0

7.1 8.4.15 Verweilzeit im Messgerät

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

7.2 Prüfvorschriften

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Das Gasvolumen des Model 405 nm Analysators beträgt vom Probengaseingang bis zur Messzelle ungefähr 30,0 ml. Der gemessene Probengasvolumenstrom beträgt 1,5 l/min. Daraus ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von 1,2 Sekunden.

7.4 Auswertung

Hier nicht erforderlich.

7.5 Bewertung

Es ergibt sich eine Verweilzeit im Messgerät von ca. 1,2 s.
Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



7.1 8.5.4 Langzeitdrift

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

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

7.2 Prüfvorschriften

Nach jeder zweiwöchigen Kalibrierung 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 61 und Tabelle 62 sind die gefundenen Messwerte der zweiwöchentlichen Prüfgasaufgaben angegeben. Die Prüfung muss nach Vorschrift mit der Komponente NO durchgeführt werden. Die Prüfung soll dabei gemäß DIN EN 14211 bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde die Prüfung auch für die Komponente NO₂ bei einem Konzentrationslevel von 70 % bis 80 % des Zertifizierungsbereiches für NO₂ durchgeführt.

7.4 Auswertung

Tabelle 61: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt für NO

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn $C_{z,1}$ bei Null [nmol/mol]	23.07.2018	$\leq 5,0$	--	✓	--	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	06.08.2018	$\leq 5,0$	0,23	✓	0,94	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	20.08.2018	$\leq 5,0$	0,13	✓	0,38	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	03.09.2018	$\leq 5,0$	-0,37	✓	0,18	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	17.09.2018	$\leq 5,0$	0,27	✓	0,54	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	01.10.2018	$\leq 5,0$	-0,03	✓	0,66	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	15.10.2018	$\leq 5,0$	0,39	✓	0,08	✓
Langzeitdrift $D_{L,z}$ bei Null [nmol/mol]	29.10.2018	$\leq 5,0$	-0,01	✓	-0,46	✓

Tabelle 62: Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt für NO

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn $C_{s,1}$ bei Span [nmol/mol]	23.07.2018	$\leq 5 \%$	--	✓	--	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	06.08.2018	$\leq 5 \%$	0,33	✓	-0,17	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	20.08.2018	$\leq 5 \%$	0,24	✓	0,01	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	03.09.2018	$\leq 5 \%$	0,49	✓	0,61	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	17.09.2018	$\leq 5 \%$	1,02	✓	0,12	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	01.10.2018	$\leq 5 \%$	0,97	✓	0,68	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	15.10.2018	$\leq 5 \%$	1,00	✓	0,62	✓
Langzeitdrift $D_{L,s}$ bei Span [nmol/mol]	29.10.2018	$\leq 5 \%$	1,29	✓	0,89	✓

Tabelle 63: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt für NO₂

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn Cz ₁ bei Null [nmol/mol]	23.07.2018	≤ 5,0	--	✓	--	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	06.08.2018	≤ 5,0	-0,61	✓	-0,09	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	20.08.2018	≤ 5,0	0,17	✓	0,53	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	03.09.2018	≤ 5,0	0,27	✓	-0,05	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	17.09.2018	≤ 5,0	0,03	✓	0,29	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	01.10.2018	≤ 5,0	0,21	✓	0,47	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	15.10.2018	≤ 5,0	0,09	✓	0,01	✓
Langzeitdrift D _{L,z} bei Null [nmol/mol]	29.10.2018	≤ 5,0	0,09	✓	0,11	✓

 Tabelle 64: Ergebnisse der Langzeitdrift am Referenzpunkt für NO₂

		Anforderung	Gerät 1		Gerät 2	
Mittel zu Beginn Cs ₁ bei Span [nmol/mol]	23.07.2018	≤ 5 %	--	✓	--	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	06.08.2018	≤ 5 %	0,06	✓	0,00	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	20.08.2018	≤ 5 %	-0,48	✓	-0,04	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	03.09.2018	≤ 5 %	-0,61	✓	1,29	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	17.09.2018	≤ 5 %	-0,12	✓	1,33	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	01.10.2018	≤ 5 %	-0,01	✓	0,69	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	15.10.2018	≤ 5 %	-0,26	✓	1,23	✓
Langzeitdrift D _{L,s} bei Span [nmol/mol]	29.10.2018	≤ 5 %	0,61	✓	0,98	✓

7.5 Bewertung

Für NO liegt die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt D_{L,z} bei 0,39 nmol/mol für Gerät 1 und 0,94 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift für NO am Referenzpunkt D_{L,s} liegt bei 1,29 % für Gerät 1 und 0,89 % für Gerät 2.

Für NO₂ liegt die maximale Langzeitdrift am Nullpunkt D_{L,z} bei -0,61 nmol/mol für Gerät 1 und 0,53 nmol/mol für Gerät 2. Die maximale Langzeitdrift für NO₂ am Referenzpunkt D_{L,s} liegt bei 0,61 % für Gerät 1 und 1,33 % für Gerät 2.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Ermittlung der Langzeitdrift sind in Tabelle 65 und Tabelle 66 dargestellt.

Tabelle 65: Einzelwerte der Driftuntersuchungen für NO

Null Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]
23.07.2018	10:22:00	1,00	0,20
	10:23:00	1,00	-0,20
	10:24:00	0,20	0,10
	Mittel	0,73	0,03
	10:26:00	0,20	-0,50
	10:27:00	0,30	0,30
	10:28:00	0,40	-0,30
	Mittel	0,30	-0,17
	10:30:00	-0,20	1,00
	10:31:00	0,30	-0,20
	10:32:00	0,20	0,50
	Mittel	0,10	0,43
	10:34:00	0,20	0,40
	10:35:00	-0,10	0,10
	10:36:00	0,20	0,20
	Mittel	0,10	0,23
	10:38:00	0,30	0,50
10:39:00	0,10	0,20	
10:40:00	0,20	0,40	
		0,20	0,37
Mittelwert Feldstart Cz,0		0,29	0,18
06.08.2018	10:28:00	0,40	2,90
	10:29:00	1,20	0,60
	10:30:00	-0,50	0,60
	10:31:00	0,40	0,80
	10:32:00	1,10	0,70
	Mittel Cz,1	0,52	1,12
20.08.2018	14:24:00	0,60	0,20
	14:25:00	0,30	0,50
	14:26:00	0,40	0,70
	14:27:00	0,10	0,60
	14:28:00	0,70	0,80
	Mittel	0,42	0,56
03.09.2018	12:10:00	0,10	0,40
	12:11:00	1,30	0,30
	12:12:00	-1,90	0,60
	12:13:00	0,10	0,30
	12:14:00	0,00	0,20
	Mittel	-0,08	0,36
17.09.2018	10:38:00	0,50	0,80
	10:39:00	0,40	0,70
	10:40:00	1,20	0,70
	10:41:00	0,40	0,60
	10:42:00	0,30	0,80
	Mittel	0,56	0,72
01.10.2018	15:51:00	0,30	0,90
	15:52:00	0,30	1,20
	15:53:00	0,10	0,50
	15:54:00	0,20	0,70
	15:55:00	0,40	0,90
	Mittel Cz,1	0,26	0,84
15.10.2018	10:12:00	0,80	0,00
	10:13:00	0,90	0,00
	10:14:00	0,30	0,70
	10:15:00	0,50	0,20
	10:16:00	0,90	0,40
	Mittel Cz,1	0,68	0,26
29.10.2018	13:25:00	0,60	-1,00
	13:26:00	0,10	0,20
	13:27:00	0,00	1,10
	13:28:00	0,10	-0,70
	13:29:00	0,60	-1,00
	Mittel Cz,1	0,28	-0,28

C _s -Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]
23.07.2018	10:50:00	718,90	722,60
	10:51:00	719,00	722,90
	10:52:00	718,80	722,50
	Mittel	718,90	722,67
	10:54:00	718,60	722,20
	10:55:00	719,10	722,70
	10:56:00	718,80	722,90
	Mittel	718,83	722,60
	10:58:00	719,10	722,90
	10:59:00	719,10	722,90
	11:00:00	720,00	722,20
	Mittel	719,40	722,67
	11:02:00	718,70	722,30
	11:03:00	719,60	722,20
	11:04:00	719,00	721,90
	Mittel	719,10	722,13
	11:06:00	719,70	722,30
11:07:00	719,10	722,50	
11:08:00	719,30	722,50	
		719,37	722,43
Mittelwert Feldstart Cs,0		719,12	722,50
06.08.2018	10:43:00	722,80	722,90
	10:44:00	721,60	722,10
	10:45:00	721,70	722,60
	10:46:00	721,10	722,20
	10:47:00	721,40	721,30
	Mittel Cs,1	721,72	722,22
20.08.2018	14:39:00	720,90	723,90
	14:40:00	720,00	722,20
	14:41:00	721,80	723,50
	14:42:00	720,00	722,70
	14:43:00	722,20	722,50
	Mittel Cs,1	720,98	722,96
03.09.2018	12:25:00	722,30	727,10
	12:26:00	723,70	727,30
	12:27:00	721,80	727,10
	12:28:00	721,40	727,10
	12:29:00	722,40	727,10
	Mittel Cs,1	722,32	727,14
17.09.2018	10:53:00	726,30	725,70
	10:54:00	725,00	724,30
	10:55:00	727,70	724,80
	10:56:00	727,70	721,30
	10:57:00	727,50	723,40
	Mittel Cs,1	726,84	723,90
01.10.2018	16:06:00	724,40	728,30
	16:07:00	725,30	727,20
	16:08:00	727,80	727,60
	16:09:00	727,10	729,20
	16:10:00	726,20	728,20
	Mittel Cs,1	726,16	728,10
15.10.2018	10:27:00	726,40	725,20
	10:28:00	727,50	726,90
	10:29:00	727,20	728,60
	10:30:00	726,70	728,00
	10:31:00	726,20	726,70
	Mittel Cs,1	726,80	727,08
29.10.2018	13:40:00	727,20	727,70
	13:41:00	727,00	727,80
	13:42:00	728,80	728,80
	13:43:00	729,00	730,20
	13:44:00	730,40	728,00
	Mittel Cs,1	728,48	728,50

Tabelle 66: Einzelwerte der Driftuntersuchungen für NO₂

Null Konzentration				C _t -Konzentration			
Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2	Datum	Uhrzeit	Gerät 1	Gerät 2
		[nmol/mol]	[nmol/mol]			[nmol/mol]	[nmol/mol]
23.07.2018	10:22:00	0,10	0,20	23.07.2018	11:20:00	207,50	203,90
	10:23:00	0,20	-0,10		11:21:00	206,30	205,70
	10:24:00	0,30	-0,20		11:22:00	207,90	203,80
	Mittel	0,20	-0,03		Mittel	207,23	204,47
	10:26:00	0,90	-0,10		11:24:00	205,40	202,40
	10:27:00	0,20	0,40		11:25:00	203,40	205,40
	10:28:00	0,40	-0,30		11:26:00	207,20	204,90
	Mittel	0,50	0,00		Mittel	205,33	204,23
	10:30:00	0,10	-1,00		11:28:00	207,20	204,80
	10:31:00	0,10	1,00		11:29:00	207,60	203,30
	10:32:00	0,10	-0,30		11:30:00	205,20	204,40
	Mittel	0,10	-0,10		Mittel	206,67	204,17
	10:34:00	0,10	0,90		11:32:00	207,20	206,90
	10:35:00	0,20	0,20		11:33:00	205,70	205,70
	10:36:00	0,10	0,90		11:34:00	207,30	202,80
	Mittel	0,13	0,67		Mittel	206,73	205,13
	10:38:00	0,10	-0,20		11:36:00	206,50	206,40
10:39:00	0,00	0,40	11:37:00	205,60	205,40		
10:40:00	0,30	0,80	11:38:00	207,20	206,90		
		0,13	0,33			206,43	206,23
Mittelwert Feldstart c_{z,0}		0,21	0,17	Mittelwert Feldstart c_{s,0}		206,48	204,85
06.08.2018	10:30:00	-0,10	-0,70	06.08.2018	10:58:00	207,90	204,80
	10:31:00	-0,70	-0,10		10:59:00	205,60	204,30
	10:32:00	-0,70	0,00		11:00:00	205,90	202,40
	10:33:00	-0,30	0,60		11:01:00	203,40	205,40
	10:34:00	-0,20	0,60		11:02:00	207,20	206,90
Mittel c _{z,1}	-0,40	0,08	Mittel c _{s,1}	206,00	204,76		
20.08.2018	14:24:00	0,10	0,00	20.08.2018	14:50:00	204,80	205,60
	14:25:00	0,30	1,20		14:51:00	206,20	205,40
	14:26:00	0,40	0,90		14:52:00	205,50	205,40
	14:27:00	0,20	0,80		14:53:00	205,90	204,80
	14:28:00	0,90	0,60		14:54:00	205,90	205,30
	Mittel	0,38	0,70		Mittel c _{s,1}	205,66	205,30
03.09.2018	12:10:00	0,10	0,00	03.09.2018	12:36:00	206,10	207,50
	12:11:00	0,70	0,90		12:37:00	204,60	206,60
	12:12:00	0,80	-0,30		12:38:00	206,60	207,50
	12:13:00	0,00	0,00		12:39:00	204,80	208,20
	12:14:00	0,80	0,00		12:40:00	205,40	207,60
Mittel	0,48	0,12	Mittel c _{s,1}	205,50	207,48		
17.09.2018	10:38:00	0,20	0,50	17.09.2018	11:04:00	206,60	208,60
	10:39:00	0,10	0,30		11:05:00	206,90	205,80
	10:40:00	0,60	0,70		11:06:00	208,20	208,50
	10:41:00	0,30	0,40		11:07:00	205,30	207,70
	10:42:00	0,00	0,40		11:08:00	204,30	208,90
Mittel	0,24	0,46	Mittel c _{s,1}	206,26	207,90		
01.10.2018	15:51:00	0,60	0,60	01.10.2018	16:17:00	205,20	206,80
	15:52:00	0,30	0,50		16:18:00	207,30	206,40
	15:53:00	0,50	0,70		16:19:00	207,40	205,60
	15:54:00	0,30	0,60		16:20:00	206,60	207,80
	15:55:00	0,40	0,80		16:21:00	206,80	207,10
	Mittel c _{z,1}	0,42	0,64		Mittel c _{s,1}	206,66	206,74
15.10.2018	10:12:00	0,70	0,00	15.10.2018	10:38:00	207,70	208,20
	10:13:00	0,60	0,30		10:39:00	204,70	206,20
	10:14:00	0,20	0,20		10:40:00	206,30	209,50
	10:15:00	0,10	0,10		10:41:00	205,10	208,20
	10:16:00	-0,10	0,30		10:42:00	206,40	204,90
	Mittel c _{z,1}	0,30	0,18		Mittel c _{s,1}	206,04	207,40
29.10.2018	13:25:00	0,10	0,30	29.10.2018	13:51:00	206,30	207,00
	13:26:00	0,40	0,80		13:52:00	207,40	207,00
	13:27:00	0,30	0,00		13:53:00	207,90	206,10
	13:28:00	0,60	0,00		13:54:00	209,50	207,60
	13:29:00	0,10	0,30		13:55:00	208,10	207,20
Mittel c _{z,1}	0,30	0,28	Mittel c _{s,1}	207,84	206,98		

7.1 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung für NO₂ unter Feldbedingungen

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

7.2 Prüfvorschriften

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

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

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

Dabei ist:

$\Delta x_{f,i}$ die i-te Differenz einer Parallelmessung

$x_{f,1,i}$ das i-te Messergebnis von Messgerät 1

$x_{f,2,i}$ das i-te Messergebnis von Messgerät 2

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) ist:

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

Dabei ist:

$s_{r,f}$ die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen (%)

n die Anzahl der Parallelmessungen

c_f die bei der Feldprüfung gemessene mittlere Stickstoffdioxid-Konzentration

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

7.3 Durchführung der Prüfung

Aus den während der Feldprüfung stündlich gemittelten NO₂ Werten, wurde die Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen mit Hilfe der oben genannten Formeln ermittelt.

7.4 Auswertung

Tabelle 67: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für NO₂ auf Basis aller Daten aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest		
Stichprobenumfang	[n]	2359
Mittelwert beider Geräte	[nmol/mol]	15,96
Stabw. Aus Doppelbestimmungen	[nmol/mol]	0,544
Vergleichsstandardabweichung im Feld $S_{r,f}$	[%]	3,41
Anforderung	≤ 5,0 %	✓

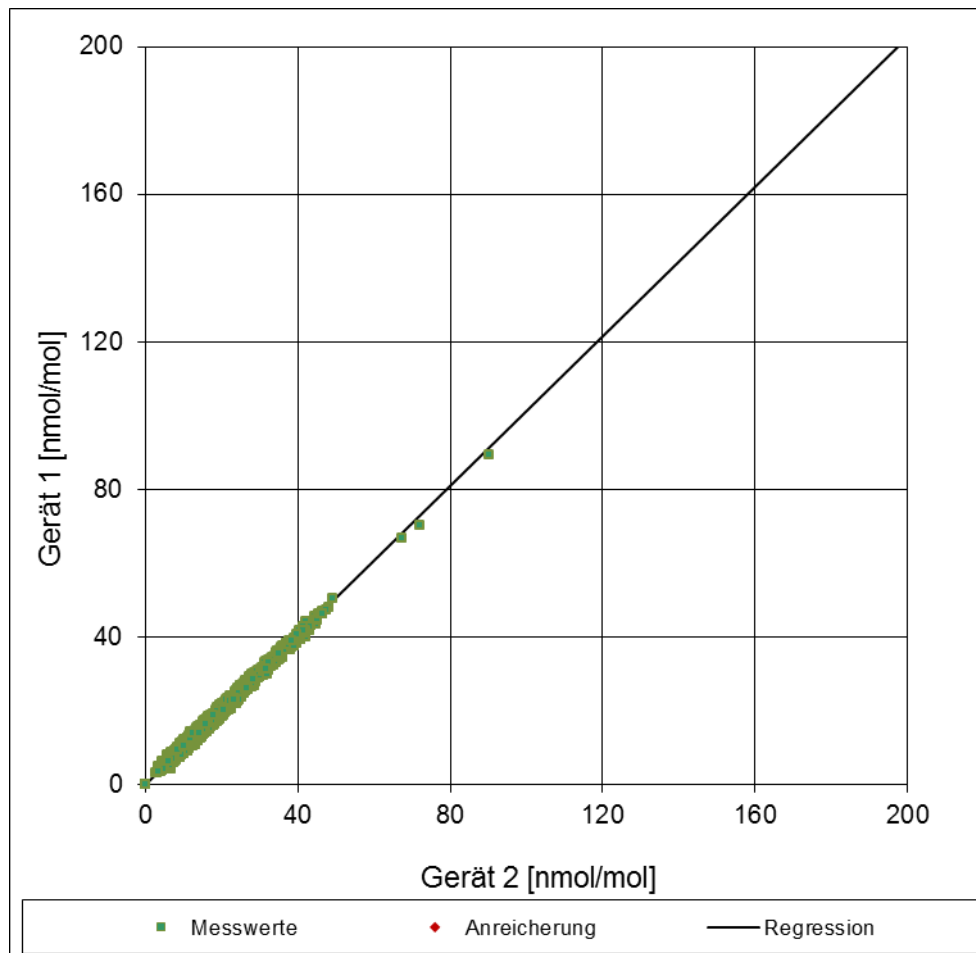


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für NO₂ im Feld

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 3,41 % des Mittelwertes für NO₂. Dieser Wert wird auch für die Berechnung der Gesamtunsicherheit nach DIN EN 14211 verwendet.

7.5 Bewertung

Die Vergleichsstandardabweichung für NO₂ unter Feldbedingungen betrug 3,41 % bezogen auf den Mittelwert über die Dauer des Feldtests von 3 Monaten. Damit sind die Anforderungen der DIN EN 14211 eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Zur Übersicht sind hier auch die Ergebnisse der Vergleichsstandardabweichung für NO angegeben. Nach DIN EN 14211 wird die Auswertung der Vergleichsstandardabweichung im Feld mit NO₂ durchgeführt. Daher sind die folgenden Daten nur informativ aufgeführt.

Tabelle 68: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung für NO auf Basis aller Daten aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest		
Stichprobenumfang	[n]	2359
Mittelwert beider Geräte	[nmol/mol]	29,57
Stabw. Aus Doppelbestimmungen	[nmol/mol]	1,116
Vergleichsstandardabweichung im Feld $S_{r,f}$	[%]	3,78
Anforderung	≤ 5,0 %	✓

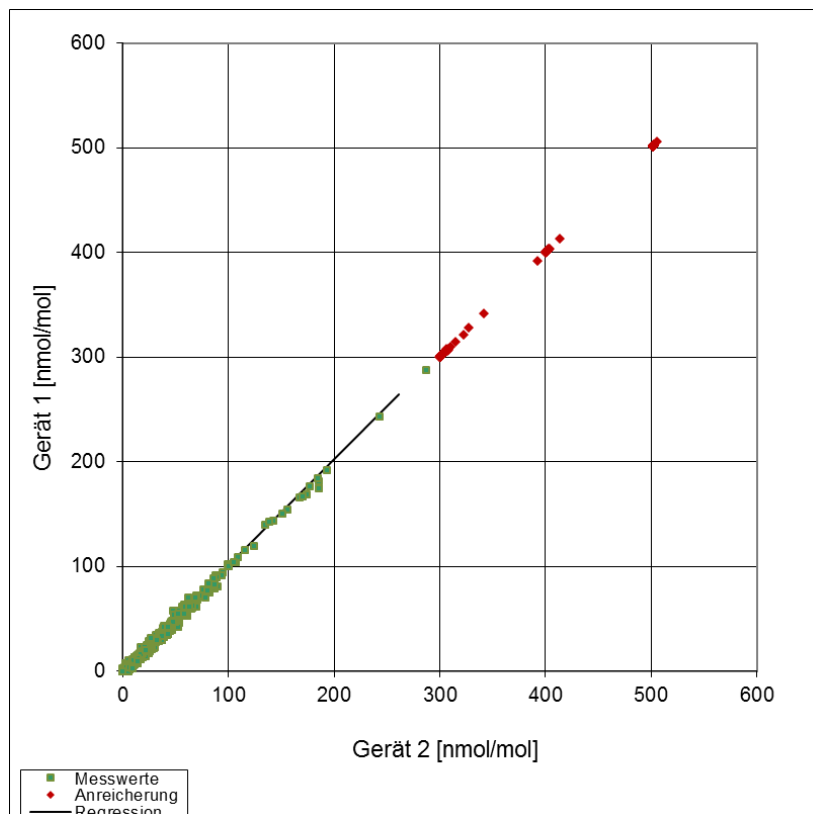


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Vergleichsstandardabweichung für NO im Feld

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 externen Partikelfilters hängt natürlich vom Staubgehalt der Umgebung des Aufstellortes ab. Hinweise zu Arbeiten im Wartungsintervall sind in Kapitel 5 des Handbuchs 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 externe Partikelfilter muss ja nach Staubbelastung am Messort gewechselt werden. Eine Überprüfung des Null- und Referenzpunktes muss nach DIN EN 14211 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 69 aufgelistet.

Tabelle 69: Verfügbarkeit des Messgerätes Model 405 nm

		Gerät 1	Gerät 2
Einsatzzeit	h	2359	2359
Ausfallzeit	h	0	0
Wartungszeit	h	12	12
Tatsächliche Betriebszeit	h	2347	2347
Tatsächliche Betriebszeit inklusive Wartungszeit	h	2359	2359
Verfügbarkeit	%	100	100

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

7.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit beträgt 100 %. Somit ist die Anforderung der EN 14211 erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

7.1 8.6 Gesamtmessunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (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 14211 angegebene Kriterium erfüllen.
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14211 angegeben.
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle E.1 der DIN EN 14211 angegebene Kriterium erfüllen.
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, muss das in Anhang I der Richtlinie 2008/50/EG angegebene Kriterium (15 % für ortsfeste Messungen und 25 % für orientierende Messungen) erfüllen. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Grenzwert. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang E der DIN EN 14211 angegeben.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Berechnung der Gesamtunsicherheit nach Anhang E der DIN EN 14211 (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 14211 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 14211 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 70 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 71 und Tabelle 73 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 72 und Tabelle 74 zu finden.

Tabelle 70: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14211

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 1,0$ nmol/mol	S _r Gerät 1: 0,67 nmol/mol (NO) S _r Gerät 2: 0,50 nmol/mol (NO) S _r Gerät 1: 0,35 nmol/mol (NO ₂) S _r Gerät 2: 0,57 nmol/mol (NO ₂)	ja	99
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$\leq 3,0$ nmol/mol	S _r Gerät 1: 1,07 nmol/mol (NO) S _r Gerät 2: 1,03 nmol/mol (NO) S _r Gerät 1: 0,88 nmol/mol (NO ₂) S _r Gerät 2: 0,78 nmol/mol (NO ₂)	ja	99
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null $\leq 4,0$ % des Messwertes Abweichung bei Null ≤ 5 nmol/mol	X _{l,z} Gerät 1: NP -0,06 nmol/mol (NO) X _l Gerät 1: RP 0,66 % (NO) X _{l,z} Gerät 2: NP -0,70 nmol/mol (NO) X _l Gerät 2: RP 1,15 % (NO) X _{l,z} Gerät 1: NP 1,50 nmol/mol (NO ₂) X _l Gerät 1: RP 2,36 % (NO ₂) X _{l,z} Gerät 2: NP -0,24 nmol/mol (NO ₂) X _l Gerät 2: RP 3,29 % (NO ₂)	ja	103
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 8,0$ nmol/mol/kPa	b _{gp} Gerät 1: 0,34 nmol/mol/kPa (NO) b _{gp} Gerät 2: 0,43 nmol/mol/kPa (NO) b _{gp} Gerät 1: 0,19 nmol/mol/kPa (NO ₂) b _{gp} Gerät 2: 0,17 nmol/mol/kPa (NO ₂)	ja	110
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 3,0$ nmol/mol/K	b _{gt} Gerät 1: 0,08 nmol/mol/K (NO) b _{gt} Gerät 2: 0,05 nmol/mol/K (NO) b _{gt} Gerät 1: 0,10 nmol/mol/K (NO ₂) b _{gt} Gerät 2: 0,10 nmol/mol/K (NO ₂)	ja	113
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungs-temperatur	$\leq 3,0$ nmol/mol/K	b _{st} Gerät 1: 0,250 nmol/mol/K (NO) b _{st} Gerät 2: 0,253 nmol/mol/K (NO) b _{st} Gerät 1: 0,197 nmol/mol/K (NO ₂) b _{st} Gerät 2: 0,206 nmol/mol/K (NO ₂)	ja	116

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,3 \text{ nmol/mol/V}$	b _v Gerät 1: RP 0,01 nmol/mol/V (NO) b _v Gerät 2: RP 0,00 nmol/mol/V (NO) b _v Gerät 1: RP 0,00 nmol/mol/V (NO ₂) b _v Gerät 2: RP 0,02 nmol/mol/V (NO ₂)	ja	120
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration	H ₂ O $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$ CO ₂ $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$ NH ₃ $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$	NO Kanal - H ₂ O Gerät 1: NP 1,87 nmol/mol / RP 2,37 nmol/mol Gerät 2: NP 0,33 nmol/mol / RP 2,80 nmol/mol NO Kanal - CO ₂ Gerät 1: NP 1,27 nmol/mol / RP -0,07 nmol/mol Gerät 2: NP 1,03 nmol/mol / RP -0,33 nmol/mol NO Kanal - NH ₃ Gerät 1: NP 1,37 nmol/mol / RP 2,13 nmol/mol Gerät 2: NP 1,67 nmol/mol / RP 0,97 nmol/mol NO ₂ Kanal - H ₂ O Gerät 1: NP 0,07 nmol/mol / RP 2,27 nmol/mol Gerät 2: NP 0,23 nmol/mol / RP 2,13 nmol/mol NO ₂ Kanal - CO ₂ Gerät 1: NP -0,07 nmol/mol / RP -0,57 nmol/mol Gerät 2: NP 0,07 nmol/mol / RP 0,37 nmol/mol NO ₂ Kanal - NH ₃ Gerät 1: NP 0,97 nmol/mol / RP 0,83 nmol/mol Gerät 2: NP 0,93 nmol/mol / RP 0,80 nmol/mol	ja	124
8.4.12 Mittelungseinfluss	$\leq 7,0 \%$ des Messwertes	E _{av} Gerät 1: 0,5 % NO E _{av} Gerät 2: 3,8 % NO E _{av} Gerät 1: 3,4 % NO ₂ E _{av} Gerät 2: 1,6 % NO ₂	ja	129
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	$\leq 1,0 \%$	Nicht zutreffend	ja	133
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	$\leq 180 \text{ s}$	tr Gerät 1: 28 s (NO) tr Gerät 2: 27 s (NO) tr Gerät 1: 34,5 s (NO ₂) tr Gerät 2: 35,5 s (NO ₂)	ja	88
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	$\leq 180 \text{ s}$	t _f Gerät 1: 28 s (NO) t _f Gerät 2: 28 s (NO) t _f Gerät 1: 36 s (NO ₂) t _f Gerät 2: 37,5 s (NO ₂)	ja	88

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 s	t _d Gerät 1: 0 s (NO) t _d Gerät 2: -1 s (NO) t _d Gerät 1: -1,5 s (NO ₂) t _d Gerät 2: -2 s (NO ₂)	ja	88
8.4.14 Konverterwirkungsgrad	≥ 98%	E _{conv} Gerät 1: 99,8 % E _{conv} Gerät 2: 99,6 %	ja	134
8.4.15 Verweilzeit	≤ 3,0 s	Gerät 1: 1,2 s Gerät 2: 1,2 s	ja	137
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A _a Gerät 1: 100 % A _a Gerät 2: 100 %	ja	147
8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S _{r,f} Gerät 1: 3,41 % NO ₂ S _{r,f} Gerät 2: 3,41 % NO ₂	ja	143
8.5.4 Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	C _z Gerät 1: 0,39 nmol/mol NO C _z Gerät 2: 0,94 nmol/mol NO C _z Gerät 1: -0,61 nmol/mol NO ₂ C _z Gerät 2: 0,53 nmol/mol NO ₂	ja	138
8.5.4 Langzeitdrift beim Spannniveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	C _s Gerät 1: max. 1,29 % NO C _s Gerät 2: max. 0,89 % NO C _s Gerät 1: max. 0,61 % NO ₂ C _s Gerät 2: max. 1,33 % NO ₂	ja	138
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D _{s,z} Gerät 1: -0,53 nmol/mol (NO) D _{s,z} Gerät 2: -0,51 nmol/mol (NO) D _{s,z} Gerät 1: 0,17 nmol/mol (NO ₂) D _{s,z} Gerät 2: 0,65 nmol/mol (NO ₂)	ja	93
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Spannniveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D _{s,s} Gerät 1: -1,69 nmol/mol (NO) D _{s,s} Gerät 2: -0,20 nmol/mol (NO) D _{s,s} Gerät 1: -2,08 nmol/mol (NO ₂) D _{s,s} Gerät 2: 0,98 nmol/mol (NO ₂)	ja	93

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Model 405 nm der Firma 2B Technologies für die Komponente NO, NO2 und NOx, Berichts-Nr.: 936/21242468/A

Seite 153 von 236

Tabelle 71: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO, Gerät 1

Messgerät: M405nm		Seriennummer: 1073				
Messkomponente: NO		1h-Grenzwert: 104,6 nmol/mol				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,670	$u_{r,z}$	0,12	0,0140
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,070	$u_{r,1h}$	0,04	0,0015
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,660	$u_{l,1h}$	0,40	0,1589
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,340	u_{gp}	0,86	0,7319
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,080	u_{gt}	0,20	0,0405
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,250	u_{st}	0,63	0,3957
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u_v	0,04	0,0015
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	1,870	u_{H_2O}	1,47	2,1687
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,370			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,270	$u_{int,pos}$	1,45	2,1166
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,070			
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,370	$u_{int,neg}$	1,45	2,1166
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,130			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	0,500	u_{av}	0,30	0,0912
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u_{asc}	0,00	0,0000
21	Konvertierwirkungsgrad	≥ 98	99,80	u_{EC}	0,21	0,0438
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u_{cg}	1,05	1,0941
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c		2,6218 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		5,2436 nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		5,01 %
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}		15 %

Tabelle 72: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO, Gerät 1

Messgerät: M405nm		Seriennummer: 1073				
Messkomponente: NO		1h-Grenzwert: 104,6 nmol/mol				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,670	$u_{r,z}$	0,12	0,0140
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,070	$u_{r,1h}$	nicht berücksichtigt, da $\sqrt{2} \cdot u_{r,1h} = 0,05 < u_{r,f}$	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,660	$u_{l,1h}$	0,40	0,1589
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,340	u_{gp}	0,86	0,7319
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,080	u_{gt}	0,20	0,0405
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,250	u_{st}	0,63	0,3957
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u_v	0,04	0,0015
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	1,870	u_{H_2O}	1,47	2,1687
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,370			
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,270	$u_{int,pos}$	1,45	2,1166
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,070			
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,370	$u_{int,neg}$	1,45	2,1166
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	2,130			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	0,500	u_{av}	0,30	0,0912
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	3,410	$u_{r,f}$	3,57	12,7225
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	0,390	$u_{d,l,z}$	0,23	0,0507
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	1,290	$u_{d,l,1h}$	0,78	0,6069
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u_{asc}	0,00	0,0000
21	Konvertierwirkungsgrad	≥ 98	99,800	u_{EC}	0,21	0,0438
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u_{cg}	1,05	1,0941
Kombinierte Standardunsicherheit				u_c		4,5001 nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U		9,0002 nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				W		8,60 %
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				W_{req}		15 %

Tabelle 73: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO, Gerät 2

Messgerät:		M405nm		Seriennummer:		1076		
Messkomponente:		NO		1h-Grenzwert:		104,6 nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,500	U _{r,z}	0,09	0,0076		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,030	U _{r,1h}	0,04	0,0014		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,150	U _{l,1h}	0,69	0,4823		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,430	U _{gp}	1,08	1,1707		
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,050	U _{gt}	0,13	0,0158		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,253	U _{st}	0,64	0,4053		
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,000	U _v	0,00	0,0000		
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,330	U _{H2O}	0,63	0,3944		
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,800					
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,030	U _{int,pos}	1,31	1,7227		
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,330					
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,670	oder				
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,970					
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	3,800	U _{av}	2,29	5,2663		
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	U _{asc}	0,00	0,0000		
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,60	U _{ec}	0,42	0,1751		
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U _{cg}	1,05	1,0941		
				Kombinierte Standardunsicherheit		U _c	3,2779	nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit		U	6,5558	nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit		W	6,27	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		W _{req}	15	%

Tabelle 74: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO Gerät 2

Messgerät:		M405nm		Seriennummer:		1076		
Messkomponente:		NO		1h-Grenzwert:		104,6 nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,500	U _{r,z}	0,09	0,0076		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	1,030	U _{r,1h}	nicht berücksichtigt, da $\sqrt{2} \cdot u_{r,1h} = 0,05 < u_{r,f}$	-		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,150	U _{l,1h}	0,69	0,4823		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,430	U _{gp}	1,08	1,1707		
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,050	U _{gt}	0,13	0,0158		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,253	U _{st}	0,64	0,4053		
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,000	U _v	0,00	0,0000		
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,330	U _{H2O}	0,63	0,3944		
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,800					
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,030	U _{int,pos}	1,31	1,7227		
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,330					
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	1,670	oder				
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,970					
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	3,800	U _{av}	2,29	5,2663		
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	3,410	U _{r,f}	3,57	12,7225		
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	0,940	U _{d,l,z}	0,54	0,2945		
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	0,890	U _{d,l,1h}	0,54	0,2889		
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	U _{asc}	0,00	0,0000		
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,600	U _{ec}	0,42	0,1751		
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U _{cg}	1,05	1,0941		
				Kombinierte Standardunsicherheit		U _c	4,9039	nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit		U	9,8077	nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit		W	9,38	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		W _{req}	15	%

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Model 405 nm der Firma 2B Technologies für die Komponente NO, NO2 und NOx, Berichts-Nr.: 936/21242468/A

Seite 155 von 236

Tabelle 75: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO₂, Gerät 1

Messgerät: M405nm		Seriennummer: 1073				
Messkomponente: NO2		1h-Grenzwert: 104,6 nmol/mol				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,350	u _{r,z}	0,07	0,0048
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,880	u _{r,1h}	0,17	0,0303
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	2,360	u _{l,1h}	1,43	2,0313
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,190	u _{gp}	1,91	3,6572
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,100	u _{gt}	0,91	0,8206
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,197	u _{st}	1,78	3,1846
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,000	u _v	0,00	0,0000
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null) ≤ 10 nmol/mol (Span)	0,070 2,270	u _{H2O}	1,69	2,8479
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null) ≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,070 -0,570	u _{int,pos}	0,48	0,2299
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null) ≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,970 0,830	u _{int,neg}		
9	Mittlungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	3,400	u _{av}	2,05	4,2160
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u _{asc}	0,00	0,0000
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,80	u _{EC}	0,21	0,0438
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,05	1,0941
				Kombinierte Standardunsicherheit	u _c	4,2656 nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit	U	8,5313 nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	8,16 %
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W _{req}	15 %

Tabelle 76: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO₂, Gerät 1

Messgerät: M405nm		Seriennummer: 1073				
Messkomponente: NO2		1h-Grenzwert: 104,6 nmol/mol				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,350	u _{r,z}	0,07	0,0048
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,880	u _{r,1h}	nicht berücksichtigt, da $\sqrt{2} \cdot u_{r,1h} = 0,24 < u_{r,f}$	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	2,360	u _{l,1h}	1,43	2,0313
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,190	u _{gp}	1,91	3,6572
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,100	u _{gt}	0,91	0,8206
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,197	u _{st}	1,78	3,1846
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,000	u _v	0,00	0,0000
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null) ≤ 10 nmol/mol (Span)	0,070 2,270	u _{H2O}	1,69	2,8479
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null) ≤ 5,0 nmol/mol (Span)	-0,070 -0,570	u _{int,pos}	0,48	0,2299
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null) ≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,970 0,830	u _{int,neg}		
9	Mittlungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	3,400	u _{av}	2,05	4,2160
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	3,410	u _{r,f}	3,57	12,7225
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-0,610	u _{gl,z}	-0,35	0,1240
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	0,610	u _{gl,1h}	0,37	0,1357
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u _{asc}	0,00	0,0000
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,800	u _{EC}	0,21	0,0438
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u _{cg}	1,05	1,0941
				Kombinierte Standardunsicherheit	u _c	5,5783 nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit	U	11,1566 nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	10,67 %
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W _{req}	15 %



Tabelle 77: Erweiterte Unsicherheit aus der Laborprüfung für NO₂, Gerät 2

Messgerät:	M405nm	Seriennummer:	1076				
Messkomponente:	NO ₂	1h-Grenzwert:	104,6	nmol/mol			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,570	U _{r,z}	0,12	0,0134	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,780	U _{r,1h}	0,16	0,0248	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	3,290	U _{l,1h}	1,99	3,9476	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,170	U _{gp}	1,71	2,9278	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,100	U _{gt}	0,91	0,8206	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,206	U _{st}	1,87	3,4822	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,020	U _v	0,28	0,0772	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,230	U _{H2O}	1,58	2,5089	
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,130				
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	0,070	U _{int,pos}	0,68	0,4558	
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,370				
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	0,930	oder			
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,800				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	1,600	U _{av}	0,97	0,9336	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	U _{asc}	0,00	0,0000	
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,60	U _{ec}	0,42	0,1751	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U _{cg}	1,05	1,0941	
				Kombinierte Standardunsicherheit	U _c	4,0619	nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit	U	8,1239	nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	7,77	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W _{req}	15	%

Tabelle 78: Erweiterte Unsicherheit aus der Labor- und Feldprüfung für NO₂, Gerät 2

Messgerät:	M405nm	Seriennummer:	1076				
Messkomponente:	NO ₂	1h-Grenzwert:	104,6	nmol/mol			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,570	U _{r,z}	0,12	0,0134	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,780	U _{r,1h}	nicht berücksichtigt, da $\sqrt{2} \cdot u_{r,1h} = 0,22 < u_{r,f}$	-	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	3,290	U _{l,1h}	1,99	3,9476	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,170	U _{gp}	1,71	2,9278	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,100	U _{gt}	0,91	0,8206	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,206	U _{st}	1,87	3,4822	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,020	U _v	0,28	0,0772	
8a	Störkomponente H ₂ O mit 19 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol (Null)	0,230	U _{H2O}	1,58	2,5089	
		≤ 10 nmol/mol (Span)	2,130				
8b	Störkomponente CO ₂ mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	0,070	U _{int,pos}	0,68	0,4558	
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,370				
8c	Störkomponente NH ₃ mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol (Null)	0,930	oder			
		≤ 5,0 nmol/mol (Span)	0,800				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	1,600	U _{av}	0,97	0,9336	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	3,410	U _{r,f}	3,57	12,7225	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	0,530	U _{d,l,z}	0,31	0,0936	
12	Langzeitdrift bei Span	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	1,330	U _{d,l,1h}	0,80	0,6451	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	U _{asc}	0,00	0,0000	
21	Konverterwirkungsgrad	≥ 98	99,600	U _{ec}	0,42	0,1751	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U _{cg}	1,05	1,0941	
				Kombinierte Standardunsicherheit	U _c	5,4691	nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit	U	10,9382	nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit	W	10,46	%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	W _{req}	15	%

7. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

Arbeiten im Wartungsintervall

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

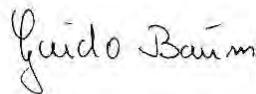
- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- Gerätestatus in Ordnung
- Keine Fehlermeldungen
- Austausch des externen Teflonfilters am Probengaseingang je nach Bedingungen am Messort
- Nach DIN EN 14211 alle 14 Tage Durchführung einer Null und Referenzpunkt Überprüfung mit geeigneten Prüfgasen

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

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



Dipl.-Ing. Martin Schneider



Dipl.-Ing. Guido Baum

Köln, 19. Februar 2019
936/21242468/A

8. 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 14211 Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemolumineszenz, November 2012
- [3] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Rates vom 21. Mai 2008 über die Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [4] Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von Januar 2010

9. Anlagen

Anhang 1

Weitere Prüfkriterien nach Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“

Der nach VDI 4202-1 und DIN EN 14211 ausgewertete Feldtest wurde vom 23.07.2018 bis zum 29.10.2018 durchgeführt.

Die gesamte Feldinstallation war allerdings von Juni 2018 bis Ende Januar 2019 installiert. Während des gesamten Zeitraums liefen parallel zu den Model 405 nm Systemen noch ein eignungsgeprüfter Referenzanalysator vom Typ Horiba APNA 370 (SN 43286610022). Dieser Referenzanalysator wurde an die gleiche Entnahmeleitung angeschlossen wie die beiden Prüflinge. Die Länge der Prüfgasleitung betrug wie bei den Prüflingen ca. 2 m.

Mit diesem System wurden zusätzliche Untersuchungen nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ durchgeführt.

Dazu wurden verteilt über ein halbes Jahr 4 Messungen mit der Dauer von jeweils einem Monat zum Vergleich der Model 405 nm Systeme mit einem bereits eignungsgeprüften SRM System ausgewählt. Die Messzeiträume wurden dabei so ausgewählt das verschiedene Umgebungsbedingungen (Temperatur, Feuchte, Druck, NO₂- Konzentration) in die Bewertung der Messeinrichtung mit einbezogen werden konnten. Daher wurden für die Auswertung nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ die Monate August 2018, Oktober 2018, Dezember 2018 und Januar 2019 bewertet.

Vor Beginn jedes bewerteten Zeitraumes wurde die Justierung der Prüflinge und des Referenzgerätes überprüft. Beim Horiba APNA 370 Referenzanalysator wurde zusätzlich regelmäßig der Konverterwirkungsgrad überprüft, welcher während der kompletten Prüfung bei > 98 % lag.

Die Bewertung erfolgte für NO und NO₂ getrennt.

7.1 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} [8.5.3.2]

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} muss gemäß dem Punkt 8.5.3.2 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ ermittelt werden.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Monaten (**August, Oktober, Dezember und Januar**) am Feldteststandort in Köln durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedliche Messgas-Konzentrationen berücksichtigt.

7.4 Auswertung

Gemäß **Punkt 8.5.3.2** des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ gilt:

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} muss $\leq 5\%$ betragen. Da kein weiterer Bezugswert angegeben ist, wurden als Bezugswert der 1-Stunden Grenzwert für NO₂ ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 104,6 \text{ ppb}$) (2008/50/EG) verwendet. Damit darf die maximale Unsicherheit zwischen den Prüflingen bei maximal 5,2 ppb für NO₂ liegen.

Für die Komponente NO wurde als Kriterium der 1-h Grenzwert für NO ($631,3 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 505 \text{ ppb}$) verwendet. Damit darf die maximale Unsicherheit zwischen den Prüflingen bei NO bei maximal 25 ppb liegen.

Eine Unsicherheit über 5,2 ppb bzw. 25 ppb zwischen den beiden Prüflingen ist ein Hinweis, dass die Leistung eines oder beider Systeme unzureichend ist und die Gleichwertigkeit nicht erklärt werden kann.

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen wird dabei für jeden Prüfmonat einzeln ermittelt.

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} wird aus den Differenzen aller 1-h Mittelwerte der Prüflinge, die parallel betrieben werden, nach folgender Gleichung berechnet:

$$w_{bs}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n\bar{y}^2}$$

mit $y_{i,1}$ und $y_{i,2}$ = Ergebnisse der parallelen Messungen einzelner 1h-Werte i
 n = Anzahl der 1h-Werte

7.5 Bewertung

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} liegt mit maximal 1,440 ppb für NO und 1,846 ppb für NO₂ unterhalb der geforderten Werte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 79 und Tabelle 80 führt die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 15 bis Abbildung 22.

Tabelle 79: Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} Komponente NO

Testgeräte	Messmonat	Anzahl Werte	Unsicherheit w_{bs}
Komponente NO			
SN 1073 / SN 1076	August	744	0,271
SN 1073 / SN 1076	Oktober	744	0,117
SN 1073 / SN 1076	Dezember	744	0,077
SN 1073 / SN 1076	Januar	744	0,060

Tabelle 80: Unsicherheit zwischen den Prüflingen w_{bs} Komponente NO₂

Testgeräte	Messmonat	Anzahl Werte	Unsicherheit w_{bs}
Komponente NO ₂			
SN 1073 / SN 1076	August	744	0,057
SN 1073 / SN 1076	Oktober	744	0,028
SN 1073 / SN 1076	Dezember	744	0,089
SN 1073 / SN 1076	Januar	744	0,095

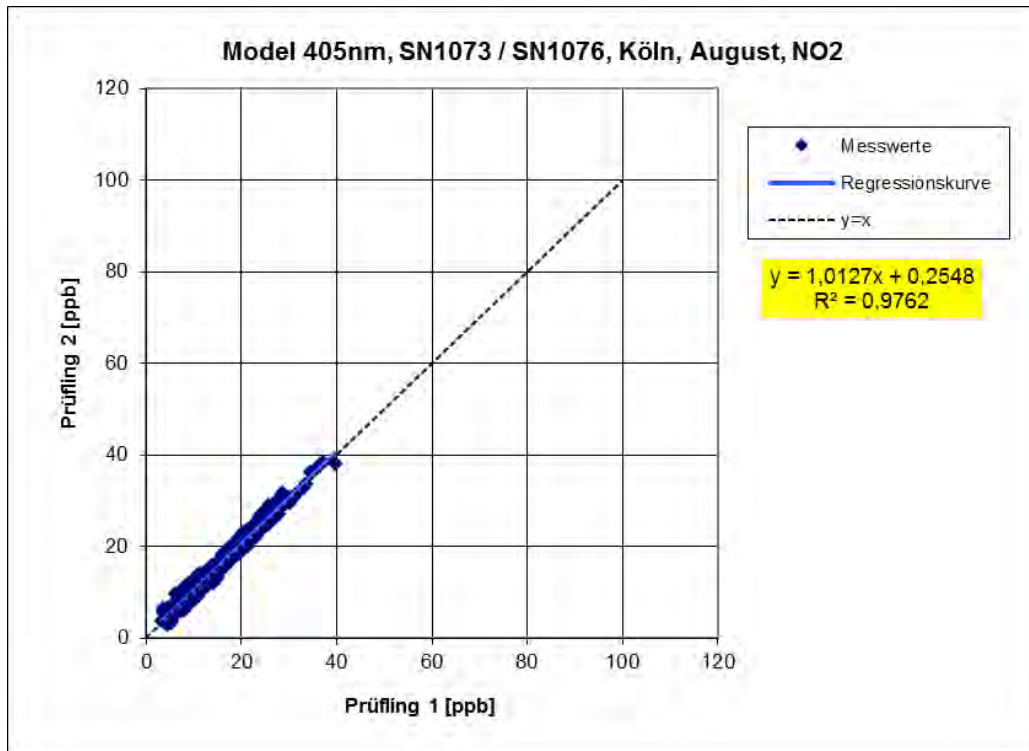


Abbildung 15: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat August, Komponente NO₂

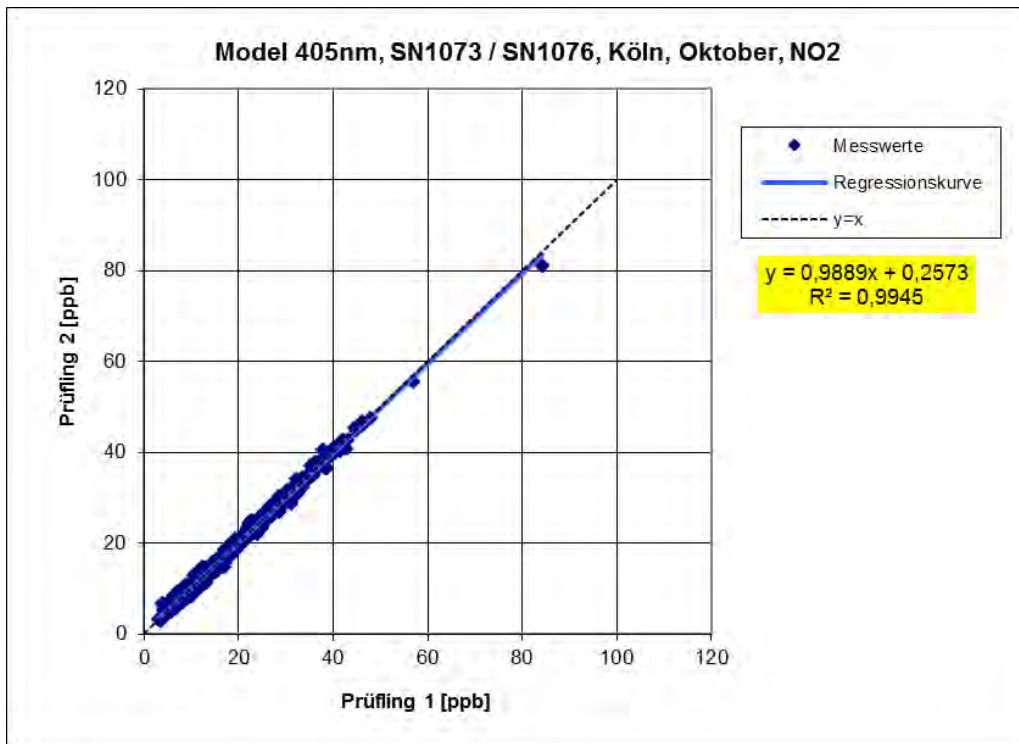


Abbildung 16: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Oktober, Komponente NO₂

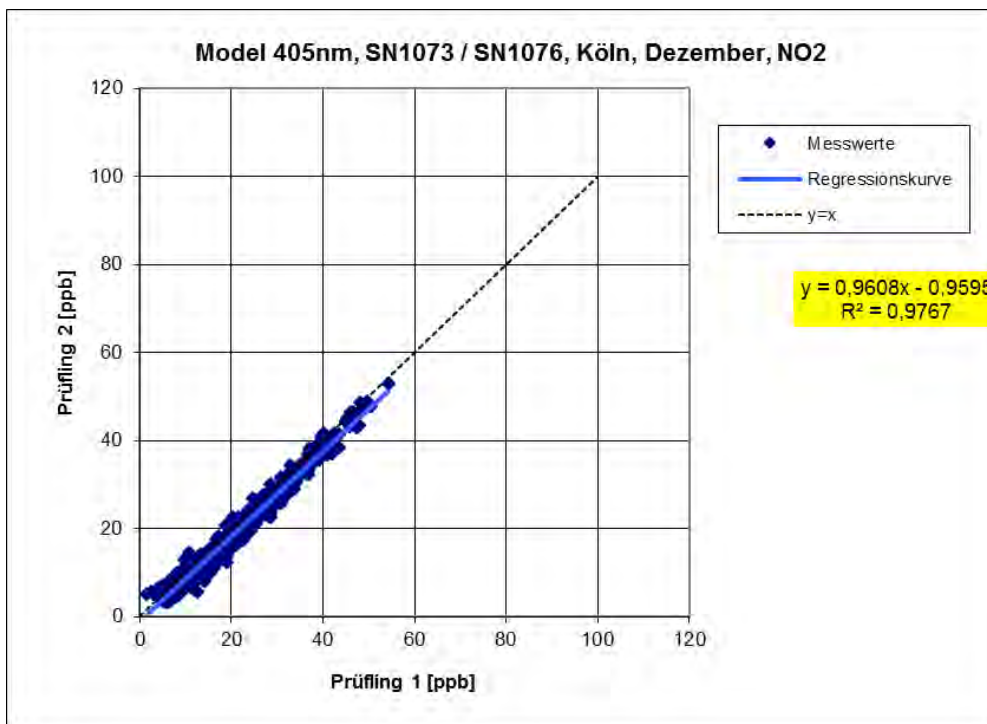


Abbildung 17: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Dezember, Komponente NO₂

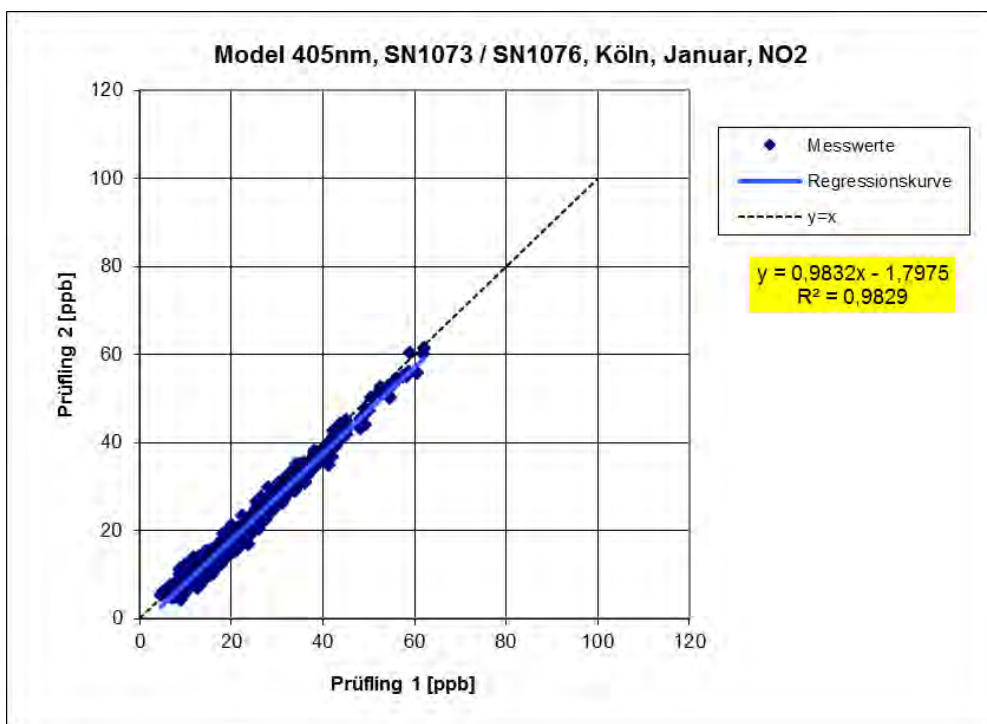


Abbildung 18: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Januar, Komponente NO₂

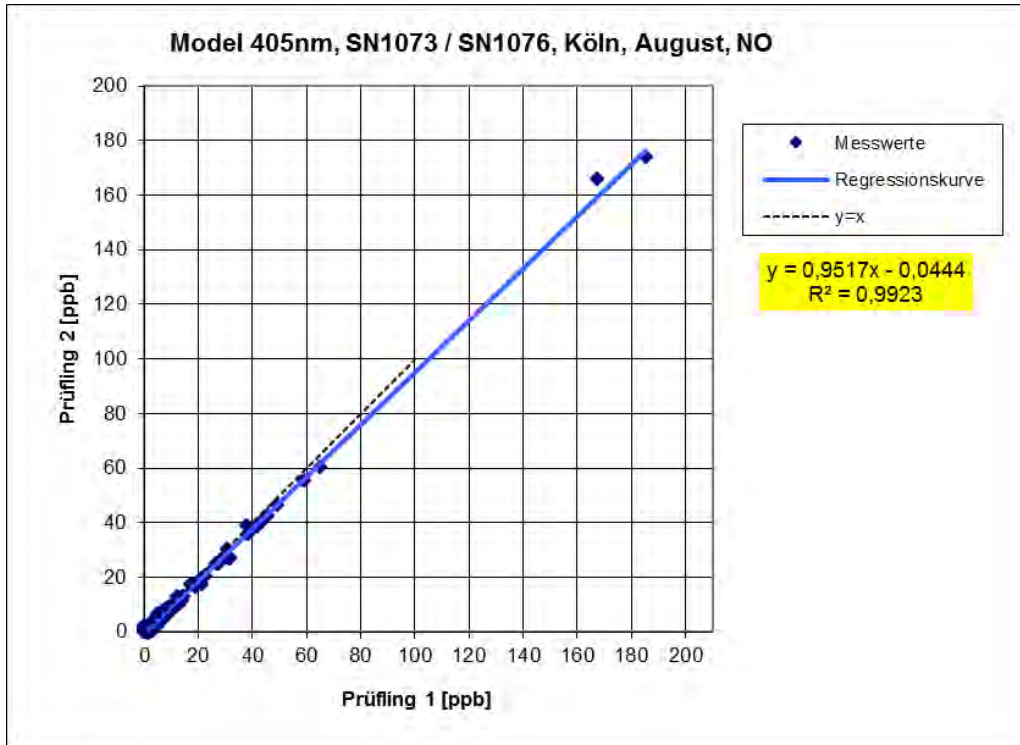


Abbildung 19: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat August, Komponente NO

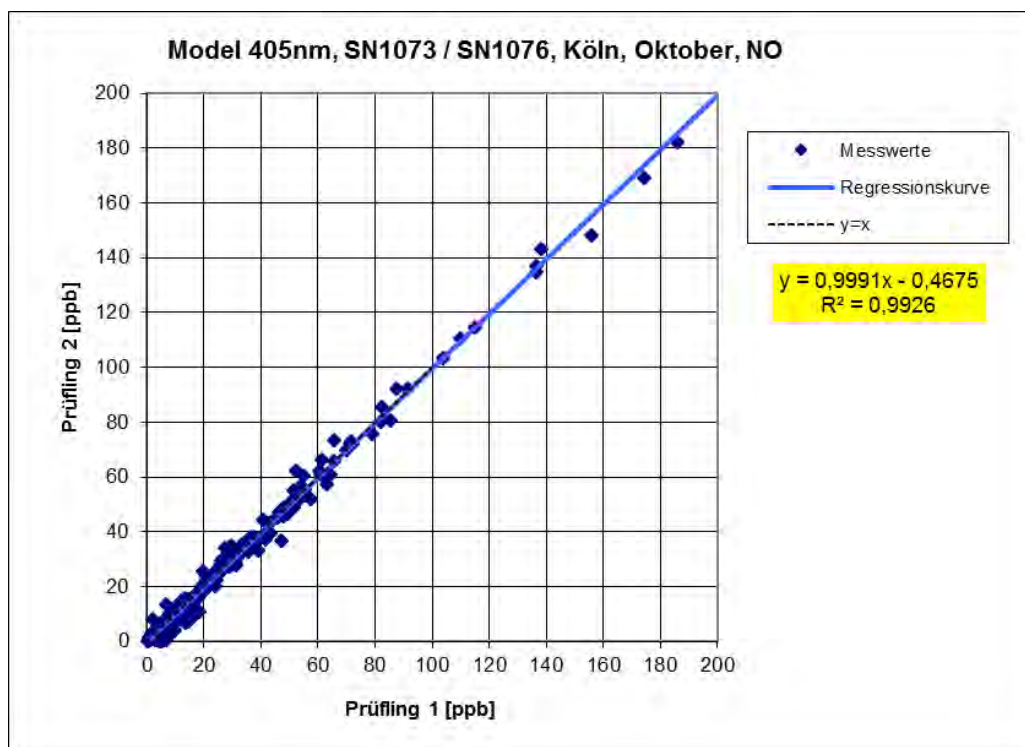


Abbildung 20: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Oktober, Komponente NO

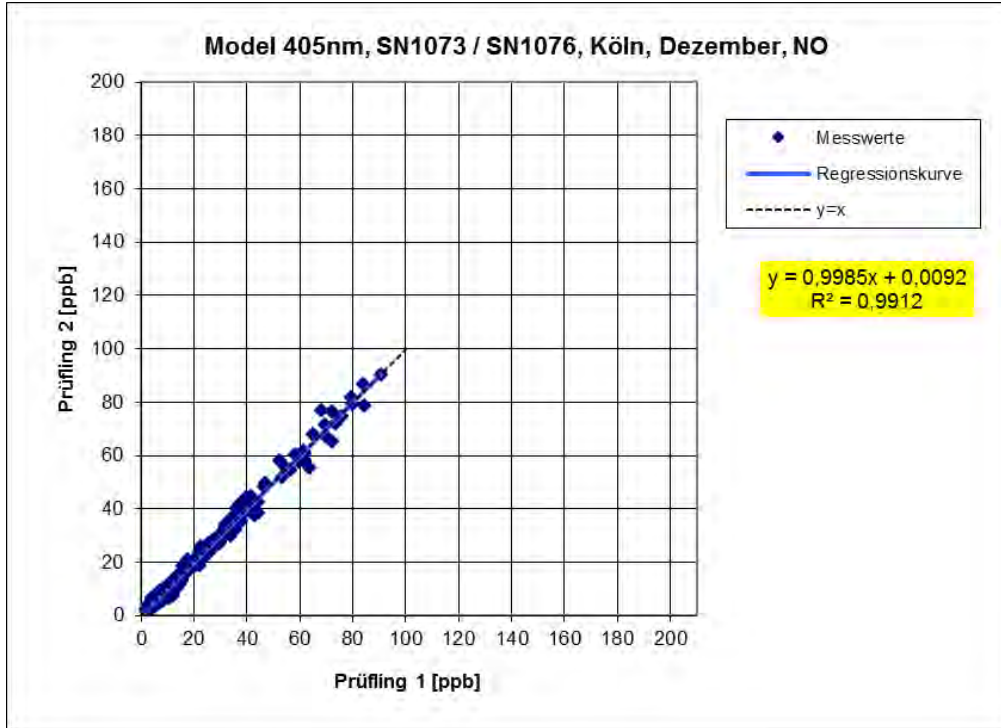


Abbildung 21: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Dezember, Komponente NO

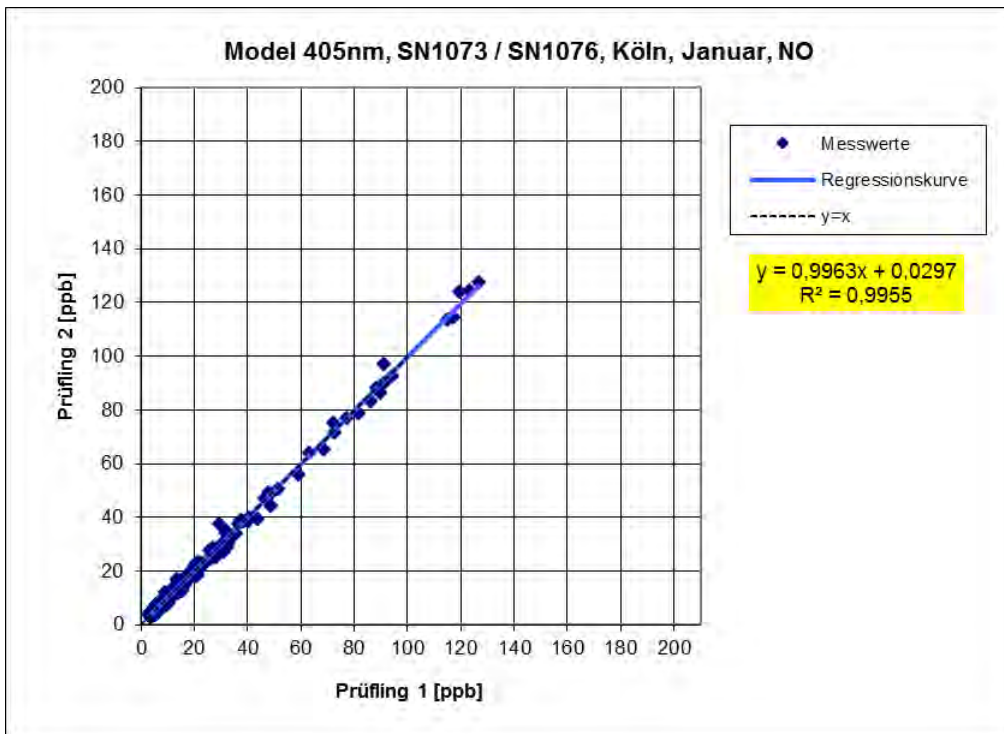


Abbildung 22: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten, Monat Januar, Komponente NO

7.1 Vergleich mit der Standard Referenz Methode [8.5.3.3]

Für die Prüflinge ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß dem Punkt 8.5.3.3 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ nachzuweisen. Die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge ist mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [3] zu vergleichen.

7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 4 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Monaten (August, Oktober, Dezember und Januar) am Feldteststandort in Köln durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedliche Messgas-Konzentrationen berücksichtigt.

Es wurden vier Messungen mit der Dauer von jeweils einem Monat durchgeführt. Die Messungen wurden über ein halbes Jahr verteilt. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

7.4 Auswertung

Um die Vergleichbarkeit der Prüflinge y mit dem Referenzverfahren x zu beurteilen, wird ein linearer Zusammenhang $y_i = a + bx_i$ zwischen den Messergebnissen beider Methoden angenommen. Der Zusammenhang zwischen den Mittelwerten der Referenzgeräte und der Prüflinge wird mittels orthogonaler Regression hergestellt.

Zur Auswertung wird die Ergebnisunsicherheit w_{c-s} der Prüflinge aus dem Vergleich mit dem Referenzverfahren gemäß der folgenden Gleichung beschrieben, welche w_{c-s} als eine Funktion der Messgaskonzentration x_i beschreibt.

$$w_{c-s}^2(y_i) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [a + (b-1)x_i]^2$$

Mit RSS = Summe der (relativen) Residuen aus der orthogonalen Regression

$u(x_i)$ = zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens

Algorithmen zur Berechnung des Achsabschnitts a sowie der Steigung b und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] ausführlich beschrieben.

Die Summe der (relativen) Residuen RSS wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$RSS = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

[Punkt 8.5.3] Für alle Datensätze wird die kombinierte Unsicherheit der Prüflinge $w_{c,CM}$ durch Kombination der Beiträge aus 8.5.3.1 und 8.5.3.2 gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$w_{c,CM}^2(y_i) = \frac{u_{c-s}^2(y_i)}{y_i^2}$$

Für jeden Datensatz wird die Unsicherheit $w_{c,CM}$ am 1 h-Grenzwert für NO₂ (hier 200 µg/m³ = 104,6 ppb) berechnet, wobei y_i als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird. Für NO wird die Unsicherheit auf den 1 h-Grenzwert (631,3 µg/m³ = 505 ppb) bezogen.

[Punkt 8.5.3.4] Für jeden Datensatz wird die erweiterte relative Unsicherheit der Ergebnisse der Prüflinge durch Multiplizieren von $w_{c,CM}$ mit einem Erweiterungsfaktor k nach folgender Gleichung berechnet:

$$W_{CM} = k \cdot w_{CM}$$

In der Praxis wird bei großen n für $k=2$ eingesetzt.

Die größte resultierende Unsicherheit W_{CM} wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie verglichen und bewertet. Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit W_{cm} beträgt für NO₂ und NO = 15 %.

7.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W_{cm} von 15 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 81 und Tabelle 82 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten W_{CM} aus den Feldtestuntersuchungen. Tabelle 83 bis Tabelle 90 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der einzelnen Datensätze.

Tabelle 81: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten W_{CM} aus den Felduntersuchungen für NO₂

Monat	Komponente	Grenzwert ppb	Steigung b (ppb)/(ppb)	Achs- abschnitt a ppb	$u_{c,s}$ am Grenzwert ppb	w_{CM} %	W_{CM} %	$W_{CM} \leq W_{dqo}$ ($W_{dqo} = 15\%$)
August	NO ₂	104,6	1,02	-0,25	2,30	2,20	4,41	ja
Oktober	NO ₂	104,6	0,98	1,65	1,82	1,74	3,48	ja
Dezember	NO ₂	104,6	0,96	1,84	2,99	2,86	5,72	ja
Januar	NO ₂	104,6	1,03	-1,50	2,58	2,46	4,93	ja

 Tabelle 82: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten W_{CM} aus den Felduntersuchungen für NO

Monat	Komponente	Grenzwert ppb	Steigung b (ppb)/(ppb)	Achs- abschnitt a ppb	$u_{c,s}$ am Grenzwert ppb	w_{CM} %	W_{CM} %	$W_{CM} \leq W_{dqo}$ ($W_{dqo} = 15\%$)
August	NO	505	0,98	0,33	8,24	1,63	3,26	ja
Oktober	NO	505	0,96	2,64	16,73	3,31	6,63	ja
Dezember	NO	505	0,97	3,63	14,04	2,78	5,56	ja
Januar	NO	505	1,03	-2,27	14,94	2,96	5,92	ja

Tabelle 83: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat August, Komponente NO₂

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, August	Grenzwert	104,6	ppb
Status Messwerte	NO2	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,02	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	-0,25	signifikant		
Unsicherheit von a	0,09			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	2,09	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	2,30	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	2,20	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	4,41	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 84: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Oktober, Komponente NO₂

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Oktober	Grenzwert	104,6	ppb
Status Messwerte	NO2	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,98	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	1,65	signifikant		
Unsicherheit von a	0,13			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	0,07	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	1,82	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	1,74	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	3,48	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 85: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Dezember, Komponente NO₂

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Dezember	Grenzwert	104,6	ppb
Status Messwerte	NO ₂	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,96	signifikant		
Unsicherheit von b	0,00			
Achsabschnitt a	1,84	signifikant		
Unsicherheit von a	0,08			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-2,75	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	2,99	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	2,86	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	5,72	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 86: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente NO₂

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Januar	Grenzwert	104,6	ppb
Status Messwerte	NO ₂	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,03	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	-1,50	signifikant		
Unsicherheit von a	0,15			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	1,68	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	2,58	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	2,46	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	4,93	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung Model 405 nm der Firma 2B Technologies für die Komponente NO, NO₂ und NO_x,
Berichts-Nr.: 936/21242468/A

Seite 171 von 236

Tabelle 87: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat August, Komponente NO

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, August	Grenzwert	505	ppb
Status Messwerte	NO	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,98	signifikant		
Unsicherheit von b	0,00			
Achsabschnitt a	0,33	signifikant		
Unsicherheit von a	0,04			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-8,19	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	8,24	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	1,63	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	3,26	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 88: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Oktober, Komponente NO

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Oktober	Grenzwert	505	ppb
Status Messwerte	NO	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,96	signifikant		
Unsicherheit von b	0,00			
Achsabschnitt a	2,64	signifikant		
Unsicherheit von a	0,08			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-16,60	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	16,73	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	3,31	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	6,63	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 89: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Dezember, Komponente NO

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Dezember	Grenzwert	505	ppb
Status Messwerte	NO	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,97	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	3,63	signifikant		
Unsicherheit von a	0,11			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-13,77	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	14,04	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	2,78	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	5,56	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 90: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente NO

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfung	Model 405nm	SN	SN1073 / SN1076	
Standort	Köln, Januar	Grenzwert	505	ppb
Status Messwerte	NO	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,03	signifikant		
Unsicherheit von b	0,00			
Achsabschnitt a	-2,27	signifikant		
Unsicherheit von a	0,07			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	14,87	ppb		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	14,94	ppb		
Kombinierte Messunsicherheit w_{CM}	2,96	%		
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	5,92	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

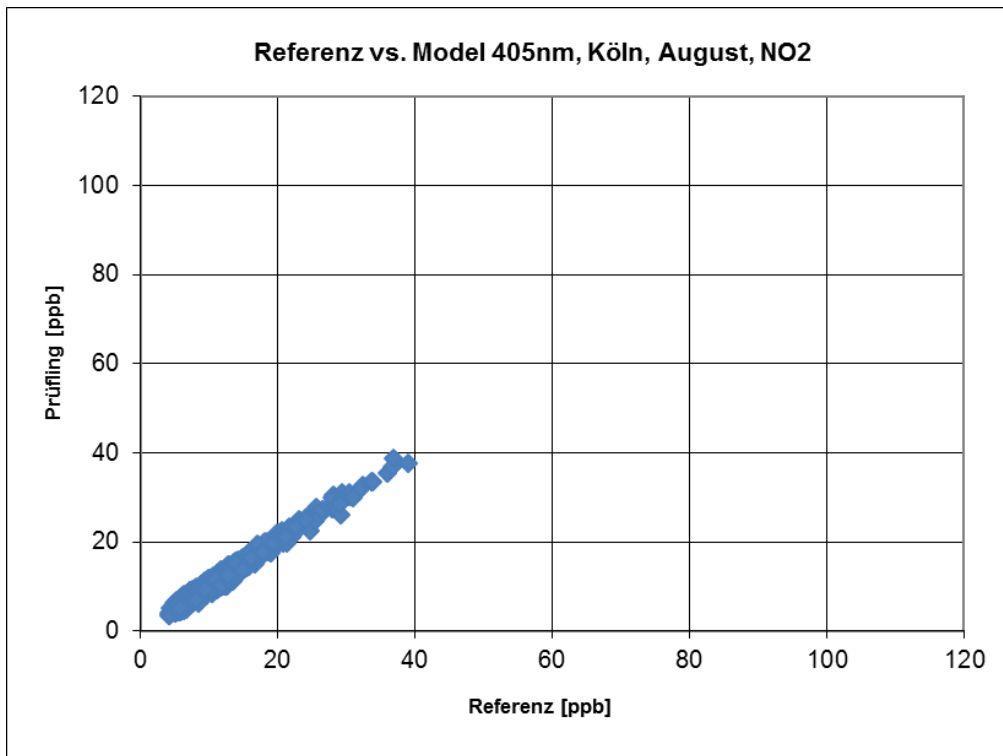


Abbildung 23: Referenz vs. Testgerät, Monat August, Komponente NO₂

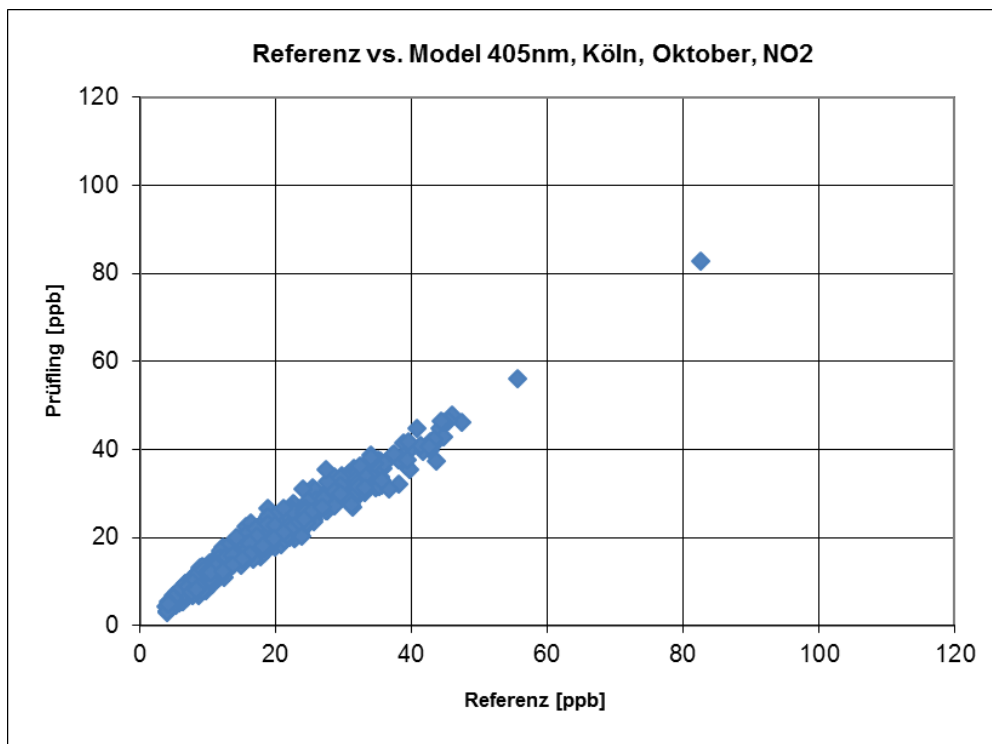


Abbildung 24: Referenz vs. Testgerät, Monat Oktober, Komponente NO₂

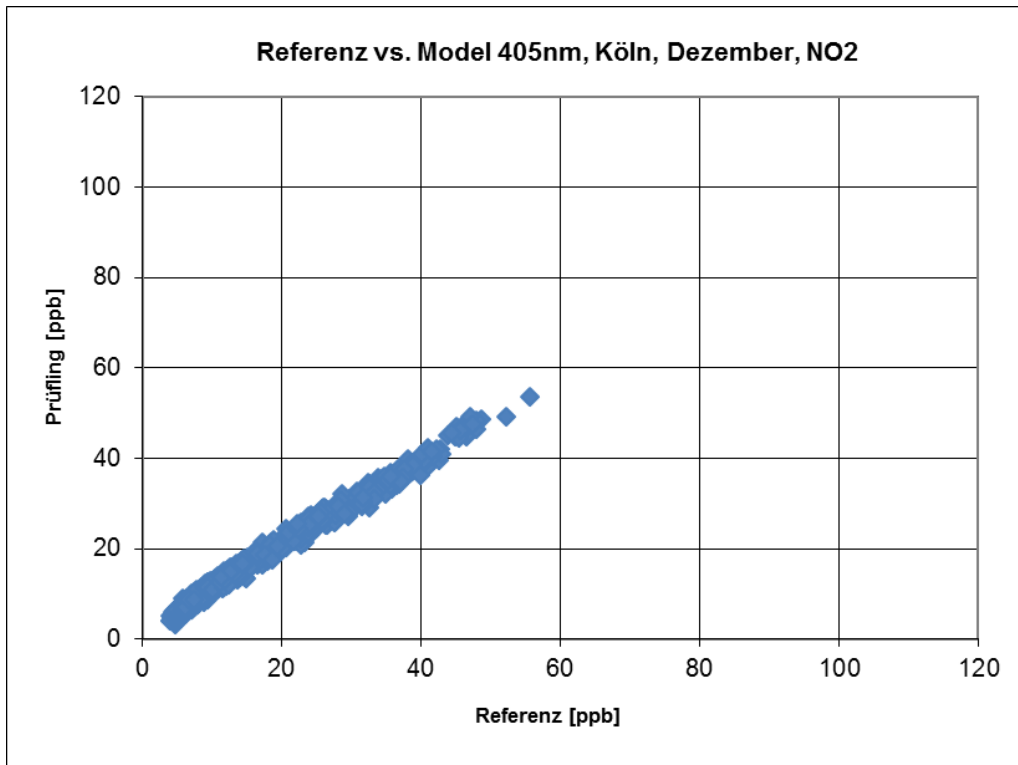


Abbildung 25: Referenz vs. Testgerät, Monat Dezember, Komponente NO₂

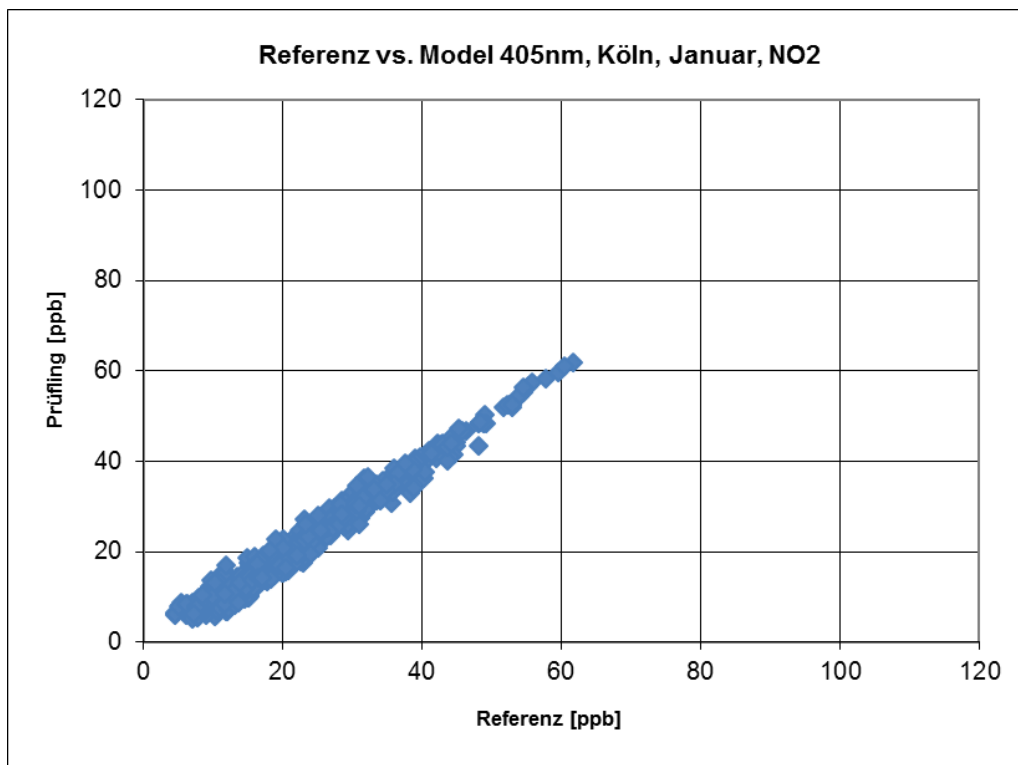


Abbildung 26: Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente NO₂

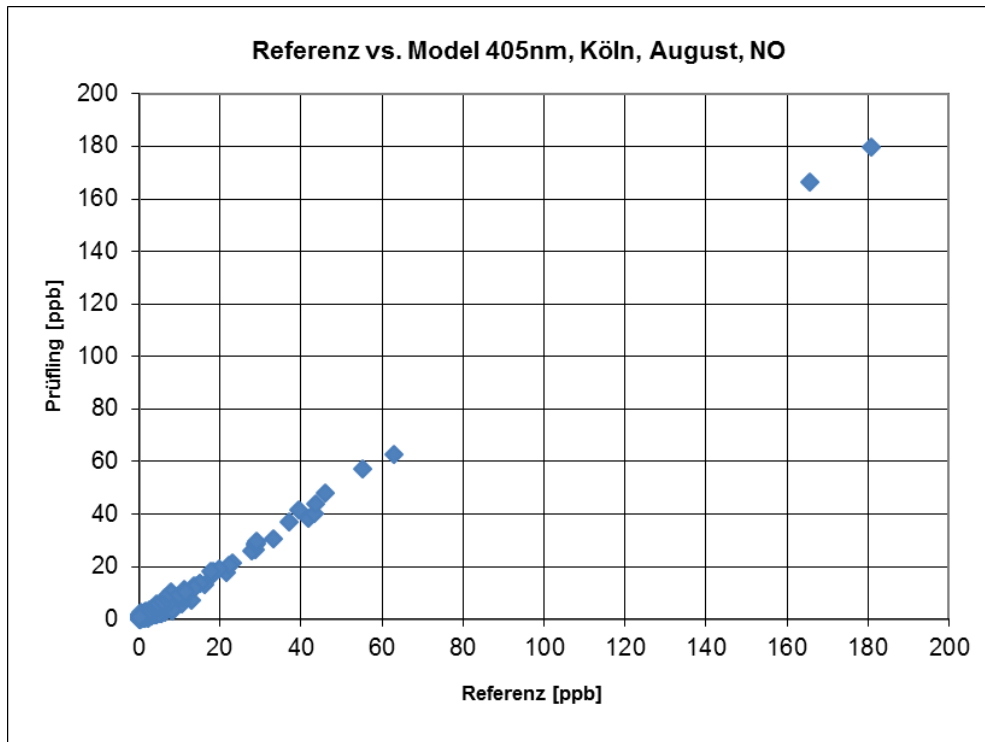


Abbildung 27: Referenz vs. Testgerät, Monat August, Komponente NO

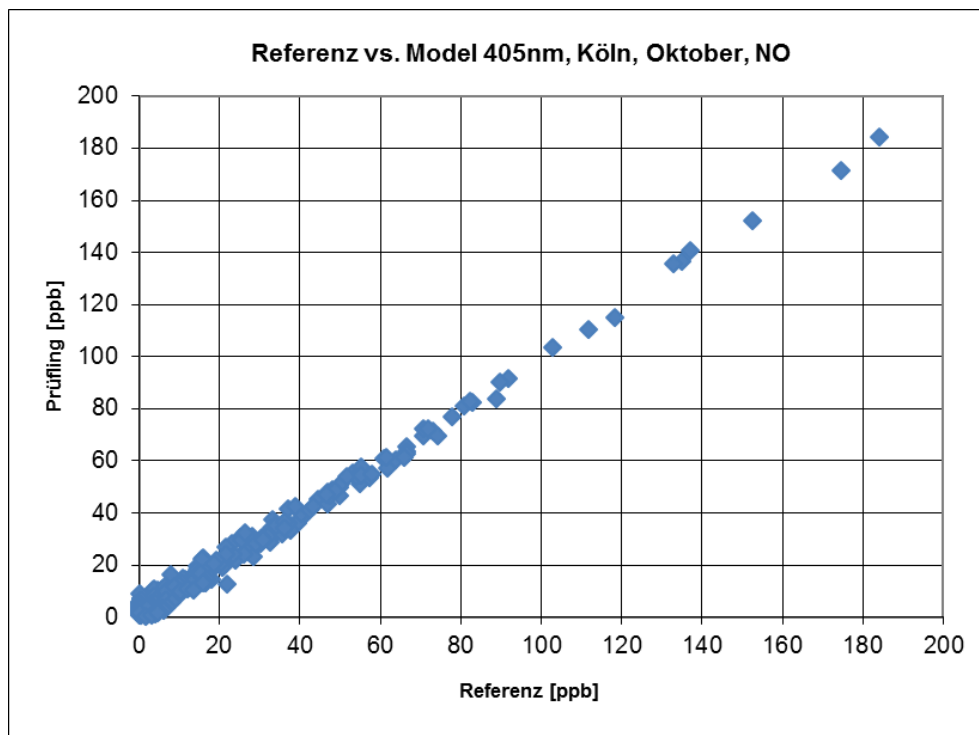


Abbildung 28: Referenz vs. Testgerät, Monat Oktober, Komponente NO

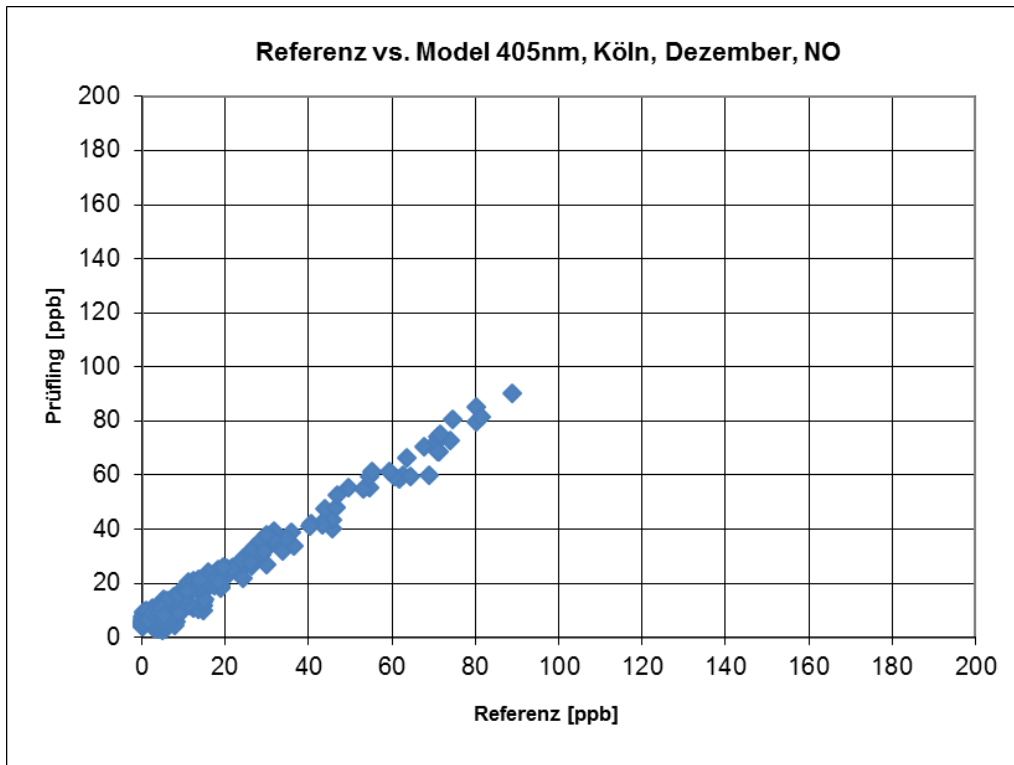


Abbildung 29: Referenz vs. Testgerät, Monat Dezember, Komponente NO

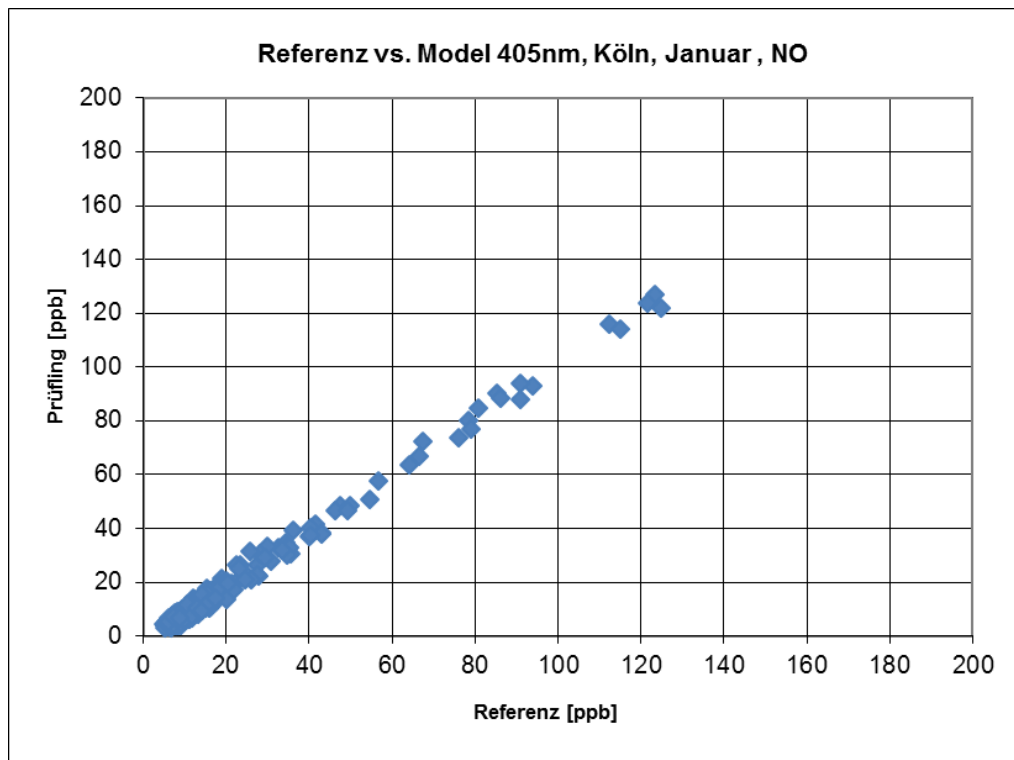


Abbildung 30: Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente NO

Tabelle 91: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat August 2018

August 2018	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.08.2018	27,1	55,7	1013,4
2	02.08.2018	29,2	55,3	1014,9
3	03.08.2018	31,6	44,8	1013,5
4	04.08.2018	30,3	45,6	1011,3
5	05.08.2018	26,1	58,7	1014,4
6	06.08.2018	28,8	44,3	1008,6
7	07.08.2018	31,7	39,2	1001,5
8	08.08.2018	27,1	57,5	1004,0
9	09.08.2018	24,4	65,8	1004,6
10	10.08.2018	22,5	50,5	1014,2
11	11.08.2018	21,1	52,9	1015,3
12	12.08.2018	23,4	49,9	1008,5
13	13.08.2018	20,9	76,7	1000,1
14	14.08.2018	21,6	80,9	1006,8
15	15.08.2018	23,3	67,5	1012,4
16	16.08.2018	25,1	65,0	1009,0
17	17.08.2018	21,6	74,6	1010,4
18	18.08.2018	22,8	59,7	1015,4
19	19.08.2018	24,3	62,3	1014,1
20	20.08.2018	23,5	74,6	1013,0
21	21.08.2018	26,1	63,7	1013,2
22	22.08.2018	26,6	60,9	1009,5
23	23.08.2018	25,4	67,5	1005,8
24	24.08.2018	20,5	63,5	1004,6
25	25.08.2018	16,7	72,3	1004,5
26	26.08.2018	18,2	61,4	1008,5
27	27.08.2018	20,4	66,8	1005,0
28	28.08.2018	21,7	63,6	1011,6
29	29.08.2018	22,1	70,9	1005,6
30	30.08.2018	18,9	74,1	1012,9
31	31.08.2018	18,0	68,4	1015,3

Tabelle 92: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Oktober 2018

Oktober 2018	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.10.2018	12,9	68,8	1010,6
2	02.10.2018	12,2	82,7	1011,1
3	03.10.2018	12,1	92,8	1012,6
4	04.10.2018	14,9	83,6	1017,6
5	05.10.2018	13,4	89,1	1020,3
6	06.10.2018	16,1	77,5	1011,7
7	07.10.2018	19,1	75,3	1001,8
8	08.10.2018	15,0	83,3	1009,4
9	09.10.2018	13,5	81,7	1015,0
10	10.10.2018	16,2	84,1	1014,6
11	11.10.2018	18,8	77,6	1010,0
12	12.10.2018	19,4	75,2	1005,3
13	13.10.2018	21,4	72,2	1011,8
14	14.10.2018	22,1	66,4	1011,7
15	15.10.2018	21,4	62,8	1003,1
16	16.10.2018	20,9	64,0	1005,1
17	17.10.2018	19,2	74,8	1011,0
18	18.10.2018	19,1	76,0	1011,7
19	19.10.2018	16,4	89,1	1015,8
20	20.10.2018	14,0	89,2	1017,8
21	21.10.2018	12,7	83,7	1023,6
22	22.10.2018	11,6	81,9	1022,4
23	23.10.2018	11,4	89,3	1023,9
24	24.10.2018	12,0	84,4	1020,0
25	25.10.2018	15,3	95,4	1016,4
26	26.10.2018	14,3	86,5	1012,4
27	27.10.2018	12,2	83,2	1001,5
28	28.10.2018	8,2	94,3	1000,2
29	29.10.2018	7,2	86,1	1004,9
30	30.10.2018	7,8	90,1	993,6
31	31.10.2018	8,0	95,2	981,2

Tabelle 93: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Dezember 2018

Dezember 2018	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.12.2018	10,5	92,3	1003,0
2	02.12.2018	9,7	91,4	1003,5
3	03.12.2018	13,8	93,5	992,0
4	04.12.2018	14,4	94,5	992,0
5	05.12.2018	8,7	95,1	1010,6
6	06.12.2018	6,8	92,4	1011,5
7	07.12.2018	5,2	91,7	1004,6
8	08.12.2018	5,7	96,2	1008,6
9	09.12.2018	6,9	91,4	1001,1
10	10.12.2018	8,1	88,9	1012,5
11	11.12.2018	6,0	96,6	1014,9
12	12.12.2018	4,9	93,6	1015,8
13	13.12.2018	3,7	83,4	1011,4
14	14.12.2018	3,0	73,7	1013,3
15	15.12.2018	2,1	74,9	1013,7
16	16.12.2018	1,7	96,8	1001,9
17	17.12.2018	6,1	95,4	1009,7
18	18.12.2018	6,1	95,7	1012,5
19	19.12.2018	9,5	86,6	1003,1
20	20.12.2018	9,6	90,3	1003,4
21	21.12.2018	12,6	84,6	996,3
22	22.12.2018	12,1	87,7	1004,8
23	23.12.2018	9,9	98,1	1009,4
24	24.12.2018	6,5	93,6	1020,7
25	25.12.2018	5,0	90,4	1027,9
26	26.12.2018	2,5	94,7	1024,3
27	27.12.2018	3,9	93,5	1018,6
28	28.12.2018	4,0	93,2	1020,9
29	29.12.2018	6,7	97,8	1022,9
30	30.12.2018	9,3	93,3	1014,9
31	31.12.2018	10,4	96,1	1016,0

Tabelle 94: Wetterdaten (Tagesmittelwerte), Monat Januar 2019

Januar 2019	Datum	mittl. Lufttemperatur [°C]	Rel. Luftfeuchte [%]	Luftdruck [hPa]
1	01.01.2019	8,6	96,0	1021,9
2	02.01.2019	5,7	81,8	1026,9
3	03.01.2019	4,7	97,7	1030,6
4	04.01.2019	4,7	96,9	1029,0
5	05.01.2019	7,0	95,0	1022,8
6	06.01.2019	6,7	93,8	1024,9
7	07.01.2019	7,0	92,6	1022,9
8	08.01.2019	7,9	92,6	1007,4
9	09.01.2019	5,5	85,5	1008,4
10	10.01.2019	3,1	92,8	1016,7
11	11.01.2019	5,4	94,2	1015,3
12	12.01.2019	8,0	97,4	1010,0
13	13.01.2019	9,5	99,3	997,2
14	14.01.2019	6,4	95,7	1003,4
15	15.01.2019	7,1	90,1	1010,0
16	16.01.2019	7,6	83,7	1000,9
17	17.01.2019	6,1	92,5	994,7
18	18.01.2019	3,0	92,7	1009,3
19	19.01.2019	1,0	87,7	1006,5
20	20.01.2019	-0,5	87,2	1006,8
21	21.01.2019	-1,5	92,1	1012,9
22	22.01.2019	-1,7	93,6	999,2
23	23.01.2019	0,2	88,7	990,3
24	24.01.2019	-1,0	87,5	1001,5
25	25.01.2019	2,0	91,2	1005,5
26	26.01.2019	8,2	93,0	996,7
27	27.01.2019	7,7	90,5	977,1
28	28.01.2019	4,7	96,0	984,1
29	29.01.2019	4,0	87,3	994,0
30	30.01.2019	1,9	96,2	982,2
31	31.01.2019	0,9	98,5	984,8

Anhang 2 Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Anhang 3 Handbuch



Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Beliehene gemäß § 8 Absatz 1 AkkStelleG i.V.m. § 1 Absatz 1 AkkStelleGBV
Unterzeichnerin der Multilateralen Abkommen
von EA, ILAC und IAF zur gegenseitigen Anerkennung

Akkreditierung



Die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH bestätigt hiermit, dass das Prüflaboratorium

TÜV Rheinland Energy GmbH

mit seinen in der Urkundenanlage aufgeführten Messstellen

die Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 besitzt, Prüfungen in folgenden Bereichen durchzuführen:

Bestimmung (Probenahme und Analytik) von anorganischen und organischen gas- oder partikel-förmigen Luftinhaltsstoffen im Rahmen von Emissions- und Immissionsmessungen; Probenahme von luftgetragenen polyhalogenierten Dibenzo-p-Dioxinen und Dibenzofuranen bei Emissionen und Immissionen; Probenahme von faserförmigen Partikeln bei Emissionen und Immissionen; Ermittlung von gas- oder partikelförmigen Luftinhaltsstoffen mit kontinuierlich arbeitenden Messgeräten; Bestimmung von Geruchsstoffen in Luft; Kalibrierungen und Funktionsprüfungen kontinuierlich arbeitender Messgeräte für Luftinhaltsstoffe einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung; Feuerraummessungen; Eignungsprüfungen von automatisch arbeitenden Emissions- und Immissionsmeseinrichtungen einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung; Ermittlung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen; Ermittlung von Geräuschen und Vibrationen am Arbeitsplatz; akustische und schwingungstechnische Messungen im Eisenbahnwesen; Bestimmung von Schalleistungspegeln von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen nach Richtlinie 2000/14/EG und Konformitätsbewertungsverfahren; Schornsteinhöhenberechnung und Immissionsprognose auf der Grundlage der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft und der Geruchsimmissions-Richtlinie und der VDI 3783 Blatt 13; Windenergieanlagen: Bestimmung von Windpotential, Energieerträgen, Standorterträgen und Standortgüte nach EEG, standortbezogenen Turbulenzcharakteristika und Extremwinde; Schallimmissionsprognosen, Schattenwurfimmissionsberechnung und Sichtbarkeitsbestimmung; Probenahme und mikrobiologische Untersuchungen von Nutzwasser gemäß § 3 Absatz 8 42. BImSchV; physikalische, physikalisch-chemische und mikrobiologische Untersuchungen von Wasser (Abwasser, Wasser aus Rückkühlwerken sowie raumlufttechnischen Anlagen); Probenahme von Abwasser; mikrobiologische und ausgewählte chemische Untersuchungen gemäß Trinkwasserverordnung; Probenahme von Roh- und Trinkwasser; ausgewählte mikrobiologische Untersuchungen von Bedarfsgegenständen und kosmetischen Mitteln; Probenahme anorganischer faserförmiger Partikel sowie von partikel- und gasförmigen luftverunreinigenden Stoffen in der Innenraumluft; ausgewählte mikrobiologische Untersuchungen in Innenräumen; Ermittlung von Aerosolen und Faserstäuben, anorganischen und organischen Gasen und Dämpfen sowie ausgewählten Parametern und/oder in ausgewählten Gebieten bei Arbeitsplatzmessungen gemäß Gefahrstoffverordnung 57, Abs. 10; Modul Immissionsschutz

Die Akkreditierungsurkunde gilt nur in Verbindung mit dem Bescheid vom 02.08.2018 mit der Akkreditierungsnummer D-PL-11120-02-00 und ist gültig bis 10.12.2022. Sie besteht aus diesem Deckblatt, der Rückseite des Deckblatts und der folgenden Anlage mit insgesamt 55 Seiten.

Registrierungsnummer der Urkunde: D-PL-11120-02-00

Berlin, 02.08.2018


Im Auftrag Dipl.-Ing. Andrea Valbuena
Abteilungsleiterin

Siehe Hinweise auf der Rückseite

Abbildung 31: Akkreditierungs-Urkunde nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005

Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH

Standort Berlin
Spittelmarkt 10
10117 Berlin

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

Standort Braunschweig
Bundesallee 100
38116 Braunschweig

Die auszugsweise Veröffentlichung der Akkreditierungsurkunde bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS). Ausgenommen davon ist die separate Weiterverbreitung des Deckblattes durch die umseitig genannte Konformitätsbewertungsstelle in unveränderter Form.

Es darf nicht der Anschein erweckt werden, dass sich die Akkreditierung auch auf Bereiche erstreckt, die über den durch die DAkkS bestätigten Akkreditierungsbereich hinausgehen.

Die Akkreditierung erfolgte gemäß des Gesetzes über die Akkreditierungsstelle (AkkStelleG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2625) sowie der Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten (Abl. L 218 vom 9. Juli 2008, S. 30). 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). Die Unterzeichner dieser Abkommen erkennen ihre Akkreditierungen gegenseitig an.

Der aktuelle Stand der Mitgliedschaft kann folgenden Webseiten entnommen werden:

EA: www.european-accreditation.org

ILAC: www.ilac.org

IAF: www.iaf.nu

Anhang 2

Handbuch

NO₂/NO/NO_x Monitor

2B Technologies



BEDIENUNGSANLEITUNG

Modell 405 nm

© Copyright 2018, 2B Technologies
All rights reserved.

Technische Unterstützung:
<https://twobtech.com/tech-support.html>
techsupport@twobtech.com
+1(303)273-0559

Inhalt

IDENTIFIKATIONSUNTERLAGEN	iv
AUFLAGEN-VORGESCHICHTE	v
GARANTIEERKLÄRUNG UND SICHERHEITFRAGEN	vi
WARNUNGEN	viii
1. NO₂/NO/NO_x MONITOR EINFÜHRUNG	1
1.1 Übersicht.....	1
1.2 Theoretischer Betrieb	2
2. SPEZIFIKATIONEN: MODELL 405 nm NO₂/NO/NO_x MONITOR	4
3. BEDIENUNG	6
3.1. Inhalt des Versandkartons	6
3.2. Bedienung des Monitors	6
3.3. Verbindungen und Setup	7
3.4. Durchfluss-Einstellungen des Monitors vor der Inbetriebnahme	7
3.5. Datenverarbeitung und Datenprotokollierung	8
3.6. Datenerhebung über die analogen Ausgänge	8
3.7. Datenerhebung über die serielle Schnittstelle in Echtzeit	9
3.8. Datenprotokollierung mit der SD-Karte	10
3.9. Messung des Nullpunkt-Versatzes	11
3.10. Adaptiver Filter.....	11
3.11. Zusammenfassung der Betriebsempfehlungen	12
4. DAS BETRIEBSMENÜ	13
4.1. Zugang zum Hauptmenü	13
4.2. Menübaum	14
4.3. Dat Untermenü: Interne Daten-Protokollierung	15
4.3.1. Starten der Internen Daten-Protokollierung.....	15
4.3.2. Beenden der Internen Daten-Protokollierung.....	17
4.3.3. Übermittlung der Internen Daten-Protokollierung	17
4.4. Avg Untermenü: Ermittlung der Durchschnittsdaten	18
4.5. Cfg Untermenü: Instrumenten-Konfiguration	18
4.5.1. Zeit und Datum einstellen.....	18
4.5.2. Kalibrierungsparameter-Übersicht	19
4.5.3. Festlegen der NO ₂ - und NO-Kalibrierungs-Parameter.....	19
4.5.4. Festlegen der Durchflussmesser-Neigung	20
4.5.5. Den Skalierungsfaktor des analogen Ausgangs ändern	21
4.5.6. Die Ausgangs-Baud-Rate ändern	21
4.5.7. Messeinheiten für NO ₂ und NO	21
4.6. Mod-Untermenü: Messmodi	22
4.6.1. NO ₂ -Modus	22
4.6.2. NO ₂ - und NO-Modus	22
4.6.3. NO-Modus	22

5. FERNBEDIENUNG ÜBER SERIELLE VERBINDUNG	23
5.1. Serielles Menü	23
5.2. Status Codes	24
6. WARTUNG	25
7. KALIBRIERUNG	26
7.1. Einführung	26
7.2. Erforderliche Ausrüstung	27
7.3. Setup-Prüfung.....	27
7.4. Kalibrierungsverfahren	27
7.4.1. Instrumentenvorbereitung	27
7.4.2. Messung von Nullluft	28
7.4.3. Messungen von NO ₂ - und NO-Standards	28
7.4.4. Kalibrierungs-Kurve	29
8. PERIODISCHE NULLPUNKT- UND SPAN PUNKT- PRÜFUNG	30
8.1 Nullpunkt-Versatz-Prüfung	30
8.2. Span Punkt-Prüfung	30
9. FEHLERMELDUNGEN	32
9.1. Fehler-Definitionen	32
9.2. LCD-Display-Anzeige für Fehlerbytes	34
9.3. Serielle Datenzeile	34
10. PROBLEMBEHANDLUNG	35
11. BESCHRIFTETE INSTRUMENTENFOTOS	39
12. VERKABELUNG	45
13. ERSATZTEILE	46
14. SERVICE-PROTOKOLL	47
Anhang A: Nutzung der 2B Technologies Display-and-Graphing-Software	49

IDENTIFIKATIONSUNTERLAGEN

Notieren Sie folgende Informationen für die zukünftige Verwendung:

Seriennummer der Einheit: _____

Starttermin der Garantie: _____
(Eingangsdatum)

AUFLAGEN-VORGESCHICHTE

Dieses Handbuch umfasst das Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor™, das zur Messung von atmosphärischem Stickstoffdioxid (NO₂), Stickoxid (NO) und NO_x (NO + NO₂) über einen dynamischen Bereich von wenigen Teilen pro Milliarde des Volumens (hier einfach ppb genannt), bis zu 10 Teilen pro Million des Volumens (ppm) für NO₂ und 2 ppm für NO verwendet wird. Das Modell 405 nm ist als Federal Equivalent Method (FEM = Einheitliche Methode) für NO₂ über eine Reichweite von 0-500 ppb NO₂ für den Betriebstemperatur-Bereich von 20-30°C zugelassen. Neuauflagen dieses Handbuchs sind komplette Revisionen, die Aktualisierungen des Instruments selbst widerspiegeln, sowie Klarstellungen, Ergänzungen und andere Änderungen des Textes.

Revision A	Dezember 2013
Revision B	Februar 2014
Revision C.....	Mai 2015
Revision D.....	Juni 2016
Revision E, Seriennummer 1021-1044.....	Februar 2017
Revision F-1, Seriennummer 1045 und darüber.....	August 2017
Revision F-2, Seriennummer 1045 und darüber.....	November 2017
Revision G-1, Seriennummer 1080 und darüber.....	Mai 2018
Revision G-2, Seriennummer 1080 und darüber.....	September 2018
Revision G-3, G-4, Seriennummer 1080 und darüber.....	Oktober 2018
Revision G-5, Seriennummer 1080 und darüber.....	November 2018

[Zu den Änderungen für die Revision F-1 gehört die Einbindung eines SD-Datenloggers als Standardmerkmal. Die Revision F-2 beinhaltet Aktualisierungen der Leistungs- und Strömungs-Spezifikationen sowie Klarstellungen des Textes in Bezug auf die Auto-Zero-Funktion und Interferenzen. Die Revision G-1 beinhaltet die Aufnahme von Fehlermeldungen im LCD-Bildschirm und den seriellen Datenstrom, die Entfernung der Auto-Zero-Funktion, Aktualisierungen der Schalt- und Spezifikationstabelle, die Neuorganisation der Abschnitte 1 und 3 sowie erweiterte Informationen über Nullung und Druckkontrolle. Rev G-2 enthält eine korrigierte Ersatzteilliste, aktualisierte schematische, aktualisierte Webseiten-Links und aktualisierte Wartungs- und Fehlerbehebungsinformationen. In Rev G-3 wurden die internen Datenlogger-Spezifikationen in Abschnitt 2 und die Wartungstabelle in Abschnitt 6 aktualisiert. In Rev G-4 wurden die Tera-Term-Links aktualisiert und die Beschriftungen der Drähte für den Auswahl-Schalter in Abschnitt 12 korrigiert. Rev G-5 fügte den seit Mai 2018 verfügbaren Abschnitten 2, 4.2 und 4.5 die Baud-Raten-Auswahl hinzu.]

WARENZEICHEN & PATENTE

2B Technologies™, 2B Tech™, 2B™, NO₂/NO/NO_x Monitor™ und Model 405 nm™ sind Warenzeichen von 2B Technologies.

VERTRAULICHKEIT

Die Informationen, die in diesem Handbuch enthalten sind, können vertraulich und urheberrechtlich geschützt sein und sind Eigentum von 2B Technologies. Die hier offenbarten Informationen werden nicht dazu verwendet, die hier offenbarten Waren herzustellen, zu konstruieren oder anderweitig zu reproduzieren. Die dargestellten Informationen dürfen ohne die ausdrückliche schriftliche Zustimmung von 2B Technologies nicht an Dritte weitergegeben oder in irgendeiner Weise veröffentlicht werden.

© Copyright 2001-2018, 2B Technologies
All rights reserved.

GARANTIEERKLÄRUNG UND SICHERHEITSFAGEN

2B Technologies bietet eine Garantie auf Material- und Verarbeitungsfehler seiner Produkte. 2B Technologies wird, nach seiner Wahl, Produkte reparieren oder ersetzen, die sich als fehlerhaft erweisen. Die aufgeführte Garantie ist exklusiv und keine andere Garantie, egal ob schriftlich oder mündlich, wird hiermit ausgedrückt oder impliziert. 2B Technologies lehnt ausdrücklich alle implizierten Garantien für die Marktfähigkeit und Eignung für einen bestimmten Zweck ab.

Gewährleistungsfrist

Die Gewährleistungsfrist beträgt ein (1) Jahr ab dem Eingangsdatum, in keinem Fall jedoch mehr als dreizehn (13) Monate ab dem ursprünglichen Rechnungsdatum von 2B Technologies.

Garantieleistungen

Die Garantieleistungen werden den Kunden per Web-Ticket, E-Mail und Telefonunterstützung, Montag-Freitag von 9:00 bis 5:00 Uhr, Mountain Time USA, angeboten. Die bevorzugte Methode, um uns zu kontaktieren, ist durch unsere Web-Ticket-Software unter:

<https://twobtech.com/tech-support.html>

Auf diese Weise werden alle technischen Mitarbeiter von 2B Tech über Ihr Problem informiert und können darauf reagieren. Wenn Sie eine E-Mail-Antwort erhalten, klicken Sie bitte auf den angegebenen Ticket-Link, um mit uns direkt über das Internet zu kommunizieren. Der Web-Ticket-Ansatz für den Kundenservice ermöglicht es uns, Ihr Problem besser zu verfolgen und sicher zu sein, dass Sie eine zeitnahe Antwort erhalten. Wir von 2B Tech sind stolz auf unseren hervorragenden Kundenservice.

Sie können uns auch unter folgender E-Mail-Adresse: techsupport@twobtech.com oder per Telefon unter +1(303)273-0559 erreichen. In beiden Fällen wird ein Web-Ticket erstellt und die zukünftige Kommunikation mit Ihnen erfolgt über dieses Ticket.

Die erste Unterstützung beinhaltet die Fehlersuche und die Bestimmung der zu transportierenden Teile von 2B Technologies an den Kunden, um das Produkt innerhalb der angegebenen Spezifikationen wieder in Betrieb zu nehmen. Wenn eine solche Unterstützung nicht effizient und effektiv ist, kann das Produkt zur Reparatur oder zum Austausch an 2B Technologies zurückgegeben werden. Vor der Rückgabe des Produktes muss eine Reparatur-Autorisierungsnummer (RA) bei der 2B Technologies Service Abteilung eingeholt werden. Wir stellen Ihnen ein einfaches Reparatur-Autorisierungsformular zur Verfügung, das Sie ausfüllen können, um das Instrument zurückzuschicken.

Lieferung

2B Technologies wird Frachtkosten für Ersatz- oder Reparaturprodukte zahlen, die dem Kunden geliefert werden. Der Kunde zahlt Frachtkosten für alle Produkte, die zu 2B Technologies zurückgeschickt werden.

Bedingungen

Die vorstehende Garantie gilt nicht für Mängel, die sich aus unsachgemäßer oder unzureichender Wartung, Einstellung, Kalibrierung oder Bedienung durch den Kunden ergeben. Wartung, Einstellung, Kalibrierung oder Operation müssen gemäß den Anweisungen in diesem Handbuch erfolgen. Die Verwendung von Wartungsmaterialien, die von anderen Lieferanten als 2B Technologies gekauft wurden, macht diese Garantie zunichte.

Rechtsmittel- und Haftungsbeschränkung

Die hier zur Verfügung gestellten Rechtsmittel sind die alleinigen und ausschließlichen Mittel des Kunden. In keinem Fall haftet 2B Technologies für direkte, indirekte, besondere, zufällige oder Folgeschäden (einschließlich Gewinneinbußen), unabhängig davon, ob dieses sich aus einem Vertrag, einer unerlaubten Handlung oder einer anderen Rechtslehre ergibt. Dieses Handbuch wird zum Zeitpunkt der Veröffentlichung als zutreffend angesehen und es wird keine Verantwortung für eventuelle Fehler übernommen. In keinem Fall haftet 2B Technologies für zufällige oder Folgeschäden im Zusammenhang mit oder aus der Verwendung dieses Handbuchs und seiner damit verbundenen Materialien. Die Garantie gilt nur für das Land, das auf dem Angebot oder der Rechnung von 2B Technologies angegeben ist.

Sicherheitswarnung

Der Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor wurde zur Verwendung eines internen Ozongenerators (O₃) zur Oxidierung von NO zu NO₂ entwickelt. Ozon ist ein giftiges Gas und sollte vorsichtig behandelt werden. Unter normalen Betriebsbedingungen wird das Instrument ~ 6 ppm O₃ in der Luft produzieren. Das Instrument ist mit einem internen Ozon-Gaswäscher ausgestattet, um Ozon zu entfernen, bevor die Probe belüftet wird. Obwohl der Wäscher katalytisch ist, hat er eine begrenzte Lebensdauer und sollte mindestens alle 12 Monate ausgetauscht werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, den Auslass des Instruments zum Schutz vor ungewaschenem O₃ ordentlich zu lüften. Der Auslass sollte nicht in der Nähe des Einlasses von NO_x- oder Ozon-Monitoren entlüftet werden, um falsche Messungen zu vermeiden.

Der NIOSH-Expositionsgrenzwert für Ozon liegt bei 0,1 ppm oder 100 ppb (8-Stundenzeitgewichteter Durchschnitt).


WARNUNGEN

ENGLISH

**WARNING:**

Any operation requiring access to the inside of the equipment, could result in injury. To avoid potentially dangerous shock, disconnect from power supply before opening the equipment.

WARNING:

This symbol,  on the instrument indicates that the user should refer to the manual for operating instructions.

WARNING:


If this instrument is used in a manner not specified by 2B Technologies, USA, the protection provided by the instrument may be impaired.

ESPAÑOL

**ATENCIÓN:**

Cualquier operación que requiera acceso al interior del equipo, puede causar una lesión. Para evitar peligros potenciales, desconectarlo de la alimentación a Rot antes de abrir el equipo.

ATENCIÓN:

Este símbolo,  en el instrumento indica que el usuario debería referirse al manual para instrucciones de funcionamiento.

ATENCIÓN:


Si este instrumento se usa de una forma no especificada por 2B Technologies, USA, puede desactivarse la protección suministrada por el instrumento.

FRANÇAIS

**ATTENTION:**

Chaque opération à l'intérieur de l'appareil, peut causer du préjudice. Afin d'éviter un choc qui pourrait être dangereux, déconnectez l'appareil du réseau avant de l'ouvrir.

ATTENTION:

Le symbole,  indique que l'utilisateur doit consulter le manuel d'instructions.

ATTENTION:


Si l'instrument n'est pas utilisé suivant les instructions de 2B Technologies, USA, les dispositions de sécurité de l'appareil ne sont plus valables.

DEUTSCH

**WARNHINWEIS:**

Vor dem Öffnen des Gerätes Netzstecker ziehen!

WARNHINWEIS:

Dieses,  auf dem Gerät weist darauf hin, daß der Anwender zuerst das entsprechende Kapitel in der Bedienungsanleitung lesen sollte.

WARNHINWEIS:


Wenn das Gerät nicht wie durch die Firma 2B Technologies, USA, vorgeschrieben und im Handbuch beschrieben betrieben wird, können die im Gerät eingebauten Schutzvorrichtungen beeinträchtigt werden.

ITALIANO

**ATTENZIONE:**

Qualsiasi intervento debba essere effettuato sullo strumento può essere potenzialmente pericoloso a causa della corrente elettrica. Il cavo di alimentazione deve essere staccato dallo strumento prima della sua apertura.

ATTENZIONE:

Il simbolo,  sullo strumento avverte l'utilizzatore di consultare il Manuale di Istruzioni alla sezione specifica.

ATTENZIONE:


Se questo strumento viene utilizzato in maniera non conforme alle specifiche di 2B Technologies, USA, le protezioni di cui esso è dotato potrebbero essere alterate.

DUTCH

**OPGELET:**

Iedere handeling binnenin het toestel kan beschadiging veroorzaken. Om iedere mogelijk gevaarlijke shock te vermijden moet de aansluiting met het net verbroken worden, vóór het openen van het toestel.

OPGELET:

Het symbool,  geeft aan dat de gebruiker de instructies in de handleiding moet raadplegen.

OPGELET:


Indien het toestel niet gebruikt wordt volgens de richtlijnen van 2B Technologies, USA gelden de veiligheidsvoorzieningen niet meer.

CHINESE

**警告:**

任何需要接触设备内部的操作均可能造成人身伤害。为避免可能的触电危险，请在打开设备前切断电源。

警告:

这个符号  在仪器上表示用户应参考说明书上的操作指南。

警告:


如果仪器没有按照美国2B科技公司指定方式操作，仪器的保护性能会减弱。

JAPANESE

**警告:**

機器の内部で操作する時、怪我できます。危険な衝撃を回避するために、機器を開ける前に、電源を切断してください。

警告:

機器でこの記号  を見れば、マニュアルを読んでください。

警告:

この機器は2Bテクノロジー会社、USAの指定でなければ、機器の保護が損なえます。

1. **NO₂/NO/NO_x MONITOR EINFÜHRUNG**

1.1 Übersicht

Der 2B Technologies Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor™ ist so konzipiert, dass atmosphärisches Stickstoffdioxid (NO₂), Stickoxid (NO) und NO_x (NO + NO₂) über einen dynamischen Bereich von wenigen Teilen pro Milliarde des Volumens (hier genannt ppb), bis zu 10 Teilen pro Million des Volumens (ppm) für NO₂ und 2 ppm für NO, basierend auf der Aufnahme von sichtbarem Licht bei 405 Nanometern (nm), genau gemessen werden kann. Das Modell 405 nm ist als Federal Equivalent Method (FEM = Einheitliche Methode) für NO₂ über eine Reichweite von 0-500 ppb NO₂ für den Betriebstemperaturbereich von 20-30°C zugelassen. ([EQNA-0217-243](#)).

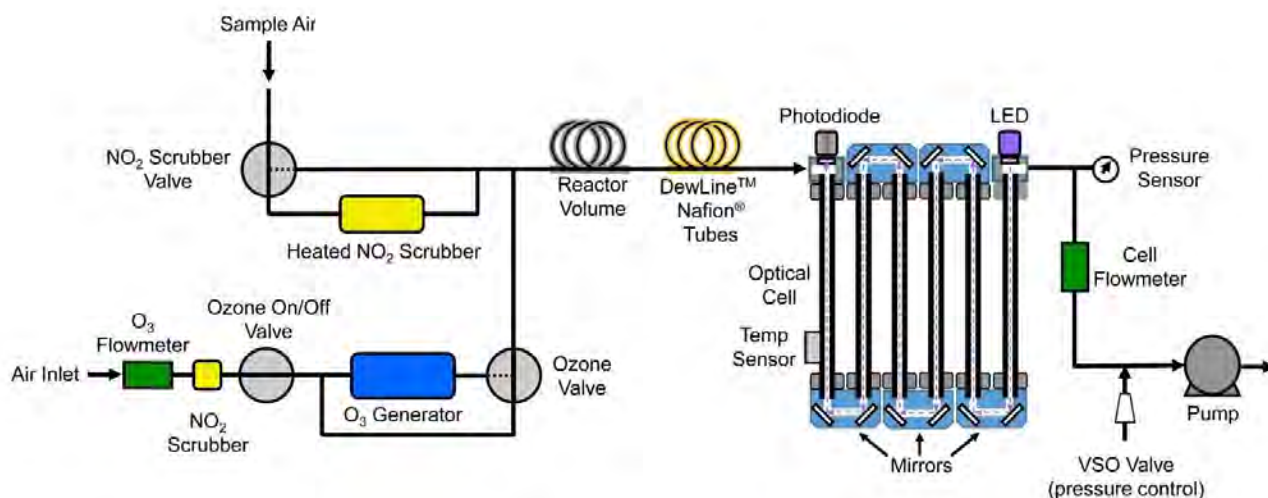
Das Modell 405 nm bietet eine absolute Methode zur Messung von NO₂ auf Basis des Beer-Lambert-Gesetzes und erfordert daher nur eine seltene Kalibrierung. Die NO₂-Messung erfolgt analog zur Messung von O₃ mit einem konventionellen auf Absorption basierendem Ozonmonitor; die beiden Hauptunterschiede sind die Verwendung von 405 nm Licht für NO₂ anstelle von 254 nm Licht für O₃ und eine deutlich längere Weglänge von ca. 2 Metern (vs. 15-30 cm für Ozon), um den viel geringeren Absorptionsquerschnitt von NO₂ auszugleichen. Die lange Weglänge wird durch den Einsatz einer Zelle mit einem Röhrendesign erreicht, die für ein geringes Volumen und einen schnellen Gasaustausch sorgt.

Stickoxid wird gemessen, indem die Lichtintensitäten mit und ohne Ozon-Zugabe zur Oxidierung von NO zu NO₂ gemessen werden. Wie im Folgenden näher beschrieben, ergibt sich eine "halbdirekte" Messung von NO, da die NO-Konzentration direkt ausgegeben wird und nicht auf der Subtraktion der NO₂-Konzentration von einer Gesamt-NO_x-Konzentration beruht. Stattdessen wird die NO_x-Konzentration als Summe der Messungen von NO₂ und NO berechnet.

Der NO₂/NO/NO_x Monitor ist mit einer nachvollziehbaren NIST-Kalibrierung versehen. Da die Erkennung auf der absoluten Absorptionsmethode basiert, ist eine häufige Kalibrierung der Spannweite (Empfindlichkeit) nicht erforderlich.

1.2 Theoretischer Betrieb

Figur 1.1 ist ein vereinfachtes schematisches Diagramm des Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitors.



Figur 1.1. Schematisches Diagramm des Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitors.

Die Probenluft wird durch die Pumpe kontinuierlich mit einer Durchflussrate von ~ 1,5 L/min durch das Instrument gepumpt. Das NO₂-Wäscher-Ventil pumpt die Probenluft abwechselnd durch eine Umleitung oder einen beheizten NO₂-Wäscher, um alles NO₂ in der Probe zu entfernen. Die NO₂-gewaschene oder ungewaschene Luft durchläuft das Reaktorvolumen und die DewLine™ Nafion® Röhren (zum Ausgleich der Luftfeuchtigkeit), durch die optische Zelle und durch den Zellen-Durchflussmesser. Die alternative Umschaltung des NO₂-Wäscher-Ventils alle 5 Sekunden ermöglicht die Messung einer Lichtintensität in der Abwesenheit (I_o) von NO₂ und der Anwesenheit (I) von NO₂. Das Beer-Lambert-Gesetz wird dann dazu verwendet, die Konzentration von NO₂ von I und I_o zu berechnen:

$$[NO_2] = \frac{1}{L\sigma} \ln\left(\frac{I_o}{I}\right)$$

Hier ist L die Weglänge (~ 2,1 m) und es ist der Absorptionsquerschnitt (~ $6,06 \times 10^{-19}$ cm² Molek⁻¹) für NO₂, der über die Leuchtdioden (LED)-Emission auf 405 nm zentriert ist. Die Messung bietet eine absolute NO₂-Konzentration in Moleküle/cm³. Um diese Konzentration in ein Mischungsverhältnis umzuwandeln (Bruchteil der gesamten Luftmoleküle, die NO₂ sind), messen wir auch die Zelltemperatur und den Druck, der die Gesamtkonzentration der Luftmoleküle bestimmt. Von der Temperatur und dem Druck ausgehend verwenden wir das ideale Gasgesetz, um die Konzentration von Luftmolekülen, M , in der optischen Zelle zu berechnen. Stickstoffdioxid in ppb-Einheiten wird dann durch die folgende Formel berechnet:

$$[NO_2]_{ppb} = 10^9 \frac{[NO_2]}{[Air]} = 10^9 \frac{RT}{N_A P L \sigma} \ln\left(\frac{I_o}{I}\right)$$

wobei N_A die Zahl von Avogadro ($6,02214129 \times 10^{23}$ molec/mol), R die Gaskonstante ($82,05746 \text{ cm}^3 \text{ atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), T die absolute Temperatur in K und P der Zelldruck in der Atmosphäre ist.

Stickoxid wird gemessen, indem der NO_2 -Wäscher umgangen wird und die Lichtintensität gemessen wird, während man Ozon hinzufügt (I) oder nicht hinzufügt (I_o), um NO zu NO_2 entsprechend der bekannten Reaktion zu konvertieren.:



Wie bei allen unseren Instrumenten wird auch bei den Messungen I und I_o eine DewLine™ Nafion® Leitung eingesetzt, um die Luftfeuchtigkeit auszugleichen, sodass jegliche Wasserdampfstörung durch Brechungseffekte auf die Lichtübertragung durch die optische Zelle beseitigt wird. Aufgrund der Voraussetzungen des Instruments sind die Reaktionen des zugesetzten Ozons mit anderen Arten als NO unbedeutend.

NO_x wird durch Addieren der Messungen von NO_2 und NO gewonnen. Das Instrument kann in einem kontinuierlichen NO_2 - oder NO-Modus oder in einem Modus, in dem NO_2 und NO abwechselnd alle 5 Sekunden gemessen werden, betrieben werden.

Wie oben angesprochen, wird der Druck und die Temperatur innerhalb der Absorptionszelle so gemessen, dass die NO_2 -Konzentration als Mischungsverhältnis in Teilen pro Milliarde des Volumens (ppb) ausgedrückt werden kann. Das Gerät zeigt und zeichnet neben dem NO_2 -Mischverhältnis auch die Zelltemperatur und den Druck auf. Der Zelldruck wird in Einheiten von mbar und die Zelltemperatur in Einheiten von °C dargestellt und protokolliert.

Grundsätzlich ist für die Messung von NO_2 durch Absorption bei 405 nm keine externe Kalibrierung erforderlich; es ist eine absolute Methode. Allerdings können Faktoren wie die Variabilität der LED-Spitzen-Emissionswellenlänge und -bandbreite sowie die Nicht-Linearität der Fotodiode und die Verstärker-Ansprechzeit zu einem kleinen Messfehler führen. Daher ist jedes Instrument auf die nachvollziehbaren NIST-Standards von NO und NO_2 abgestimmt. Diese Ergebnisse werden verwendet, um das Modell 405 nm in Bezug auf eine Versatz-/Steigungskorrektur (Gewinn oder Empfindlichkeit) zu kalibrieren. Die Versatz-/Steigungskorrektur wird im Instrumenten-Geburtszertifikat und auf einem Kalibrierungsaufkleber aufgezeichnet, der sich unter der oberen Abdeckung des Instruments befindet. Diese Kalibrierungsparameter werden vor dem Versand in den Mikroprozessorspeicher eingegeben. Der Benutzer kann die Versatz-/Steigungs-Kalibrierungsparameter vom Bedienfeld an der Vorderseite aus ändern, indem er dies im Menü auswählt. Es wird empfohlen, das Instrument mindestens einmal jährlich und vorzugsweise auch häufiger neu zu kalibrieren. Der Versatz kann sich aufgrund von Temperaturänderungen oder chemischer Verunreinigung der Absorptionszelle innerhalb von Stunden oder Tagen verändern. Wie unten beschrieben, wird empfohlen, das Instrument während des Gebrauchs regelmäßig auf Null zu setzen, für die meisten Anwendungen in der Regel zumindest einmal täglich.

Ein spannungsempfindliches Öffnungsventil (voltage sensitive orifice = VSO) wird verwendet, um den Druck in den Nachweiszellen während der I und I_o -Messungen

auszugleichen. Dadurch entfällt eine potenziell große Fehlerquelle, die sich aus der Druckwirkung auf die Lichtübertragung durch die optische Bank ergibt. Wir beschreiben dies ausführlicher in einem Papier, das in *Atmospheric Measurement Techniques* veröffentlicht wurde und hier verlinkt ist:

https://twobtech.com/Model_405_AMT_paper.pdf

2. SPEZIFIKATIONEN: MODELL 405 nm NO₂/NO/NO_x MONITOR

Prinzip der Messung	Direkte Absorption von NO ₂ bei 405 nm
Federal Equivalent Method (FEM = Einheitliche Methode)	Ja, für NO ₂ (0-500 ppb, 20-30°C), EQNA-0217-243
Messmodus	Nur NO ₂ ; Nur NO; NO, NO ₂ und NO _x
Linearer dynamischer Bereich	0-10 ppm für NO ₂ ; 0-2 ppm für NO (für den Betriebstemperaturbereich von 20-30°C zugelassen)
Auflösung	0,1 ppb
Präzision (1σ rms noise)	< 0,5 ppb oder 0.5% des Ableseergebnisses (mit adaptivem Filter ¹)
Genauigkeit	Höherer Wert von 2 ppb oder 2% des Ableseergebnisses
Nachweisgrenze (2σ)	< 1 ppb (mit adaptivem Filter ¹)
Durchflussrate (nominal)	1,5 Liter/min
Durchflussbedarf	Minimum: 1,4 Liter/min; Maximum: 1,6 Liter/min
Reaktionszeit, 100% Umschalt-Rate	10 sek für 5-Sekunden- Mittelwertbildung 20 sek mit adaptivem Filter ¹
Messfrequenz	0.2 Hz (alle 5 Sekunden)
Intervalle der Mittelwertbildung	5 sek, 1 min, 5 min, 1 hr
Speicherkapazität des Loggers (SD-Karte)	Minimum 2 GB (> 2 Jahre Kapazität für 5-Sekunden-Messmodus)
Interne Datenlogger-Kapazität	8,192 Linien (5-Sek-Mittelwert = 0,47 Tage; 1-Min-Mittelwert = 5,7 Tage; 5-Min-Mittelwert = 1 Monat; 1-Stunden-Mittelwert = 0,94 Jahre)
Konzentrationseinheiten	ppb, pphm, ppm
Druckeinheit	mbar
Temperatureinheit	°C

T und P Korrigiert	Ja
Betriebstemperatur-Bereich	10 bis 50°C (bei 20-30°C zugelassen für NO ₂) (DIN EN 14211 geprüft 0 – 30 °C)
Energiebedarf; 5-amp 110/220 VAC Power Pack (zur Verfügung gestellt) oder Batterie	11-14 V dc oder 120/240 V ac, 1,4 A bei 12 V, 17 Watt Max: 2,9 A bei 12 V, 35 Watt (Aufwärmphase)
Größe	Rackmount: 43 x 37 x 14 cm
Gewicht	8,4 kg
Datenausgabe	RS232, 0-2.5 V Analogausgänge für NO und für NO ₂
Datenübertragungs-Baud- Rate	2400, 4800, 19200
Leistungsbereiche	Benutzerdefinierter Skalierungsfaktor im Menü
DewLine™	Ja
Pumpe mit langer Lebensdauer	Ja, 15,000 Stunden
Durchflussmesser	JA
Optionen	Bluetooth für die drahtlose Datenübertragung; USB-Ausgang (an Stelle von RS232)

¹Ein adaptiver Filter kann aus dem seriellen Menü ausgewählt werden, wodurch die Signalmittelhöhe ähnlich wie bei konkurrierenden NO_x-Monitore ist. Die oben genannten Spezifikationen sind für Standardparameter: grundlegende Veränderungen = 40 ppb, prozentuale Veränderung = 10%, kurze Filterzeiten = 4 pts (20 s), lange Filterzeiten = 36 pts (3 min). Adaptive Filterparameter können vom Anwender angepasst werden. Siehe Abschnitt 3.10 und Abschnitt 5 dieses Handbuchs.

3. BEDIENUNG

Bitte lesen Sie alle folgenden Informationen, bevor Sie versuchen, den Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor zu installieren. Für Unterstützung rufen Sie bitte 2B Technologies an unter (303)273-0559.

HINWEIS:

Bewahren Sie den Versandkarton und die Verpackungsmaterialien, die mit dem Monitor geliefert wurden, auf. Wenn der NO₂/NO/NO_x Monitor an die Fabrik zurückgeschickt werden muss, packen Sie ihn in den Originalkarton. Reparaturen infolge von Schäden, die während des Transports entstanden sind, werden in Rechnung gestellt.

3.1. Inhalt des Versandkartons

Öffnen Sie den Karton und überprüfen Sie, ob er alle Artikel auf der Lieferliste enthält. Sollte etwas fehlen oder offensichtlich beschädigt sein, kontaktieren Sie umgehend 2B Technologies.

3.2. Bedienung des Monitors

Um den NO₂/NO/NO_x Monitor zu bedienen, verbinden Sie ihn mit einer externen Stromquelle und schalten das Gerät mit dem Schalter am Bedienfeld an der Vorderseite ein. Das Gerät benötigt eine 12-V-Gleichstromquelle, die durch das mitgelieferte 110-220-V-Netzteil oder eine externe Batterie geschaffen werden kann. Die Stromquelle sollte bei 12 V (35 Watt) mindestens 2,9 Ampere Strom liefern können. Die Quelle kann im Bereich 11-14 V DC liegen, ohne dass sich dies nachteilig auf die Messung auswirkt. Beachten Sie, dass das Gerät nicht über einen USB-Anschluss an einen Computer angeschlossen werden kann, da die Mindestanforderungen an die Stromversorgung mit dieser Methode nicht erreicht werden können. (Die Verbindung zum Computer darf nur für die Datenübertragung verwendet werden; siehe Abschnitt 3.7.)

Die Installation des NO₂/NO/NO_x Monitors muss in einem gesicherten Bereich erfolgen, um das Messgerät vor einer unbeabsichtigten oder unbefugten Verstellung der Betriebsparameter zu schützen.

Nach dem Einschalten wird das Instrument einen Startbildschirm mit der Versionsnummer der auf dem Mikroprozessor installierten Firmware und einer Anzeige der Uhrzeit und des Datums anzeigen. Als Nächstes beginnt das Instrument einen Aufwärmmodus, während dessen es die Ziel-Temperatur des Wäschers von 110°C und die aktuelle Wäscher-Temperatur anzeigt. 10-20 Minuten nach dem Start erreicht der Wäscher die Zieltemperatur und das Instrument beginnt mit den Messungen. Das Instrument zeigt kurz einen Statusbildschirm an, der den Zustand der Protokollierung anzeigt (entweder die protokollierte Zahl, "OFF" oder "FULL") und beginnt dann mit der Anzeige von Messungen der für die Messung ausgewählten Spezies (NO₂; NO; Oder

NO₂ und NO) zusammen mit den Werten der Zelldurchflussrate (CF), der Ozondurchflussrate (O3F), der Temperatur (T) und des Drucks (P) der Absorptionszelle. Der Bildschirm zeigt abwechselnd das Status-Protokoll (geloggte Nummer, OFF oder FULL), die Uhrzeit und das Datum an. Die ersten Messwerte können falsch sein (eine Error-Byte-Nachricht erscheint; siehe Abschnitt 9). Gültige Messwerte beginnen mit dem Verschwinden dieser Nachricht.

3.3. Verbindungen und Setup

1. Schließen Sie die Proben-Einlassleitung an der Proben-Einlassöffnung an (siehe Abschnitt 11, Abbildung 11.6). Der Druck des Probengases am an der Proben-Einlassöffnung sollte dem Umgebungsdruck entsprechen und konstant sein. Die Einlassleitung sollte aus PTFE (Teflon[®]), PFA oder einem anderen inerten Material bestehen, das NO₂ oder NO nicht zerstört und keine Weichmacher oder andere organische Stoffe, die den Strömungsweg verunreinigen können, desorbiert. Die Schlauchlänge sollte so kurz wie möglich gehalten werden, um den Verlust von NO_x an der Innenfläche zu minimieren und die Reaktion von NO mit Umgebungsoson zu minimieren. Tygon[®], Polypropylen (das wie Teflon[®] aussehen kann) und Metallrohre sollten nicht verwendet werden. Mit Teflon[®] ausgekleidete Tygon[®]-Schläuche, die auch im Inneren des Instruments verwendet werden, bieten die Flexibilität von Tygon[®] mit der Trägheit von Teflon[®] und werden empfohlen. Ein mitgelieferter Teflon[®]-Einlassfilter ist erforderlich, um eine interne Verunreinigung der Schläuche und der Optikzelle durch Feinstaub zu verhindern. Wir empfehlen einen 47 mm PTFE (Polytetrafluoroethylen) - Membranfilter mit 5-Mikron-Porengröße. Außerdem können Partikel eine positive Beeinträchtigung der Messung darstellen, indem sie Licht aus der LED-Quelle absorbieren und streuen. Der Filter sollte auf NO₂ und NO-Verlust getestet werden, indem Umgebungs-NO₂ und -NO mit und ohne den Filter gemessen werden. Ersatzfilter sind über 2B Technologies erhältlich. Sehen Sie dazu unsere Website: <https://twobtech.com/parts-online.html>.

2. Entlüften Sie die Abluftöffnung in atmosphärischem Druck und ausserhalb des Raumes. Der Monitor verfügt über eine interne Reinigung, die Ozon (produziert, um NO zu NO₂ zu oxidieren) und NO₂ aus der Probe zu entfernen, bevor diese das Instrument durch die Abluftöffnung verlässt. Es wird jedoch empfohlen, die Pumpen-Abluft in einen gut belüfteten Bereich außerhalb des Raumes zu führen, falls ein Wäscher ausfallen sollte.

3.4. Durchfluss-Einstellungen des Monitors vor der Inbetriebnahme

Das Modell 405 nm verfügt über zwei eigenständige Ströme, die vor dem Betrieb des Instruments überprüft und angepasst werden müssen. Die beiden unabhängig voneinander anzupassenden Volumenströme sind:

Zell-Durchflussrate (1400-1600 cm³/min): Die Zell-Durchflussrate von Probengas und Ozon/Luft durch das Reaktorvolumen und die optische Zelle.

Ozon-Durchflussrate (60-80 cm³/min): Die Strömungsgeschwindigkeit von Ozon/Luft, die in den Probenstrom gemischt wird.

Diese Strömungsgeschwindigkeiten werden in den oben genannten Bereichen im Werk angepasst. Aufgrund von Höhen- und damit Druckveränderungen müssen die beiden Strömungsgeschwindigkeiten jedoch vom Anwender überprüft und angepasst werden, um sie gegebenenfalls innerhalb der angegebenen Bereiche zu halten. Dafür folgen Sie bitte den Durchflussraten auf dem LCD-Bildschirm (Abschnitt 4.3.1) oder der seriellen Schnittstelle (siehe Abschnitt 3.7). Der Zell-Durchfluss, der als CF angezeigt wird, sollte im Bereich 1400-1600 cm³/min liegen. Dieser Durchfluss kann durch das Nadelventil auf der Rückseite mit der Aufschrift "Cell Flow" eingestellt werden. Der Ozon-Durchfluss, der als O3F angezeigt wird, sollte im Bereich 60-80 cm³/min liegen. Der Ozon-Durchfluss kann durch das Nadelventil auf der Rückseite mit der Aufschrift "O3 Flow" eingestellt werden. Sobald diese Ströme überprüft und angepasst sind, sollten sie nicht mehr angepasst werden, es sei denn, der Standort des Instruments ändert sich in der Höhe.

Nach der Einstellung des Durchflusses sollte das Gerät, vor dem fortfahren, ein- und ausgeschaltet werden.

3.5. Datenverarbeitung und Datenprotokollierung

Wenn das Gerät zum ersten Mal eingeschaltet ist, beginnt es mit Messungen im 5-Sekunden-Takt (es sei denn, zuvor wurde eine andere Durchschnittszeit gewählt; siehe Abschnitt 4.4). Intern generierte Daten können im internen Datenlogger aufgezeichnet werden. Bis zu 8.192 Datenzeilen, die die Protokoll-Nummer, NO₂, NO, NO_x, NO_{2_zero}, NO _ zero, Zell-Temperatur, Zell-Druck, Zell-Volumenstrom, Ozon-Volumenstrom, Proben-Fotodioden-Spannung, O₃-Generator-Fotodioden-Spannung, aufgeheizte Wäscher-Temperatur, Datum, Uhrzeit und Status enthalten, können im internen Speicher gesichert werden. Durchschnittsintervalle von 5 sek, 1 min, 5 min und 1 Stunde können aus dem Menü ausgewählt werden (Abschnitt 4.4), sodass das Instrument 1,4 Tage, 5,7 Tage, 1 Monat oder 0,94 Jahre arbeiten kann, bevor der Speicher voll ist.

3.6. Datenerhebung über die analogen Ausgänge

Die Daten können in Echtzeit mit einem Datenlogger erhoben werden, der an den BNC-Analogausgängen angebracht ist. Es gibt zwei analoge Ausgänge: Einen für NO₂ und einen für NO. Der Bereich jedes analogen Ausgangs beträgt 0-2,5 V, und der gleiche vom Benutzer gewählte Skalierungsfaktor wird auf beide Ausgänge angewendet. Die Ausgabe wird nach einer Empfindlichkeit skaliert, die Sie im Menü definieren. Zum Beispiel können Sie 2.5V = 250 ppb definieren. In diesem Fall beträgt die maximale Leistung 250 ppb und 10 mV entspricht 1 ppb. Es gibt einen kleinen positiven Versatz, typischerweise 2 mV im analogen Ausgang, aber dieser Versatz variiert von Instrument zu Instrument. Der Versatz kann gemessen werden, indem gleichzeitig die Bildschirmanzeige beobachtet und der analoge Ausgang mit einem Voltmeter gemessen wird.

3.7. Datenerhebung über die serielle Schnittstelle in Echtzeit

Um Daten in Echtzeit über die serielle Schnittstelle an einen Computer zu übertragen, verbinden Sie das Gerät mit dem mitgelieferten 9-Pin-Kabel (und bei Bedarf mit einem seriell-zu-USB-Adapterkabel) an den Computer. Beachten Sie, dass es sich bei dem zur Verfügung gestellten Kabel um ein serielle Buchsen-Buchsen-Durchgangskabel handelt. Ein Cross-Over-Kabel würde nicht funktionieren. Starten Sie Ihre Datenerfassungssoftware, vorzugsweise mit der 2B Technologies Display-and-Graphing-Software (kostenloser Download https://twobtech.com/docs/docs_software.htm; siehe Anhang A für Informationen über die Arbeit mit dieser Software). Andere Terminalemulations-Software wie HyperTerminal (ein Programm, das mit früheren Windows-Versionen zur Verfügung gestellt wird) oder [Tera Term](#) können ebenfalls verwendet werden. Achten Sie darauf, dass die Baudrate Ihrer Datenerfassungssoftware mit der Baudrate Ihres Instruments übereinstimmt. Beachten Sie, dass die Baudrate des Instruments 2400 beträgt.

Die Mischungsverhältnisse von NO₂, NO und NO_x (ppb, pphm, ppm), die interne Zelltemperatur (°C), der Zelldruck (mbar), der Volumenstrom (cc/min), das Datum und die Zeit werden als kommagetrennter ASCII-Text an die serielle Schnittstelle (2400 Baud; 8 Bit; keine Parität; 1 Stopp-Bit), abhängig von der im Mikroprozessor-Menü gewählten Durchschnittszeit, alle 5 Sekunden, 1 Minute, 5 Minuten oder 1 Stunde gesendet. Die Zeit wird im 24-Stunden-Format und das Datum wird im europäischen Stil angegeben (Tag/Monat/Jahr). Der Anwender sollte die Instrumenteneinstellungen für die jeweiligen Einheiten (NO₂/NO/NO_x) und die Durchschnittszeit separat notieren.

Eine typische Datenzeile könnte lauten:

67.4,44.2,111.6,30.3,980.6,1576,76.2,1.2743,1.0151,110.2,00,12/07/17,18:31:27,80

was folgendes bedeutet:

NO₂ = 67,4 ppb

NO = 44,2 ppb

NO_x = 111,6 ppb

Zelltemperatur = 30,3°C

Zelldruck = 980,6 mbar

Zell-Volumenstrom = 1576 cc/min

O₃-Volumenstrom = 76,2 cc/min

Proben-Fotodioden-Spannung = 1,2743 volts

O₃-Generator-Fotodioden-Spannung = 1,0151 volts

Aufgeheizte Wäscher-Temperatur = 110,2°C

Error Byte = 00 (*Kein Fehler; Siehe Abschnitt 9 für Fehlercodes*)

Datum = 12.July 2017

Zeit = 18:31:27

Status = 80 (*Messung von NO₂ und NO*) (*siehe Abschnitt 5 für Statuscodes*)

Wenn der NO_x-Monitor auf den Protokolldaten-Modus eingestellt wurde, wird der seriellen Ausgangs-Datenzeile die Protokollnummer vorausgestellt, wie z.B.:

289,67.4,44.2,111.6,30.3,980.6,1576,76.2,1.2743,1.0151,110.2,00,12/07/17,18:31:27,80

wobei 289 die Protokoll-Nummer ist.

Zusätzlich zu den Datenleitungen werden Nachrichten an die serielle Schnittstelle gesendet, wenn die Protokollierung begonnen oder beendet wird, wenn die Übertragung von Daten aus dem Logger begonnen und beendet wird, wenn die Datenerhebung unterbrochen wird (z.B. wegen eines Stromausfalls) und wenn die Durchschnittszeit geändert wird. In Abschnitt 5 dieses Handbuchs wird das serielle Menü beschrieben und wie man darauf zugreifen kann.

3.8. Datenprotokollierung mit der SD-Karte

2B Technologies bietet ein SD-Kartenlogger mit dem Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor, sowie eine SD-Karte und einen SD-Kartenleser. Beim Einsetzen in das Instrument (unten rechts auf der Vorderseite des Monitors) beginnt die SD-Karte automatisch, Daten zu sammeln und zu speichern. (Der interne Datenlogger, der in Abschnitt 3.5 beschrieben wird, wird auch Daten protokollieren, wenn die Protokollierung aus dem Untermenü **Dat** ausgewählt wurde.) Die Daten werden im folgenden Format in eine .txt-Datei gespeichert:

```
67.4,44.2,111.6,30.3,980.6,1576,76.2,1.2743,1.0151,110.2,00,12/07/17,18:31:27,80
```

was folgendes bedeutet:

NO₂ = 67,4 ppb

NO = 44,2 ppb

NO_x = 111,6 ppb

Zelltemperatur = 30,3°C

Zelldruck = 980,6 mbar

Zell-Volumenstrom= 1576 cc/min

O₃-Volumenstrom = 76,2 cc/min

Proben-Fotodioden-Spannung = 1,2743 volts

O₃-Generator-Fotodioden-Spannung = 1,0151 volts

Aufgeheizte Wäscher-Temperatur = 110,2°C

Error Byte = 00 (*Kein Fehler; Siehe Abschnitt 9 für Fehlercodes*)

Datum = 12.July 2017

Zeit = 18:31:27

Status = 80 (*Messung von NO₂ und NO*) (*siehe Abschnitt 5 für Statuscodes*)

Wenn der NO_x-Monitor auf den Protokolldaten-Modus eingestellt wurde, wird der seriellen Ausgangs-Datenzeile die Protokollnummer vorausgestellt, wie z.B.:

```
289,67.4,44.2,111.6,30.3,980.6,1576,76.2,1.2743,1.0151,110.2,00,12/07/17,18:31:27,80
```

wobei 289 die Protokoll-Nummer ist.

Dateien auf der SD-Karte heißen "LOG01.txt," "LOG02.txt" usw. Beachten Sie, dass die SD-Karte eine LOGCON.txt-Datei enthält, die nicht geändert oder gelöscht werden sollte.

Die Datenprotokollierung auf der SD-Karte wird so lange fortgesetzt, bis das Gerät abgeschaltet ist. Jedes Mal, wenn das Instrument eingeschaltet wird, wird eine neue Datei gestartet. (Bitte beachten Sie die Warnung unten.)

Um die SD-Karte auszuwerfen, drücken Sie diese in die Öffnung, um den Federmechanismus zu aktivieren. Legen Sie die SD-Karte in einen SD-Kartenleser (von 2B Technologies mit dem Instrument geliefert), um die Daten auf Ihren Computer herunterzuladen. (Bitte beachten Sie die Warnung unten.)

Wichtig: Beim Entfernen der SD-Karte oder beim Abschalten des Instruments könnten bis zu 5 Datenzeilen verloren gehen. (Beachten Sie, dass, wenn der interne Datenlogger aktiviert war, alle verlorenen Zeilen aus der internen Datei abgerufen werden können.)

Der Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor ist mit SD und SDHC-Speicherkarten kompatibel. Wir empfehlen die Verwendung der SD-Karten, die auf der Website von 2B Technologies verfügbar sind (<https://twobtech.com/parts-online.html>). Vor dem ersten Gebrauch müssen SD-Karten auf FAT32 formatiert werden. Wie bereits erwähnt, werden eine SD-Karte und ein SD-Kartenleser mit dem Modell 405 nm Monitor geliefert. Weitere Informationen über die Protokollierung und das Lesen von Daten über die SD-Karte finden Sie in der [Technischen Anmerkung 036](#).

3.9. Messung des Nullpunkt-Versatzes

Die elektronischen Nullpunkte für NO₂ und NO können in regelmäßigen Abständen gemessen werden, indem entweder NO_x-freie Luft (typischerweise Nullluft) zur Verfügung gestellt wird oder ein NO_x-Wäscher für einen Zeitraum von 5-10 Minuten an den Lufteinlass geklemmt wird. In Abschnitt 8 werden verfahrenstechnische Empfehlungen für die ordnungsgemäße Messung des instrumentalen Nullpunkt-Versatzes gegeben. Der beobachtete Versatz, der sich auf wenige ppb belaufen kann, kann entweder durch die Änderung des Nullpunkt-Kalibrierungsparameters auf dem Bedienfeld, wie in Abschnitt 4.5.2 unten beschrieben, oder durch die Korrektur der Daten zu einem späteren Zeitpunkt eingestellt werden. Bei kontinuierlichen Messungen empfiehlt es sich, den Nullpunkt-Versatz mindestens einmal täglich zu überprüfen. Weitere Informationen finden Sie in Abschnitt 8.

3.10. Adaptiver Filter

Die Firmware des Modell 405 nm verarbeitet Probenkonzentrationsdaten über einen eingebauten adaptiven Filter. Während des Betriebs kann die Firmware je nach den jeweiligen Bedingungen automatisch zwischen zwei verschiedenen Filterlängen wechseln. Bei der Messung stabiler Konzentrationen berechnet die Firmware standardmäßig einen Durchschnitt der letzten 36 Rohmessungen oder 3 Minuten der Messungen. Dies sorgt für stabile Messungen, indem eine erhebliche Menge an Zufalls-Messungen ausgeglichen werden. Erkennt der Filter schnelle Konzentrationsänderungen, reduziert er die Mittelung auf nur 4 Proben oder 20 Sekunden, um dem Analysator eine schnellere Reaktion zu ermöglichen. Um auf kurze Filterzeiten zu wechseln, müssen zwei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein. Zunächst muss sich die momentane Konzentration vom Durchschnitt der langen Filterzeiten um mindestens 40 ppb unterscheiden. Zweitens muss sich die momentane Konzentration

vom Durchschnitt der langen Filterzeiten um mindestens 10% des Durchschnitts in langen Filterzeiten unterscheiden. Die langen und kurzen Filterzeiten können ebenso verändert werden wie die minimale Abweichung und die prozentuale Abweichung. Dies kann über die serielle Verbindung, wie im Abschnitt 5 dieses Handbuchs beschrieben, geschehen. Um den adaptiven Filter zu deaktivieren, stellen Sie die kurze Filterlänge auf 1, die Differenz auf 0 und die Prozentzahl auf 0.

3.11. Zusammenfassung der Betriebsempfehlungen

Die folgende Tabelle fasst die in diesem Handbuch genannten Betriebsempfehlungen zusammen.

Betriebsempfehlung	Häufigkeit	Abschnitt
Messung und Anpassung der Zell-Durchflussrate und der Ozon-Durchflussrate vor der Inbetriebnahme des Systems (Neustart des Instruments nach Anpassung der Durchflussraten)	Immer wenn sich der Standort des Instruments in der Höhe ändert	3.4
Planen Sie ~ 20 Minuten für das Aufwärmen des Instruments	Bei jedem Anhalten	3.2
Einlassleitungen sollten aus inerten Materialien wie PTFE, PFA, FED, PVDF (verwenden Sie keine Tygon®, Polypropylen oder Metallrohre)	Bei jeder Verwendung	3.3
Verwenden Sie einen Teflon oder PVDF-Einlassfilter; Testen Sie ihn auf NO ₂ - und NO-Verlust	Bei jeder Verwendung	3.3
Entlüften Sie die Abluftöffnung in atmosphärischem Druck und außerhalb des Raumes	Bei jeder Verwendung	3.3; ebenfalls auf Seite vii
Überprüfen Sie die Span Punkt und den Nullpunkt-Versatz	Regelmäßig. Für die meisten Anwendungen sollte der Nullpunkt-Versatz täglich überprüft werden	8
Führen Sie eine Mehrpunkt-Kalibrierung durch	<ul style="list-style-type: none"> • Jährlich • Nach jeder größerer Demontage der Komponenten • Jedes Mal, wenn die Nullpunkt-Versatz- oder Span Punkt-Überprüfungen Ergebnisse außerhalb der akzeptablen Grenzwerte liefern 	4.5.2; 7
Wenn starke Temperaturschwankungen zu erwarten sind, legen Sie das Instrument in eine wärmegeämmte Box	Nach Bedarf	2
Verwenden Sie den adaptiven Filter, um die Präzision zu verbessern, wenn schnell wechselnde NO/NO ₂ -Konzentrationen auftreten oder erwartet werden	Nach Bedarf	3.10; 5

4. DAS BETRIEBSMENÜ

4.1. Zugang zum Hauptmenü

Das Menü wird über den Auswahl-Schalter auf der Vorderseite des Instruments aufgerufen:



Um das Menü zu erreichen, drücken Sie den Schalter (für bis zu mehrere Sekunden), bis das Display **Menu** anzeigt. Dann den Schalter loslassen. Das Display wird nun anzeigen:

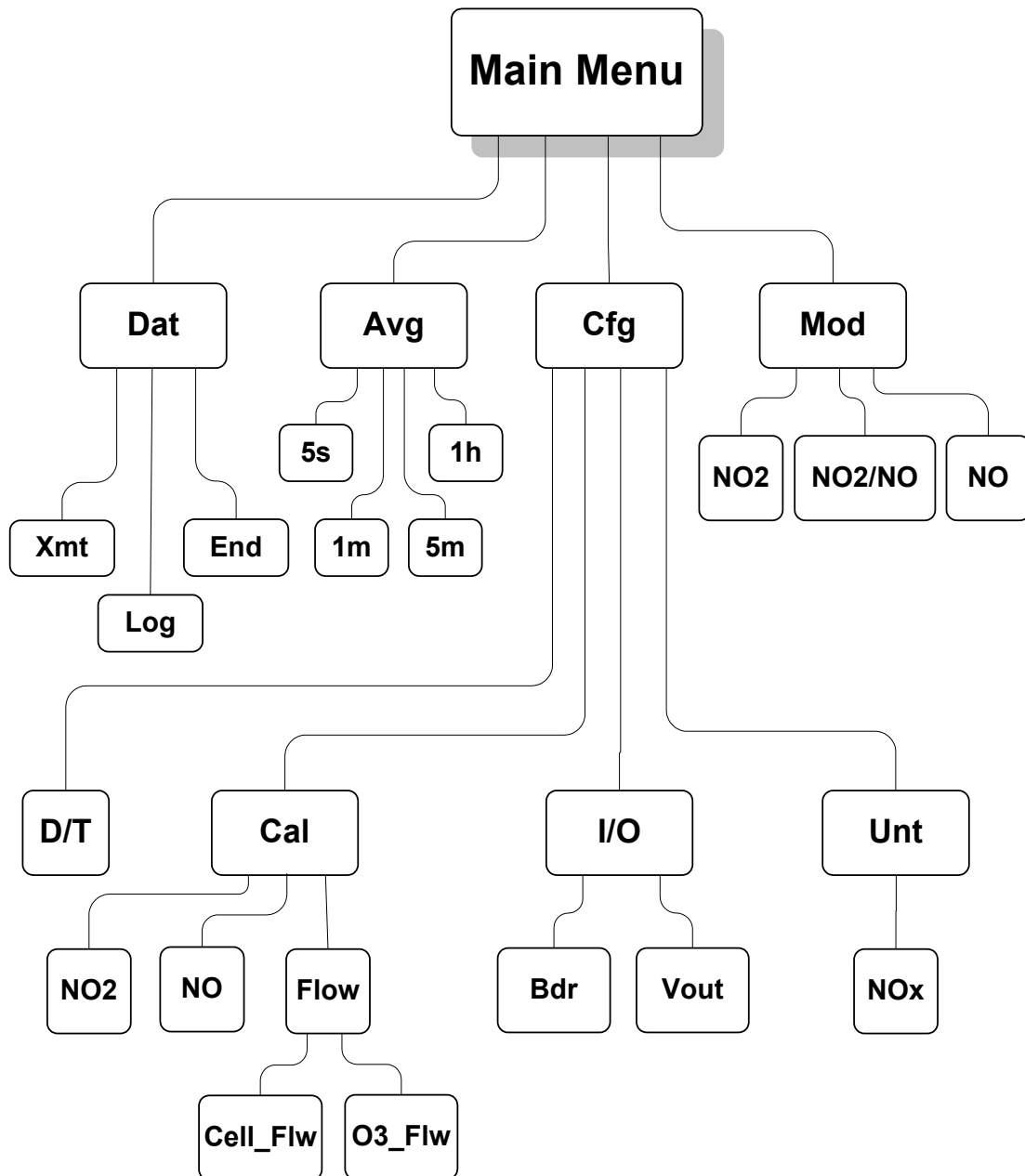
Menu
Dat Avg Cfg Mod ←

wobei **Dat**, **Avg**, **Cfg**, und **Mod** Untermenüs darstellen, die ausgewählt werden können. Ein blinkender Cursor wird über dem **D** des **Dat**-Untermenüs angezeigt. Der Auswahl-Schalter kann im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden, um den Cursor unter dem ersten Buchstaben eines der anderen Untermenüs zu bewegen. Um ein bestimmtes Untermenü auszuwählen, bewegen Sie den Cursor unter dem ersten Buchstaben des Untermenüs und klicken Sie auf den Auswahl-Schalter. Um das Hauptmenü zu verlassen und wieder mit Messungen zu beginnen, wählen Sie den linken Pfeil (←). Beachten Sie, dass "←" Sie immer eine Ebene im Menü weiter bringt.

Im Folgenden finden Sie ein Diagramm der Menüstruktur und detaillierte Erläuterungen zu den einzelnen Untermenüs.

4.2. Menübaum

Das folgende Diagramm fasst das komplette Menü zusammen.



4.3. Dat Untermenü: Interne Daten-Protokollierung

4.3.1. Starten der Internen Daten-Protokollierung

Wählen Sie mit dem Auswahl-Schalter das Untermenü **Dat** im Hauptmenü. Die Anzeige wird jetzt angezeigt:

Data Menu
Xmt Log End ←

Um die Daten-Protokollierung zu starten, drehen Sie den Auswahlschalter, um den Cursor auf **Log** zu bewegen, und klicken Sie darauf, um den Protokollierungsmodus auszuwählen. Sie werden dann gefragt, ob Sie die im Logger gespeicherten Daten überschreiben möchten:

**This will overwrite
all existing data.
Are you sure?
No Yes ←**

**Dies wird überschrieben
alle vorhandenen Daten.
Bist du sicher?
Nein Ja ←**

Wenn Sie Ja wählen und mit der Protokollierung beginnen, gehen alle zuvor im Logger gespeicherten Daten unwiederbringlich verloren. Wenn Sie Daten im Logger haben, die Sie behalten möchten, laden Sie diese unbedingt herunter, bevor Sie die Protokollierung erneut starten.

Wenn Sie mit der Protokollierung beginnen möchten, wählen Sie **Ja** aus, indem Sie den Cursor unter **Ja** bewegen und darauf klicken. Bei jeder dieser Auswahl kehren Sie zum **Dat-Menü** zurück. Um die Datenerfassung zu starten, wählen Sie **←** und klicken Sie darauf, um zum **Hauptmenü** zurückzukehren, und wählen Sie **←**, um die Messungen zu starten.

Wenn die Messung fortgesetzt wird, wird möglicherweise diese Anzeige erscheinen:

NO2= 34.8 ppb

LOG=193:0 Tsc=112
14:49 04/07/2017

wobei **NO2** (oder **NO**) die aktuellste Messung dieser Spezies ist, **LOG** die aktuelle Erfassungs-Nummer (in diesem Fall 193) anzeigt, **Tsc** die Temperatur (Celsius) des NO₂-Wäschers zeigt, die Zeit der Messung 14:49 Uhr und das Datum der 4. Juli 2017 ist. Die „0“ in „193: 0“ bezieht sich auf die Anzahl der bisher gemessenen 5-Sek-Datenpunkte, die in den nächsten Durchschnittswert aufgenommen und protokolliert werden sollen (in diesem Fall wird „0“ angezeigt, da keine Mittelung ausgewählt wurde). Nach 5 Sekunden wird die Anzeige beispielsweise durch diese ersetzt:

NO2= 33.7 ppb

CF=1525 O3F=75
T=35.2 P=985.7

wobei **NO₂** (oder **NO**) den zuletzt im Logger erfassten Wert, **CF** die Zell-Durchflussrate, **O₃F** die Ozon-Durchflussrate (wenn **NO** gemessen wird), **T** die Temperatur in Celsius und **P** den Zelldruck in Millibar darstellt.

Wenn die Durchschnittswert-Bildung ausgewählt wurde (siehe Abschnitt 4.4 unten), wird die erste Anzeige oben wie folgt ersetzt:

AvgNO₂= 56.7 ppb

LOG= 193:4 **Tsc=111**
14:49 **04/07/2017**

193 bezieht sich wiederum auf die letzte Protokollnummer. Die „4“ in 193: 4 bezieht sich auf die Anzahl der bisher gemessenen 5-Sek-Datenpunkte, die für den nächsten Durchschnittswert aufgenommen, angezeigt und protokolliert werden. Wenn die Mittelwertbildung nach 5 Sekunden verwendet wird, ist diese Zahl immer 0. Bei einer Mittelwertbildung von 1 Minute wird diese Zahl von 0 auf 11 erhöht und für eine 5-minütige Mittelwertbildung erhöht sich die Anzahl von 0 auf 59; bei der Mittelwertbildung für eine Stunde wird der Wert von 0 auf 719 angehoben. Diese Zahl wird angezeigt, damit der Benutzer weiß, wie viele weitere 5-Sekunden-Messungen durchgeführt werden müssen, bevor ein neuer Durchschnitt angezeigt und protokolliert wird.

Beachten Sie, dass das Aufrufen des Menüs das laufende Durchschnittsintervall unterbricht. Das Durchschnittsintervall beginnt erneut, wenn das Menü verlassen und die Messung fortgesetzt wird.

Wenn in der Mitte der unteren Zeile der LCD-Anzeige ein "E:" gefolgt von einem 2-stelligen Code erscheint, ist ein Fehler aufgetreten, und ein oder mehrere Geräteparameter liegen außerhalb des zulässigen Bereichs (z.B. Wäschertemperatur, Zell-Durchflussrate, Zellspannung usw.). In Abschnitt 9 finden Sie eine detaillierte Liste der Fehlercodes und ihrer Bedeutung.

Bei einem Stromausfall, während sich das Gerät im Protokollierungsmodus befindet, wird die Protokollierung nach der Wiederherstellung der Stromversorgung fortgesetzt. Der Hinweis

Data Interrupt

wird vor dem Schreiben der ersten neuen Datenzeile in den Logger geschrieben. Bei einem Stromausfall kann eine Datenzeile verloren gehen, da der Mikroprozessor in Gruppen von zwei Zeilen in den Speicher des Loggers schreibt. Alle Daten, die sich nur im flüchtigen Speicher des Mikroprozessors befinden, gehen bei einer Stromunterbrechung verloren.

Das Gerät kann mehrere Datenunterbrechungen aufgrund von Stromausfällen verarbeiten. Beispielsweise kann man das Instrument absichtlich ausschalten, an einen anderen Ort stellen und die Protokollierung erneut starten, indem das Instrument einfach wieder eingeschaltet wird.

4.3.2. Beenden der Internen Daten-Protokollierung

Halten Sie den Auswahlschalter gedrückt, um das **Menü** aufzurufen. Gehen Sie zum Untermenü **Dat**, indem Sie auf **Dat** klicken. Wählen Sie und klicken Sie auf die Funktion **End**. Dadurch wird die Daten-Protokollierung beendet. Sie können die Daten jetzt an einen Computer übertragen, indem Sie auf **Xmt** klicken (siehe unten). Sie können aber auch zum **Menü** zurückkehren und die Messungen wieder aufnehmen, indem Sie auf ← klicken. Die gespeicherten Daten befinden sich im Speicher (auch wenn neue Messungen durchgeführt werden) und können mit der **Xmt**-Funktion beliebig oft übertragen werden. Alle gespeicherten Daten gehen jedoch verloren, sobald die Protokollierung mit der **Log**-Funktion wieder gestartet wird. Daher sollten Sie Ihre Daten immer an einen Computer übermitteln, bevor Sie die Protokollierung neu starten.

Wenn Sie die Protokollierung vor der Übertragung der Daten mit der **Xmt**-Funktion nicht **beenden**, führt das Instrument automatisch die **End**-Funktion für Sie aus, bevor Sie die Daten übertragen.

4.3.3. Übermittlung der Internen Daten-Protokollierung

Verbinden Sie die serielle Schnittstelle des Instruments mit der seriellen Schnittstelle Ihres Computers durch das mitgelieferte Kabel. Wenn Ihr Computer keine serielle Schnittstelle besitzt, können Sie den USB-Port des Computers mit einem seriellen USB-Adapter nutzen. Solche Adapter gibt es in den meisten Computergeschäften oder können von 2B Tech geliefert werden. Aktivieren Sie ein Datenerfassungsprogramm auf dem Computer, wie die 2B Technologies Display-und-Graphing-Software (kostenloser Download auf der Webseite 2B Technologies unter) https://twobtech.com/docs/docs_software.htm), das Microsoft HyperTerminal (verfügbar auf früheren Windows-Plattformen, in der Regel in Start/AllPrograms/Accessories/Communications/HyperTerminal) oder Tera Term, das auf dieser Webseite gefunden werden kann:

<https://twobtech.com/teraterm-4.100.exe>

Beachten Sie, dass ein Nachteil von HyperTerminal seine 500-Zeilen-Puffergrenze ist. Allerdings können alle Programme verwendet werden, um eine unbegrenzte Anzahl von Datenzeilen in einer Datei auf Ihrem Computer zu protokollieren. Weitere Informationen finden Sie in unserem Tech-Hinweis #007 hier:

https://twobtech.com/docs/tech_notes/TN007.pdf

Halten Sie den Auswahl-Schalter gedrückt, um in das **Hauptmenü** zu gelangen. Gehen Sie zum Untermenü **Dat**, indem Sie auf **Dat** klicken. Als nächstes klicken Sie auf **Xmt**. Die Nachricht "Logged Data" wird an die serielle Schnittstelle geschrieben, gefolgt von einem Zeilenumbruch und allen Zeilen der protokollierten Daten. Nachdem alle Daten übertragen wurden, werden die Meldung "End Logged Data" und ein Zeilenumbruch geschrieben. Nachdem die Übertragung abgeschlossen ist, können Sie an jede beliebige Stelle im Menü zurückkehren oder die NO₂-Messungen wieder aufnehmen. Die protokollierten Daten stehen bis zum Start eines neuen Datenprotokolls weiterhin für die Übertragung zur Verfügung.

4.4. Avg Untermenü: Ermittlung der Durchschnittsdaten

Halten Sie den Auswahl-Schalter gedrückt, um in das **Menü** zu gelangen. Wählen und klicken Sie auf **Avg**, um das **Avg**-Menü zu öffnen:

Avg Menu
5s 1m 5m 1h ←

Verwenden Sie einzelne Klicks, um den Cursor auf **5s**, **1m**, **5m** oder **1h** zu bewegen und wählen Sie die Mittelungszeit, die Sie verwenden möchten durch klicken. Um zum Hauptmenü zurückzukehren, klicken Sie auf ←. Um das Hauptmenü zu verlassen und mit der Ermittlung von Daten zu beginnen, klicken Sie erneut auf ←.

Während des Durchschnittsermittlungs-Modus wird die aktuelle 5-Sek-Messung abwechselnd mit dem Durchschnittswert, wie oben in Abschnitt 4.3 besprochen, angezeigt. Beachten Sie, dass das Öffnen des Menüs das laufende Durchschnittsintervall unterbricht und die Messung beim Schließen des Menüs wieder aufgenommen wird.

Durchschnittsdaten können protokolliert werden, wodurch sich der Verwendungszeitraum des Datenloggers erheblich verlängert.

4.5. Cfg Untermenü: Instrumenten-Konfiguration

Mehrere verschiedene Parameter, darunter Datum/Zeit, Kalibrierung und Ein-/Ausgänge, können über das Konfigurations- oder Cfg-Untermenü aufgerufen und eingestellt werden.

4.5.1. Zeit und Datum einstellen

Wählen Sie im **Menü** das **Cfg**-Untermenü aus. Als Nächstes wählen Sie das Untermenü **D/T**. Die Anzeige liest sich zum Beispiel:

Set Date and Time

14:32:21 ←
17/07/2017

was bedeutet, dass es 21 Sekunden nach 14:32 Uhr am 17. Juli 2017 ist. Um eine Zahl in Datum oder Uhrzeit zu ändern, drehen Sie den Auswahl-Schalter, um die Zahl zu unterstreichen, die Sie ändern möchten. Ein Klick führt dann dazu, dass ein blinkender Cursor diese Zahl abdeckt. Die Zahl kann nun durch Drehen des Auswahl-Schalters geändert werden. Wenn die Zahl richtig angezeigt wird, klicken Sie auf den Auswahl-Schalter, um den blinkenden Cursor auszuschalten. Sie können nun den Auswahl-Schalter drehen, um eine andere Zahl zu wählen, um sie zu ändern. Sobald die Uhrzeit und das Datum stimmen, wird die interne Uhr durch das Klicken auf ← auf diese Uhrzeit gesetzt und die Anzeige an das **Cfg**-Menü zurückgegeben. Wie beim Stellen einer digitalen Uhr sollten die Sekunden vor der realen Zeit eingestellt werden, da die Uhr erst wieder läuft, wenn die eingestellte Zeit freigegeben wird; In diesem Fall, indem Sie auf ← klicken.

4.5.2. Kalibrierungsparameter-Übersicht

Alle Kalibrierungsparameter können über das **Cfg/Cal**-Untermenü abgerufen werden. Die Parameter für die Neigungs- und Versatz-Kalibrierung können für NO₂, NO, die Zelle-Durchflussrate, Ozon-Durchflussrate und die interne Ozonquelle eingestellt werden. Kalibrierungen werden bei 2B Technologies durchgeführt und diese Kalibrierungsparameter werden vor der Verpackung und dem Versand des Instruments gesetzt. Durchflussraten und Durchflussmesser-Kalibrierungen sollten nicht geändert werden, es sei denn, bestimmte Teile des Instruments werden ersetzt, was normalerweise von Technikern in der Fabrik durchgeführt wird. Der Anwender sollte die Durchflussraten überprüfen und anpassen, wenn das Instrument in eine andere Höhe bewegt wird (siehe Abschnitt 3.4). Sie können die NO₂ und NO-Kalibrierungsparameter auf der Grundlage Ihrer eigenen Kalibrierungen ändern.

4.5.3. Festlegen der NO₂- und NO-Kalibrierungs-Parameter

Das Instrument wird in der Fabrik kalibriert, wobei die Neigungs- und Versatz-Parameter für NO₂ und NO in den Speicher des Instruments eingegeben werden. Diese voreingestellten Kalibrierungsparameter werden im Geburtszertifikat des Instruments angegeben und auf dem Kalibrierungsaufkleber aufgezeichnet, der sich unter der oberen Abdeckung befindet. Die Kalibrierungsparameter können jedoch vom Benutzer geändert werden. Zum Beispiel kann es wünschenswert sein, einen positiven Versatz (z.B. 10 ppb) zu erstellen, wenn der analoge Ausgang für die externe Datenprotokollierung verwendet wird, da der analoge Ausgang nicht unter Null ppb liegen sollte. Aufgrund von Störfaktoren und/oder einem inhärenten Versatz werden einige Messwerte bei sehr niedrigen NO₂ oder NO-Mischungsverhältnissen unter Null liegen. (Bei der Messung der NO₂ oder NO-Konzentration sollte es eine gleiche Anzahl von negativen und positiven Werten geben, wenn das Instrument auf den Nullpunkt gesetzt wird.) Es ist auch möglich, dass der Nullpunkt im Laufe der Zeit um ein paar ppb abdriftet. Aus diesem Grund wird eine häufige Nullpunkt-Bestimmung des Instruments empfohlen. Für die meisten Anwendungen reicht es, dies ein- bis zweimal täglich, für eine Dauer von mindestens 5 Minuten, zu tun. Jede Änderung der Neigung (Zunahme) des Instruments ist wahrscheinlich auf ein ernstes Problem wie Verunreinigung, Luftverlust, die Behinderung des Luftstroms, oder einen kontaminierten NO₂- oder NO_x- Wäscher zurückzuführen, was aber auch korrigiert werden kann. Sobald der Nullpunkt des Instruments korrigiert ist, kann die Neigung so eingestellt werden, dass die Auslesung des Instruments mit einer Standard-NO₂- oder NO-Quelle oder mit dem Auslesen eines anderen Instruments übereinstimmt, dessen Kalibrierung als korrekt gilt.

Um die Neigungs- und die Nullpunkt-Versatz-Kalibrierungsparameter anzupassen, greifen Sie zuerst auf das **Cal**-Menü aus dem **Cfg**-Menü zu. Es gibt drei Untermenüs:

Cal Menu

NO₂ NO Flow ←

Um die NO₂- oder NO-Kalibrierungsparameter zu ändern, wählen Sie **NO₂** oder **NO** aus dem **Cal**-Menü. Jetzt können Sie entweder **Slope** oder **Zero** wählen, um den Neigungsfaktor oder den Nullpunkt-Versatz anzupassen. Zum Beispiel wird für NO₂ das Untermenü wie folgt angezeigt:

NO2 Cal Menu

Slope Zero ←

Nach der Auswahl der Neigung können Sie die Empfindlichkeit auf drei Dezimalstellen einstellen.

NO2 Slope Cal

Slope = 1.011 ←

Um eine Ziffer in der Neigung oder im Versatz zu ändern, drehen Sie den Auswahl-Schalter, um die Zahl zu unterstreichen, die Sie ändern möchten. Ein Klick führt dann dazu, dass ein blinkender Cursor diese Zahl abdeckt. Die Zahl kann dann durch Drehen des Auswahl-Schalters geändert werden. Wenn die Zahl richtig ist, klicken Sie auf den Auswahl-Schalter, um den blinkenden Cursor auszuschalten. Sie können nun den Auswahl-Schalter drehen, um eine andere Zahl zu wählen und sie zu ändern. Sobald die Neigung richtig ist, wird ein Klick auf ← die Steigung auf diesen Wert setzen und das Display wieder in das **NO2 Cal Menu** zurücksetzen.

Die Auswahl **Zero** aus dem Menü bringt Sie hier:

NO2 Zero Cal

Zero = -002.5 ←

Hier ist Zero der angewendete Versatz (in diesem Fall -2,5 ppb). Der Null-Wert kann auf die gleiche Weise wie der Neigungs-Wert bearbeitet werden. Sowohl für NO als auch für NO₂ muss der Null-Wert in ppb-Einheiten eingegeben werden. Wenn die Kalibrierung in anderen Einheiten durchgeführt wurde, konvertieren Sie diese in ppb und geben Sie diesen Wert ein.

Der Nullwert wird zu dem gemessenen NO₂ oder NO-Wert addiert, und der Wert der Neigung wird dann mit dem gemessenen Wert multipliziert. Wenn das Instrument zum Beispiel im Durchschnitt 3,2 ppb mit einem externen Wäscher liest, sollte der Wert von Z auf -003,2 gesetzt werden. Wenn das Instrument nach der Korrektur für die Null konstant 2,3% zu niedrig anzeigt, sollte der Wert der Neigung auf 1,023 gesetzt werden.

4.5.4. Festlegen der Durchflussmesser-Neigung

Zwei verschiedene Strömungsmessungen sind entscheidend für die Leistung des Instruments: Die eine ist die Zell-Durchflussrate und die andere ist die Ozon-Durchflussrate. ÄNDERN SIE DIESE EINSTELLUNGEN NICHT, es sei denn, Sie kontaktieren 2B Technologies. Um die Kalibrierungsparameter des Durchflussmessers (Empfindlichkeit) zu ändern, greifen Sie auf das Untermenü **Cfg / Cal / Flow** zu:

Flow Cal Menu

Cell_Flw O3_Flw ←

Bei der Auswahl des Untermenüs Cell_Flw können Sie den Neigungs-Kalibrierungsparameter für die Zellflussrate ändern:

CFlow Cal Menu

CF = 1.03 ←

Sie können diesen Multiplikativ-Kalibrierungsparameter ändern, indem Sie die erste Zahl auswählen und dann den Auswahl-Schalter drehen, um auf den gewünschten Dezimalwert zu gelangen und diesen festsetzen. Um die Parameter für die Kalibrierung des Ozon-Durchflusses zu ändern, wählen Sie **O3_Flw** aus. Passen Sie die Einstellung mit der gleichen Methode ein wie für die Zell-Durchflussrate.

4.5.5. Den Skalierungsfaktor des analogen Ausgangs ändern

Analoge Ausgänge proportional zu NO₂ und NO Konzentrationen werden über BNC-Anschlüsse an der Rückseite des Instruments für diejenigen, die NO₂- und NO-Konzentrationsdaten mit einem Linienschreiber oder externen Logger aufnehmen wollen, bereitgestellt. Die maximale Ausgangsspannung jedes analogen Ausgangs beträgt 2,5 V, und der gleiche Skalierungsfaktor wird auf beide analogen Ausgänge angewendet. Im **Cfg**-Untermenü wählen Sie **I/O**, um zum Beispiel in das Ein-/Ausgabemenü zu gelangen:

I/O Menu
Bdr Vout ←

Im Untermenü **Cfg/I/O** zeigt die Wahl von **Vout** das Untermenü:

Analog Output
1V = 00200 ppb ←

In diesem Beispiel wird der Skalierungsfaktor als 1,0 Volt = 200 ppb gesetzt. Da die maximale Ausgangsspannung 2,5 V beträgt, beträgt die maximale Ausgangskonzentration in diesem Fall 500 ppb, und 1 ppb wird eine Leistung von 5 mV liefern. Mit dem Auswahl-Schalter können Sie den Skalierungsfaktor auf den Wert Ihrer Wahl ändern, indem Sie die einzelnen Ziffern im Skalierungsfaktor auswählen und ändern. Ein Klick auf ← bringt die Anzeige in das **I/O**-Menü zurück.

4.5.6 Die Ausgangs-Baud-Rate ändern

Im **Cfg**-Untermenü wählen Sie **I/O**, um zum Beispiel in das Ein-/Ausgabemenü zu gelangen:

I/O Menu
Bdr Vout ←

Mit der Auswahl von **Bdr** und einem Klick können Sie die Baudrate für die Datenübertragung ändern. Die Auswahl beträgt 2400, 4800 und 19200 bps. Das Untermenü erscheint als:

2400 4800 19200 ←

Nachdem Sie auf eine gewählte Baudrate geklickt haben, benutzen Sie ←, um zum **I/O**-Menü zurückzukehren.

4.5.7. Messeinheiten für NO₂ und NO

Wählen Sie das Menü **Cfg/Unt**, um zur folgenden Ansicht zu gelangen:

NOx Units
NOx: ppb ←

Wählen Sie die Einheiten (in diesem Fall ppb) und drehen Sie den Auswahl-Schalter, um den Cursor zwischen den Einheiten zu bewegen. NO₂ (und NO) Einheiten können als ppb, pphm und ppm ausgewählt werden. Ein Klick auf ← bringt die Anzeige zum **Unt**-Menü zurück.

4.6. Mod-Untermenü: Messmodi

Das Modell 405 nm ist in der Lage, Stickstoffdioxid und Stickoxid einzeln oder gleichzeitig zu messen (in 5 Sekunden Abständen). Es stehen 3 Messmodi zur Verfügung: NO₂-Modus, NO-Modus, NO₂ und NO-Modus. Der Messmodus kann geändert werden, indem man das MOD-Menü öffnet und entweder "NO2", "NO2/NO" oder "NO" wählt. Wenn Sie eine serielle Verbindung verwenden, kann der Modus mit den seriellen Befehlen "G" für den NO₂-Modus, "B" für NO₂ und NO-Modus oder "N" für den NO-Modus gesteuert werden. Das Statusbyte am Ende des seriellen Datenstroms zeigt an, in welchem Modus Sie sich gerade befinden (siehe Abschnitt 5 für Statuscodes).

4.6.1. NO₂-Modus

Dieser Messmodus verwendet zwei 5-Sekunden-Zyklen, um I und I_o für NO₂ zu messen. Nach jedem Zyklus wird eine neue Messung von Stickstoffdioxid berechnet und auf dem Display und über der seriellen Schnittstelle ausgegeben, je nachdem, welche Durchschnittszeit ausgewählt wird (5 sek, 1 min, 5 min, oder 1 Std.).

4.6.2. NO₂- und NO-Modus

Dieser Messmodus verwendet drei 5-Sekunden-Zyklen, um I_o für NO₂ und I für NO zu messen, was auch I_o für NO und I für NO darstellt. Nach jedem 5-sekündigen Zyklus wird eine neue Messung von Stickstoffdioxid und Stickoxid berechnet und auf dem Display und über der seriellen Schnittstelle ausgegeben, je nachdem, welche Durchschnittszeit ausgewählt wird (5 sek, 1 min, 5 min oder 1 Stunde).

4.6.3. NO-Modus

Dieser Messmodus verwendet zwei 5-Sekunden-Zyklen, um I und I_o für NO zu messen. Nach jedem Zyklus wird eine neue Messung von Stickoxid berechnet und auf dem Display und über der seriellen Schnittstelle ausgegeben, je nachdem, welche Durchschnittszeit ausgewählt wird (5 sek, 1 min, 5 min oder 1 Stunde).

5. FERNBEDIENUNG ÜBER SERIELLE VERBINDUNG

Mess- und Protokollierungsaufgaben können über die serielle Schnittstelle mit der 2B Technologies Display-and-Graphing-Software (kostenloser Download von https://twobtech.com/docs/docs_software.htm; siehe Anhang A für Informationen zur Arbeit mit dieser Software) oder einen Terminal-Emulator wie Tera Term oder HyperTerminal auf einem angeschlossenen Computer abgerufen werden. Befehle können mit dem Terminal-Emulator-Set, das die im Abschnitt 3.7 dieses Handbuchs ("Datenerhebung über die serielle Schnittstelle in Echtzeit") genannten Bedingungen erfüllt, gesendet werden. Im Folgenden finden Sie die Buchstaben, die Befehle für die Ausführung bestimmter Operationen sind, während das Instrument weiterhin misst:

Taste	Funktion
I	Mit der Protokollierung beginnen.
t	Die Protokollierung beenden und Daten übertragen.
e	Die Protokollierung beenden.
N	Den aktuellen Modus einstellen, um Stickstoffoxid zu messen.
G	Den aktuellen Modus einstellen, um Stickstoffdioxid zu messen.
B	Den aktuellen Modus einstellen, um NO ₂ und NO zu messen.
h	Ausgabe der seriellen Kopfzeile.

5.1. Serielles Menü

Wenn der Buchstabe **m** als Befehl gesendet wird, werden die Messungen gestoppt und **menu>** im Terminal-Emulator-Fenster angezeigt. Wenn auf das serielle Menü zugegriffen wird, misst das Instrument nicht mehr; es wartet darauf, dass der nächste Befehl eingegeben wird. Im Folgenden finden Sie die Liste der Menüpunkte, die von diesem Punkt aus zugänglich sind.:

Taste	Funktion
l	Mit der Protokollierung beginnen.
t	Die Protokollierung beenden und Daten übertragen.
e	Die Protokollierung beenden.
a	Die Durchschnitts- und Ausgabefrequenz festsetzen
z	Den NO ₂ -Nullpunkt-Versatz-Kalibrierungsfaktor (in ppb) festsetzen.
s	Den NO ₂ -Neigungs-Kalibrierungsfaktor festsetzen.
o	Den NO-Nullpunkt-Versatz-Kalibrierungsfaktor (in ppb) festsetzen.
g	Den NO-Neigungs-Kalibrierungsfaktor festsetzen.
c	Uhrzeit und Datum festlegen.
n	Uhrzeit und Datum unverändert lassen.
t	Uhrzeit ändern (neuer Wert muss eingegeben werden).
D	Datum ändern (neuer Wert muss eingegeben werden).
d	LCD-Hintergrundbeleuchtung einschalten.
f	LCD-Hintergrundbeleuchtung ausschalten.
i	Adaptiver Filter – Grundlegende Veränderungen (in ppb).
q	Adaptiver Filter – Prozentuale Veränderungen (in %).
k	Adaptiver Filter – Lange Filterzeiten (Punktzahl).
m	Adaptiver Filter – Kurze Filterzeiten (Punktzahl).
h	Ausgabe der seriellen Kopfzeile.
?	Beenden des Hilfemenüs.
x	Beenden des seriellen Menüs.

5.2. Status Codes

Der aktuelle Messmodus kann aus dem Statusbyte in jeder seriellen Datenzeile ermittelt werden. Im Folgenden werden alle Kombinationen des Statusbytes und des entsprechenden Messmodus beschrieben.:

80 = Messung von NO₂ und NO

10 = Messung von NO₂

20 = Messung von NO

6. WARTUNG

Der Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor ist so konzipiert, dass er nahezu wartungsfrei ist. Zu den Komponenten, die eine routinemäßige Wartung erfordern, gehören die Ozon- und NO₂-Wäscher an der Abluftöffnung und die DewLine™ Nafion-Schläuche an der Einlassleitung, die jedes Jahr gewechselt werden sollten, und die Luftpumpe. Die Pumpe hat eine Nennlebensdauer von 15000 Stunden (~ 1 Jahr und 8 Monate) des Betriebs und muss ausgetauscht werden, wenn die Durchflussraten nicht mehr in die gültigen Bereiche gebracht werden können (siehe Abschnitt 3.4). Der Betrieb mit hoher Einschränkung des Probeneinlaufs wird die Lebensdauer der Pumpe reduzieren. Das Instrument ist so konzipiert, dass der Pumpenwechsel relativ einfach ist. Weitere Komponenten, die durch den Anwender ausgetauscht werden können, sind die LEDs, die Uhrenbatterie und die Magnetventile, die im Falle eines Ausfalls leicht ausgetauscht werden können. Außerdem sollte der Einlassfilter (vom Benutzer geliefert) wie vom Filterhersteller empfohlen gewechselt werden. Eine Beschreibung der Fehlercodes finden Sie in Abschnitt 9. Siehe Abschnitt 10 dieses Handbuchs zur Fehlerbehebung.

Auf der 2B Tech-Webseite finden Sie eine Palette an technischen Notizen. Die komplette Liste mit Links finden Sie unter https://twobtech.com/docs/docs_tech_notes.htm
Diese Tech-Notizen werden laufend aktualisiert und neue erstellt.

Bitte beachten Sie auch, dass alle 2B Tech Instrumentenhandbücher auf dieser Webseite finden: <https://twobtech.com/downloads.html>

Für Ihre Bequemlichkeit wird am Ende dieses Handbuchs ein Service-Log zur Verfügung gestellt, in dem Kalibrierungen, der Austausch von Pumpen, LEDs usw. aufgezeichnet werden können. Die Aufzeichnungen der Reparaturen, die bei 2B Tech durchgeführt wurden, werden ebenfalls in einer Datenbank bei 2B Technologies gespeichert. Diese Datenbank enthält auch detaillierte Informationen über den Bau und die anfängliche Kalibrierung Ihres Instruments, einschließlich digitaler Fotos von seinem Inneren.

Wartungsempfehlungen	Häufigkeit	Abschnitt
Kalibrierung des Instruments	Mindestens einmal pro Jahr oder nach 4000 Stunden; Früher, wenn Spannweite und Versatz groß sind, oder wenn das Instrument einer weitläufigen Demontage unterzogen wird	7
Fließweg auf Verunreinigung prüfen	Gelegentlich	Bei einem Verdacht auf Kontamination bitte 2B Tech kontaktieren
Überprüfen Sie die beheizten NO ₂ -Wäscher, die Abgas- Wäscher für NO ₂ und O ₃ und die DewLine™ Nafion-Schläuche und ersetzen Sie diese bei Bedarf	Alle 6 Monate bei Dauerbetrieb (~ 4.000 Std.); Sonst jährlich	6 [Kontaktieren Sie 2B Tech für Anweisungen, wenn der beheizte NO ₂ -Wäscher ersetzt werden muss]
Überwachen Sie die Durchfluss-Rate und ersetzen Sie die Pumpe, wenn nötig	Die Nennlebensdauer der Pumpe ist 15000 Stunden	6

7. KALIBRIERUNG

Die Kalibrierung des Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitors wird mindestens einmal jährlich empfohlen, entweder durch den Benutzer (die Vorgehensweise wird unten beschrieben) oder durch eine Rückgabe des Instruments an 2B Technologies für die Kalibrierung.

7.1. Einführung

Jedes Analyseinstrument unterliegt gewissen Abweichungen in der Reaktion, sodass es notwendig ist, die Kalibrierung regelmäßig zu überprüfen. Die Dynamische Kalibrierung ist eine Mehrpunkt-Prüfung, bei der Gasproben bekannter Konzentration vom Instrument abgetastet werden, um eine Kalibrierungsbeziehung zu bestimmen. Weitere Informationen zur Kalibrierung von NO₂- und NO-Monitoren finden Sie in den entsprechenden Informationen im "Code of Federal Regulations" ([Title 40, Part 50, Appendix F: https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2011-title40-vol2/pdf/CFR-2011-title40-vol2-chapl.pdf](https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2011-title40-vol2/pdf/CFR-2011-title40-vol2-chapl.pdf)).

Kalibrierung ist der Prozess der Anpassung und des Vergleichs des Modells 405 nm an einen anerkannten Standard. Die Zuverlässigkeit der Daten, die von jedem Analyseinstrument gesammelt werden, hängt von der Genauigkeit der Kalibrierung ab, die weitgehend von ihrer analytischen Rückverfolgbarkeit auf ein Referenzmaterial oder eine Referenzinstrumenten-Kalibrierung abhängt.

Die Kalibrierung von NO₂- und NO-Monitoren mit komprimierten Gasgemischen ist unzuverlässig, da die Gase durch Reaktion und Adsorption im Zylinder und auf Gas-Handhabungsgeräten verloren gehen. Wenn Konzentrationsstandards erforderlich sind, werden NO₂- und NO-Konzentrationen erzeugt, indem ein hochkonzentriertes NO-Gemisch verdünnt wird und ein Bruchteil des NO in NO₂ über die Gasphasen-Titrations-Reaktion mit Ozon umgewandelt wird. Der Mangel von NO, der vom Modell 405 nm gemessen wird, liefert die Kalibrierung für NO, und das Auftreten von NO₂ sorgt für die Kalibrierung von NO₂. Die Ozonkonzentration, die in der Gasphasen-Titration (GPT) verwendet wird, kann mit einem Fotometer mit einer nachvollziehbaren NIST-Kalibrierung gemessen werden, um die Konzentrations-Differenz für NO₂ und NO zu bestätigen.

Kommerzielle NO₂- und NO-Kalibratoren verfügen über dynamische Verdünnungsverteiler mit internem Ozongenerator und Fotometer. Der Kalibrator erzeugt NO₂-Konzentrationen durch die Technik der Gasphasen-Titration (GPT), bei der die üblichen Ozonkonzentrationen mit übermäßigem NO reagiert werden. Die Stickoxid-Standards werden durch die Differenz ermittelt, die entsteht, wenn Standard-Ozonkonzentrationen mit übermäßigem NO reagiert werden und die Veränderung der NO-Konzentration gemessen wird.

7.2. Erforderliche Ausrüstung

Dieses Verfahren erfordert folgende Ausrüstung:

1. NO₂- und NO-Kalibrator
2. Nullluft-Quelle
3. Standard für komprimiertes NO (siehe Herstellerhandbuch für den Kalibrator)
4. Probenleitungen (nur inerte Materialien wie PTFE oder FEP)

Die Nullluft kann entweder aus Druckzylindern oder aus gewaschener Umgebungsluft erzeugt werden. Wird Umgebungsluft verwendet, müssen Verunreinigungen wie Stickstoffdioxid und Stickoxid entfernt werden. Das Modell 405 nm funktioniert besser, wenn die Nullluft Feuchtigkeit im Bereich von 10-90% RH liegt. Für den Einbau zwischen einer Trockengas-Versorgung und dem Instrument ist ein Satz DewLine™ Nafion®-Schläuche im Lieferumfang enthalten. Der DewLine™ Nafion-Schlauch führt Feuchtigkeit in trockene Luft- oder Kalibrierungs-Standards ein, ohne dass NO₂ oder NO verloren gehen.

7.3. Setup-Prüfung

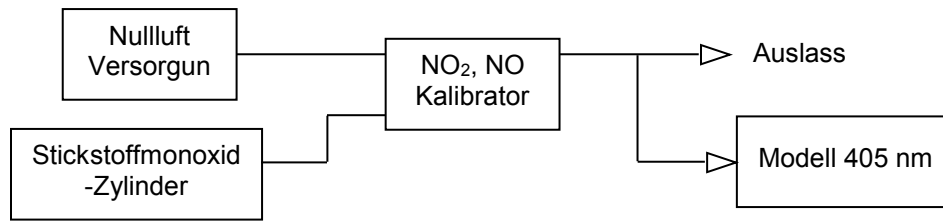
Eine visuelle Inspektion des Kalibrierungs-Setups sollte vor der Kalibrierung durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob das Setup in der richtigen Reihenfolge ist. Alle Schlauchverbindungen sollten überprüft werden. Alle offensichtlichen Lecks sollten behoben werden und der Proben-Einlass und -Auslass sollte auf allgemeine Sauberkeit überprüft werden. Weitere Informationen finden Sie im Herstellerhandbuch für den Kalibrator.

7.4. Kalibrierungsverfahren

Eine Mehrpunkt-Kalibrierung sollte mindestens alle 12 Monate durchgeführt werden. Innerhalb dieses Zeitraums wird eine Mehrpunkt-Kalibrierung empfohlen, wenn eine große Demontage von Bauteilen durchgeführt wird, oder die Nullpunkt- oder Span Punkt-Überprüfungen Ergebnisse außerhalb der zulässigen Grenzen ergeben.

7.4.1. Instrumentenvorbereitung

1. Schalten Sie das Modell 405 nm ein und lassen Sie es sich für mindestens 1 Stunde stabilisieren.
2. Gehen Sie in das Kalibrierungsmenü (Hauptmenü/Cfg/Cal) und setzen Sie die Nullwerte auf 0 und die Neigungswerte auf 1,00 für NO₂ und NO.
3. Verbinden Sie den Monitor mit dem Kalibrator durch ein T-Stück. Der Auslass des Kalibrators muss atmosphärisch entlüftet werden, damit sich kein Druck im Setup aufbaut. Die Verbindung des Modells 405 nm direkt an einen Druckausgang eines beliebigen Gerätes kann den Monitor beschädigen.
4. Stellen Sie sicher, dass sich ein Druckventil am T-Stück befindet.



7.4.2. Messung von Nullluft

1. Überprüfen Sie, ob die Nullluft-Versorgung eingeschaltet ist und der Kalibrator nur Nullluft ausgibt.
2. Lassen Sie das Modell 405 nm Nullluft testen, bis das Ergebnis stabil ist.
3. Zeichnen Sie die Ergebnisse bei Nullluft auf.

7.4.3. Messungen von NO₂- und NO-Standards

1. Lassen Sie das Modell 405 nm Nullluft testen, bis das Ergebnis stabil ist und zeichnen Sie die Ergebnisse bei Nullluft auf.
2. Um das System auszugleichen, erzeugen Sie eine NO-Konzentration, die deutlich höher ist als das Doppelte des Konzentrationsbereichs des zu kalibrierenden NO₂ und erlauben Sie dem Kalibrator und der Ausrüstung für mindestens 10 Minuten sich ins Gleichgewicht zu bringen.
3. Die NO-Konzentration sollte für den Rest der Kalibrierung nicht geändert werden.
4. Erlauben Sie dem Modell 405 nm, den NO-Konzentrationsstandard zu testen, bis eine stabile Reaktion gemessen wird, und erfassen Sie die durchschnittlichen Ergebnisse.
5. Erzeugen Sie eine Ozonkonzentration am oberen Ende des Konzentrationsbereichs des zu kalibrierenden NO₂ und erlauben Sie dem Kalibrator und der Ausrüstung für mindestens 10 Minuten sich ins Gleichgewicht zu bringen.
6. Lassen Sie das Modell 405 nm nun die Konzentrationsstandards von NO₂ und NO testen, bis eine stabile Reaktion gemessen wird, und erfassen Sie die durchschnittlichen Ergebnisse.
7. Generieren Sie mehrere andere Ozonkonzentrationen, um andere Konzentrationen von NO₂ und NO zu erzeugen. Mindestens 4 Konzentrationsstandards werden empfohlen.
8. Für jede Konzentration, notieren Sie die Reaktionen des Modells 405 nm.
9. Schalten Sie den Ozongenerator aus und produzieren Sie weiterhin die NO Konzentration, die während des Kalibrierungsprozesses verwendet wird, und erlauben Sie dem Kalibrator und der Ausrüstung für mindestens 10 Minuten sich ins Gleichgewicht zu bringen.
10. Überprüfen Sie, ob sich die während der Kalibrierung verwendete NO-Konzentration nicht mehr als ein paar ppb vom Beginn des Kalibrierungsverfahrens an verändert hat. Wenn sich die NO-Konzentration zu Beginn und am Ende der Kalibrierung signifikant unterscheidet, dann wurde das Kalibrierungs-Setup vor dem Beginn der Messungen nicht ausreichend ausgeglichen.

11. Erlauben Sie dem Modell 405 nm, die Nullluft zu testen, bis eine stabile Reaktion gemessen wird, und erfassen Sie die durchschnittlichen Ergebnisse.

7.4.4. Kalibrierungs-Kurve

1. Berechnen Sie das gemessene NO₂ als Differenz zwischen der durchschnittlichen Null-Reaktion und der Reaktion bei jeder NO₂-Konzentration. Jeder Versatz aus Hintergrund-NO₂ aus der GPI-Kammer wird auf diese Weise ausgeschlossen.
2. Berechnen Sie das gemessene NO als den Unterschied zwischen der durchschnittlichen NO-Konzentration während der Kalibrierung und Reaktion bei jeder NO-Konzentration.
3. Berechnen Sie die durchschnittliche NO₂- und NO-Messung für Nullluft und verwenden diese für die Kalibrierungskurve.
4. Zeichnen Sie die Messungen des Modell 405 nm (y-Achse) gegenüber den entsprechenden Standardkonzentrationen (x-Achse) sowohl für das gemessene NO₂ als auch für NO.
5. Verbinden Sie die Daten zu einer geraden Linie ($y = mx + b$) mit der linearen Regressionstechnik, um die Kalibrierungsbeziehungen zu bestimmen, wobei m = Neigung und b = Schnittpunkt ist.
6. Bestimmen Sie, ob Punkte deutlich von der Linie abweichen, was ein Hinweis auf einen Fehler bei der Bestimmung der Kalibrierungskurve ist. Der Fehler kann auf die Kalibrierung oder den kalibrierten Monitor zurückzuführen sein. Die wahrscheinlichsten Probleme im Monitor sind Lecks, Verunreinigungen der DewLine™ Nafion-Leitung, ein kontaminiertes Ventil, oder Verunreinigungen im optischen Setup. Siehe Abschnitt 10 ("Problembehandlung") in diesem Handbuch.
7. Die umgekehrte Neigung der Linie (halb m) ist der Zunahme-Faktor und der Negativwert des Schnittpunktes ($-b$, in ppb-Einheiten) ist der Versatz, der auf die Monitorreaktion angewendet werden muss, um ihn zu kalibrieren. Liegt der Schnittpunkt außerhalb des Bereichs von -15 bis 15 ppb oder liegt die Neigung außerhalb des Bereichs von 0,90 bis 1,10, so ist dies ein Hinweis auf ein Problem im Kalibrierungsaufbau oder im zu kalibrierenden Monitor. Die wahrscheinlichsten Probleme im Monitor sind Lecks, Verunreinigungen der DewLine™ Nafion-Leitung, ein kontaminiertes Ventil, oder Verunreinigungen im optischen Setup. Siehe Abschnitt 10 ("Problembehandlung") in diesem Handbuch.
8. Gehen Sie in das Kalibrierungsmenü (Hauptmenü/Cfg/Cal) der Instrumentensoftware und setzen Sie die Kalibrierungsparameter ein. Beachten Sie, dass der Versatz-Parameter (Z) in ppb-Einheiten eingegeben werden muss. Wenn die Kalibrierung in anderen Einheiten durchgeführt wurde, konvertieren Sie den Versatz in ppb, bevor Sie den Wert eingeben.

8. PERIODISCHE NULLPUNKT- UND SPAN PUNKT- PRÜFUNG

Um die Qualität der Monitordaten zu gewährleisten, werden regelmäßige Nullpunkt- und Span Punkt- Prüft empfohlen. Für die kontinuierliche Überwachung oder Messung niedriger NO_x-Werte (< 10 ppb) sollte der Nullpunkt-Versatz mindestens einmal täglich getestet werden. Bei allen Nullpunkt- oder Span Punkt- Prüfungen sollte das Instrument eingeschaltet werden und mindestens 30 Minuten warm werden.

8.1 Nullpunkt-Versatz-Prüfung

Die elektronischen Nullpunkte für NO₂ und NO werden durch die Einführung von NO_x-freier Luft in den Analysator getestet. Die NO_x-freie Luft kann entweder (1) durch einen NO_x-Wäscher oder (2) mit Nullluft aus einem komprimierten Zylinder oder Nullluft-Generator erzeugt werden.

1. Um den Nullpunkt-Versatz-Test durchzuführen, befestigen Sie entweder einen NO_x-Wäscher oder einen Durchfluss von Nullluft an der Einlass-Leitung des Modells 405 nm. Dies kann durch manuelle Änderung der Einlass-Gasverbindung oder durch die Einführung der NO_x-freien Luft in den Einlass über ein vom Benutzer bereitgestelltes Ventilsystem geschehen. Wenn Nullluft verwendet wird, ist es wichtig, ein T-Stück mit Überlaufventil zu verwenden, wie in Abschnitt 7.4.1 oben beschrieben.
2. Nach dem Zusatz von NO_x-freier Luft ist es wahrscheinlich, dass es zu einer anfänglichen Störung des Systemdrucks kommen wird, die dazu führen kann, dass das Fehlerbyte "Druckregelung" auf dem Display und der seriellen Ausgabe erscheint (siehe Abschnitt 9 zur Beschreibung des Fehlerbytes).
3. Lassen Sie das Instrument für mindestens 5 bis 10 Minuten NO_x-freie Luft testen. Innerhalb der ersten ein bis zwei Minuten sollte die Druckregelung wieder stabilisiert sein und das Fehlerbyte verschwinden (00). Zeichnen Sie sowohl die NO als auch die NO₂-Werte für die letzten 3-5 Minuten auf und bilden Sie den Durchschnitt, um den neuen Versatz zu erhalten.

8.2. Span Punkt-Prüfung

Die Span Punkt-Prüfung sollte mit einem kommerziellen NO/NO₂-Kalibrator in ähnlicher Weise durchgeführt werden, wie in Abschnitt 7.4.3 beschrieben. Typischerweise ist eine Einzelpunktüberprüfung bei ~ 80% der erwarteten NO₂-Konzentrationsbereiche ausreichend.

1. 3. Verbinden Sie den Monitor mit dem Kalibrator-Auslass durch ein T-Stück. Dies kann durch manuelle Änderung der Einlass-Gasverbindung oder durch ein vom Benutzer bereitgestelltes Ventilsystem geschehen. Der Auslauf des Kalibrators muss durch ein T-Stück mit Überlauf-Ventil in die Atmosphäre entlüftet werden, damit sich kein Druck im Setup bildet. **Druckaufbau direkt am Gaseingang des Modell 405 nm kann den Monitor beschädigen.**

2. Mithilfe des Kalibrators wird dem Monitor eine anfänglich hohe NO-Konzentration zugefügt. Die NO-Konzentration sollte höher sein als das Doppelte des Konzentrationsbereichs von NO₂, der kalibriert wird. Lassen Sie die Ausgabe des Kalibrators sich für mindestens 10 Minuten stabilisieren. Damit kann sich die Druckregelung des Modells 405 nm auch wieder, wie oben für die Nullpunkt-Versatz-Prüfung beschrieben, etablieren. Erlauben Sie dem Modell 405 nm, sowohl die Konzentrationsstandards von NO₂ und NO zu testen, bis eine stabile Reaktion gemessen wird und die durchschnittlichen Reaktionen erfasst sind.
3. Erzeugen Sie eine Ozonkonzentration im Kalibrator bei ~ 80% des Konzentrationsbereichs des zu testenden NO₂ und lassen Sie die Ausgabe des Kalibrators sich für mindestens 10 Minuten wieder stabilisieren. Erlauben Sie dem Modell 405 nm, die Konzentrationsstandards von NO₂ und NO so lange zu testen, bis eine stabile Reaktion gemessen wird, und erfassen Sie die durchschnittlichen Reaktionen.

Die durchschnittlichen Messungen aus der Nullpunkt- oder Span Punkt-Prüfung sollten innerhalb der Instrumentenspezifikationen erfolgen. Ist dies nicht der Fall, wird eine gründlichere Mehrpunkt-Kalibrierung im NO₂-Konzentrationsbereich empfohlen, die den oben beschriebenen Schritten im Abschnitt 7.4.3.(Messungen von NO₂- und NO-Standards) folgt.

9. FEHLERMELDUNGEN

Wenn ein Fehler auftritt, erscheint ein "E:" auf der untersten Linie des Displays, gefolgt von dem Fehlerbyte. Es gibt auch ein Feld in den seriellen Daten, das das Fehlerbyte enthält. Das Fehlerbyte wird durch einen hexadezimalen Code von zwei Zeichen dargestellt. Es gibt keine Fehler, wenn das Fehlerbyte in der seriellen Datenzeile "00" ist. Wenn es keine Fehler gibt, wird auf dem Display nicht das "E:" angezeigt.

9.1. Fehler-Definitionen

In den folgenden Tabellen sind alle möglichen hexadezimalen Codes und die entsprechenden Fehlerdefinitionen aufgelistet. Die erste Tabelle listet alle Fehler auf, wenn es nur einen Fehler gab, während die zweite Tabelle alle möglichen Fehlerkombinationen mit ihren Definitionen auflistet.

Einzelfehler	
Fehlerbyte	Definition
00	Keine Fehler
08	Wäscher-Temperatur außerhalb des erlaubten Bereichs. Die Temperatur ist entweder > 113 Grad oder < 110 Grad.
80	Druckkontrolle außerhalb des erlaubten Bereichs um > 1 mbar
04	Zell-Durchfluss außerhalb des erlaubten Bereichs (< 1200 or >1600)
40	Ozon-Durchfluss außerhalb des erlaubten Bereichs (<30 or >110)
02	Zellspannung außerhalb des erlaubten Bereichs (<0,1V or >2,4V)
20	Ozon-Generator-Spannung außerhalb des erlaubten Bereichs (< 0,01V or >2,4V)

Kombinationsfehler	
Fehlerbyte	Definition
0A	Wäscher-Temperatur und Zellspannung
0C	Wäscher-Temperatur und Zell-Durchfluss
0E	Wäscher-Temperatur, Zell-Durchfluss und Zellspannung
22	Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
26	Zell-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
28	Wäscher-Temperatur und Zellspannung
24	Zell-Durchfluss und Zellspannung
2A	Wäscher-Temperatur, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
2C	Wäscher-Temperatur, Zell-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
2E	Wäscher-Temperatur, Zell-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
42	Ozon-Durchfluss und Zellspannung
46	Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Zellspannung

48	Wäscher-Temperatur und Ozon-Durchfluss
44	Zell-Durchfluss und Ozon-Durchfluss
4A	Wäscher-Temperatur, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
4C	Wäscher-Temperatur, Zell-Durchfluss und Ozon-Durchfluss
4E	Wäscher-Temperatur, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
82	Druckregelung und Zellspannung
84	Druckregelung und Zell-Durchfluss
86	Druckregelung, Zell-Durchfluss und Zellspannung
88	Wäscher-Temperatur und Druckregelung
8A	Wäscher-Temperatur, Druckregelung und Zellspannung
8C	Wäscher-Temperatur, Druckregelung und Zell-Durchfluss
8E	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss und Zellspannung
A0	Druckregelung und Ozon-Generator-Spannung
A2	Druckregelung, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
A4	Druckregelung, Ozon-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
A6	Druckregelung, Ozon-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
A8	Wäscher-Temperatur, Druckregelung und Ozon-Generator-Spannung
AA	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
AC	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
AE	Wäscher-Temperatur, Druckregelung und Zell-Durchfluss
C0	Druckregelung und Ozon-Durchfluss
C2	Druckregelung, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
C4	Druckregelung, Zell-Durchfluss und Ozon-Durchfluss
C6	Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
C8	Wäscher-Temperatur, Druckregelung und Ozon-Durchfluss
CA	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
CC	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss und Ozon-Durchfluss
CE	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Zellspannung
E0	Druckregelung, Ozon-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
E2	Druckregelung, Ozon-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
E4	Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
E6	Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
E8	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Ozon-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
EA	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Ozon-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung
EC	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss und Ozon-Generator-Spannung
EE	Wäscher-Temperatur, Druckregelung, Zell-Durchfluss, Ozon-Durchfluss, Zellspannung und Ozon-Generator-Spannung

9.2. LCD-Display-Anzeige für Fehlerbytes

Wenn Fehler auftreten, kann das Display die folgende Anzeige zeigen:

NO2 = 34.8 ppb

LOG=193:0 **Tsc=112**
14:49 **E:88** **04/07/2017**

wobei "88" der Fehler ist, was in diesem Fall bedeutet, dass die Wäscher-Temperatur und die Druckregelung des zugelassenen Bereichs sind.

Eine andere Display-Anzeige für Fehler sieht wie folgt aus:

NO2 = 34.8 ppb

CF=1525 **O3F=75**
T=35.2 **E:88** **P=985.7**

Wenn Fehler auftreten, kann der Benutzer während des Betriebs nach links oder rechts blättern und alle Fehler anzeigen, die auftreten, anstatt zu versuchen, den Fehlercode zu entschlüsseln.

Wenn der Benutzer während des Betriebs blättert, während der Fehler "E88" anzeigt, würde auf dem Display zu lesen sein:

Errors
Scr Temp, Press Cntl

9.3. Serielle Datenzeile

Das Fehlerbyte befindet sich in der Komma-abgegrenzten seriellen Datenlinie nach der Wäscher-Temperatur und vor dem Datum. Wie z.B.:

67.4,44.2,111.6,30.3,980.6,1576,76.2,1.2743,1.0151,110.2,88,12/07/17,18:31:27,80

wobei:

NO₂ = 67,4 ppb

NO = 44,2 ppb

NO_x = 111,6 ppb

Zelltemperatur = 30,3°C

Zelldruck = 980,6 mbar

Zell-Volumenstrom= 1576 cc/min

O₃-Volumenstrom = 76,2 cc/min

Proben-Fotodioden-Spannung = 1,2743 volts

O₃-Generator-Fotodioden-Spannung = 1,0151 volts

Aufgeheizte Wäscher-Temperatur = 110,2°C

Fehlerbyte = 88 (*Wäscher-Temperatur und Druckregelung sind außerhalb des Bereichs*)

Datum = 12.July 2017

Zeit = 18:31:27

Status = 80 (Messung von NO₂ und NO)

10. PROBLEMBEHANDLUNG

Wenn das Instrument nicht richtig funktioniert, können allgemeine Probleme mithilfe der in Abschnitt 9 beschriebenen Fehlermeldungen identifiziert und korrigiert werden. Darüber hinaus bietet die Tabelle 10.1 Informationen zur Fehlersuche, mit denen das Problem diagnostiziert werden kann. Sollte das Problem nicht einfach zu beheben sein, wenden Sie sich bitte über unsere Web-Ticket-Software an den Kundendienst von 2B Tech unter:

<https://twobtech.com/tech-support.html>

Alternativ können Sie uns auch per E-Mail an techsupport@twobtech.com oder telefonisch unter + 1 (303) 273-0559 erreichen. Wenn wir gemeinsam feststellen, dass das Instrument nicht vor Ort repariert werden kann, stellen wir Ihnen eine Rückgabe-Ermächtigungs-Nummer und ein kurzes Formular zur Verfügung, das ausgefüllt und zusammen mit dem Instrument an unsere Serviceabteilung zurückgeschickt werden kann.

Die Zahlen in Abschnitt 11 bieten eine "Führung" für den Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitor™, sodass kritische Komponenten und Steckverbinder leicht zu erkennen sind. Eine Liste der bestellbaren Teile ist in Abschnitt 13 dieses Handbuchs enthalten.

Tabelle 10.1. Fehlersuche beim NO₂/NO/NO_x Monitor-Leistungsproblemen.

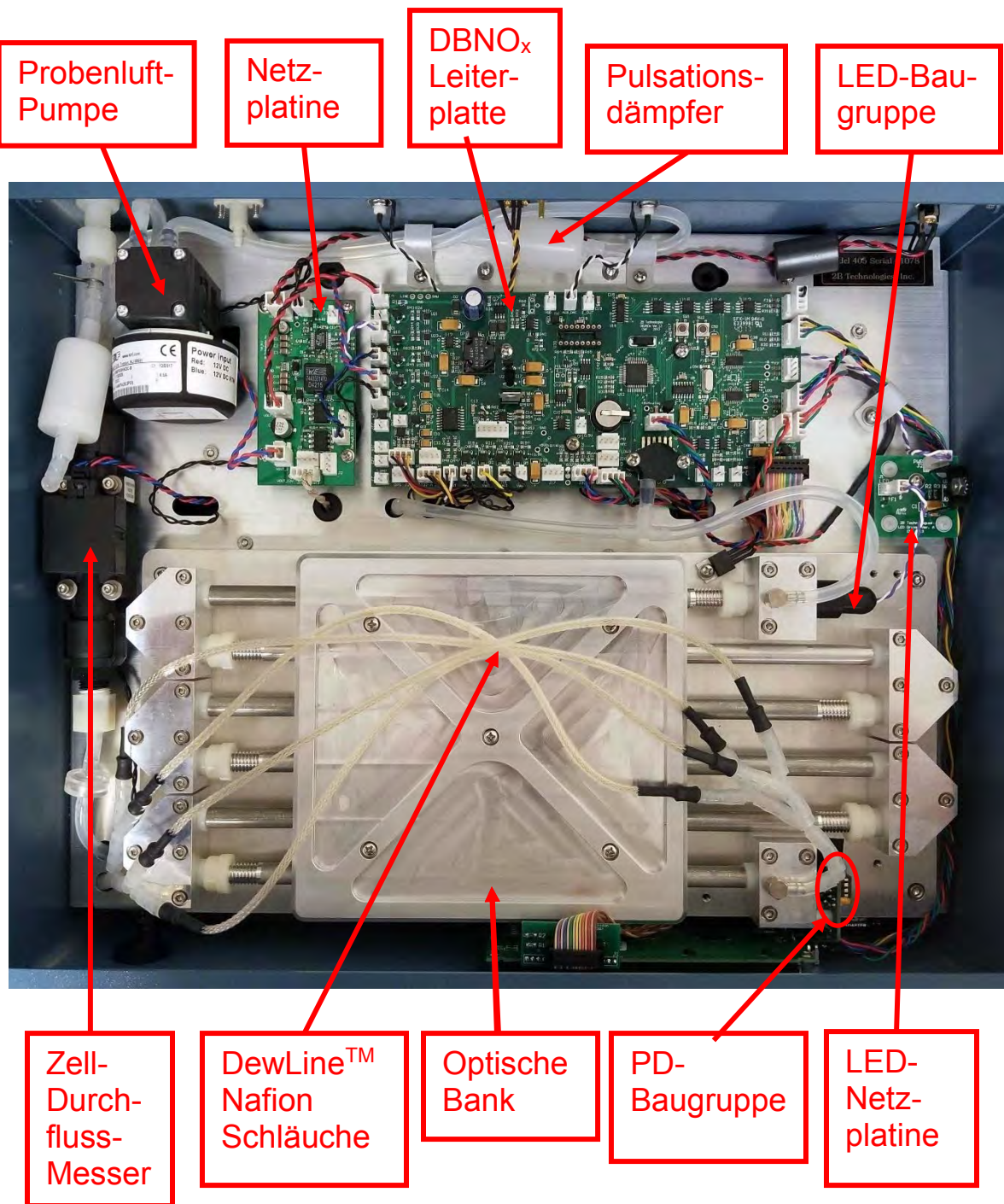
Problem/Symptom	Wahrscheinliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
<i>Instrument schaltet sich nicht ein.</i>	Der Strom ist nicht richtig angeschlossen oder eine Sicherung ist nicht eingesteckt. Stromkabel, nicht an der Leiterplatte angeschlossen.	Überprüfen Sie den externen Netzanschluss auf umgekehrte Polarität oder einen Kurzschluss und warten Sie ein paar Minuten, bis der thermische Schaltkreisbrecher zurückgesetzt wird. Entfernen Sie die Abdeckung und lösen und verbinden Sie das Stromkabel und die Leiterplatte.
<i>Das Instrument schaltet sich ein und fährt dann herunter.</i>	Ausgebrannte Luftpumpe.	Die obere Abdeckung entfernen und die Luftpumpe abschalten und das Instrument einschalten; Bleibt es nun eingeschaltet, dann ist der Luftpumpenmotor ausgebrannt und verursacht einen Kurzschluss. Luftpumpe ersetzen.

Problem/Symptom	Wahrscheinliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
<i>Das Display ist leer oder zeigt unlesbare Zeichen.</i>	Schlechte Verbindung der Anzeige zur Leiterplatte.	Entfernen Sie die obere Abdeckung und verbinden Sie die Anzeige wieder mit der Leiterplatte. Prüfen Sie die Lötverbindungen der Anzeige.
<i>Die Zelltemperatur liest sich um mehrere 10 Grad niedrig.</i>	Fehlende oder lose Verbindung des Temperatursondenkabels zur Leiterplatte.	Entfernen Sie die obere Abdeckung und verbinden Sie den Stecker wieder mit der Leiterplatte.
<i>Die Messungen sind ungenau, wobei die Standardabweichungen viel größer als 3 ppb sind, wenn der 5-Sek-Mittelwert verwendet wird.</i>	Die LED-Leistung ist schwach.	Entfernen Sie die obere Abdeckung und überprüfen Sie die LED-Verbindung zur Leiterplatte. Führen Sie den LED-Test aus dem Menü aus. Wenn die Fotodioden-Spannung kleiner als 0,5 V ist, ersetzen Sie die LED.
	Übermäßige Vibrationen	Stellen Sie eine zusätzliche Vibrationsisolierung (z.B> ein Schaumstoffpolster) für das Instrument zur Verfügung.
	Der Durchflussweg ist kontaminiert	Kontaktieren Sie 2B Technologies für Anweisungen bei einem Verdacht auf Kontamination.
<i>Die analoge Ausgabe ist konstant oder verfolgt nicht die Anzeige auf dem Front-Display.</i>	Das Kabel zwischen dem analogen Ausgang BNC und der Leiterplatte ist nicht richtig verbunden.	Entfernen Sie die obere Abdeckung und verbinden Sie das Kabel zwischen dem analogen Ausgang und der Leiterplatte.
	Im Menü wurde ein falscher Skalierungsfaktor ausgewählt.	Prüfen Sie im Menü den Skalierungsfaktor der analogen Ausgabe und setzen Sie diesen zurück.
<i>Der Auswahl-Schalter funktioniert nicht.</i>	Das Kabel zwischen dem Auswahl-Schalter und der Leiterplatte ist nicht richtig verbunden.	Entfernen Sie die obere Abdeckung und verbinden Sie das Kabel zwischen dem Auswahl-Schalter und der Leiterplatte.

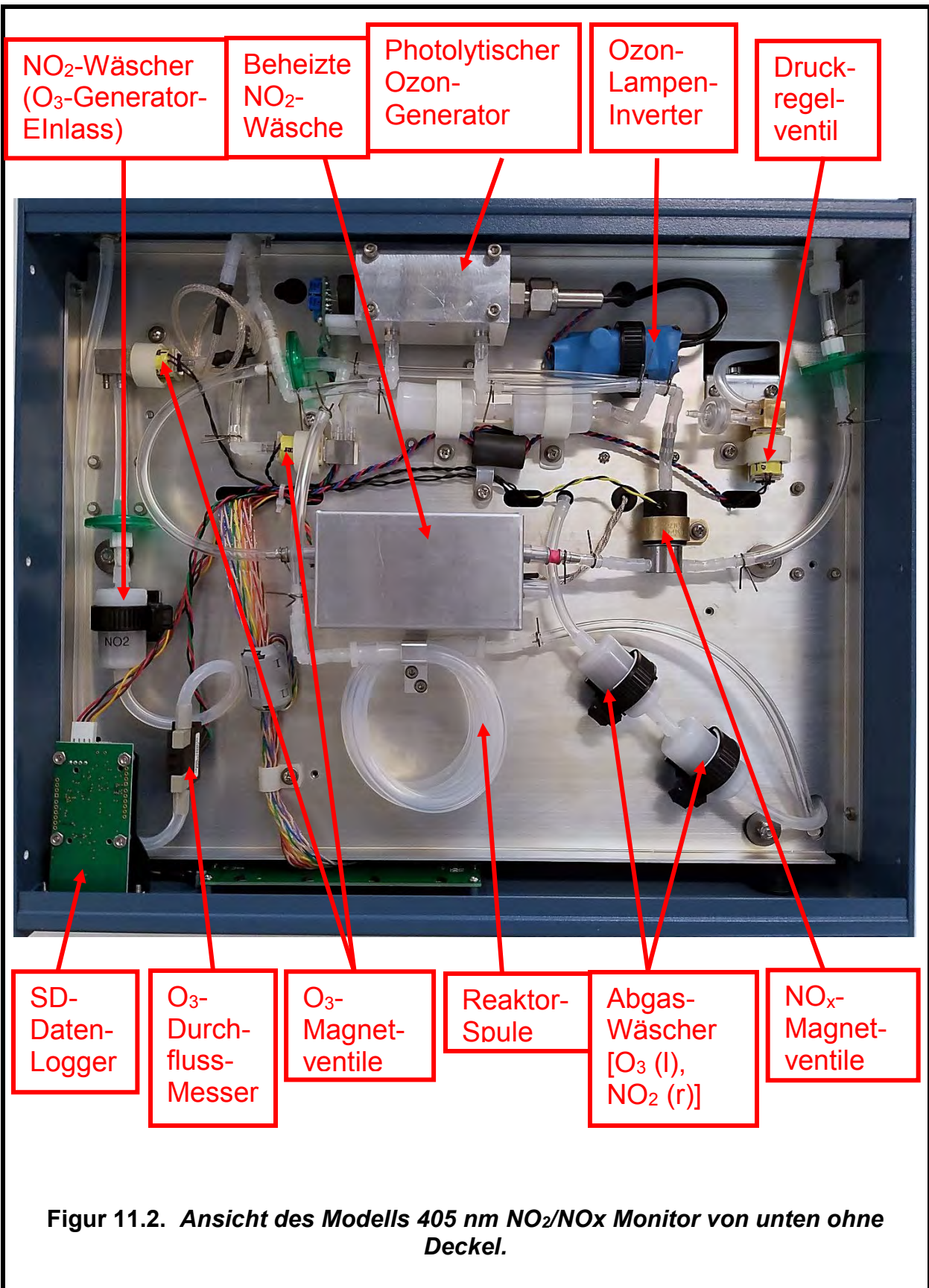
Problem/Symptom	Wahrscheinliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
<p>Die serielle Schnittstelle funktioniert nicht.</p>	<p>Das Kabel zwischen dem seriellen 9-Pin-Anschluss und der Leiterplatte ist nicht richtig verbunden.</p> <p>Das falsche serielle Kabel wurde verwendet.</p> <p>Die falsche Baud-Rate wurde gewählt.</p>	<p>Entfernen Sie die obere Abdeckung und verbinden Sie das Kabel zwischen dem 9-Pin-Anschluss und der Leiterplatte.</p> <p>Ein serielles Durchgangskabel wurde zur Verfügung gestellt. Einige Datenerfassungsgeräte benötigen ein "Cross-Over"-Kabel, in dem die Pins 1 und 3 zwischen den beiden Enden des Kabels vertauscht sind. Verwenden Sie ein Cross-Over-Kabel oder einen zusätzlichen Stecker, der die Pins 1 und 3 umschaltet.</p> <p>Vergewissern Sie sich, dass die im Menü Modell 405 nm gewählte Baud-Rate mit der Baud-Raten-Einstellung Ihres Datenerfassungsprogramms übereinstimmt.</p>
<p>Die erforderlichen Kalibrierungsparameter liegen außerhalb des einstellbaren Bereichs, wenn sie mit einem bekannten Kalibriergas kalibriert werden.</p>	<p>Der Durchflussweg ist kontaminiert.</p> <p>Das Magnetventil ist verunreinigt und nicht richtig geöffnet oder geschlossen.</p> <p>Die Luftpumpe produziert nicht genug Durchfluss.</p>	<p>Kontaktieren Sie 2B Technologies für Anweisungen bei einem Verdacht auf Kontamination.</p> <p>Entfernen Sie das Magnetventil, spülen Sie es Methanol ab und trocknen es mit Nullluft. Setzen Sie es wieder ein.</p> <p>Halten Sie zuerst den Finger über den Luft-Einlass, um festzustellen, ob Luft eingezogen wird. Wenn es einen Durchfluss gibt, messen Sie die Strömungsgeschwindigkeit, indem Sie die obere Abdeckung entfernen und einen Durchflussmesser mit hoher Leitfähigkeit (lässt Luft frei fließen und wird keinen</p>

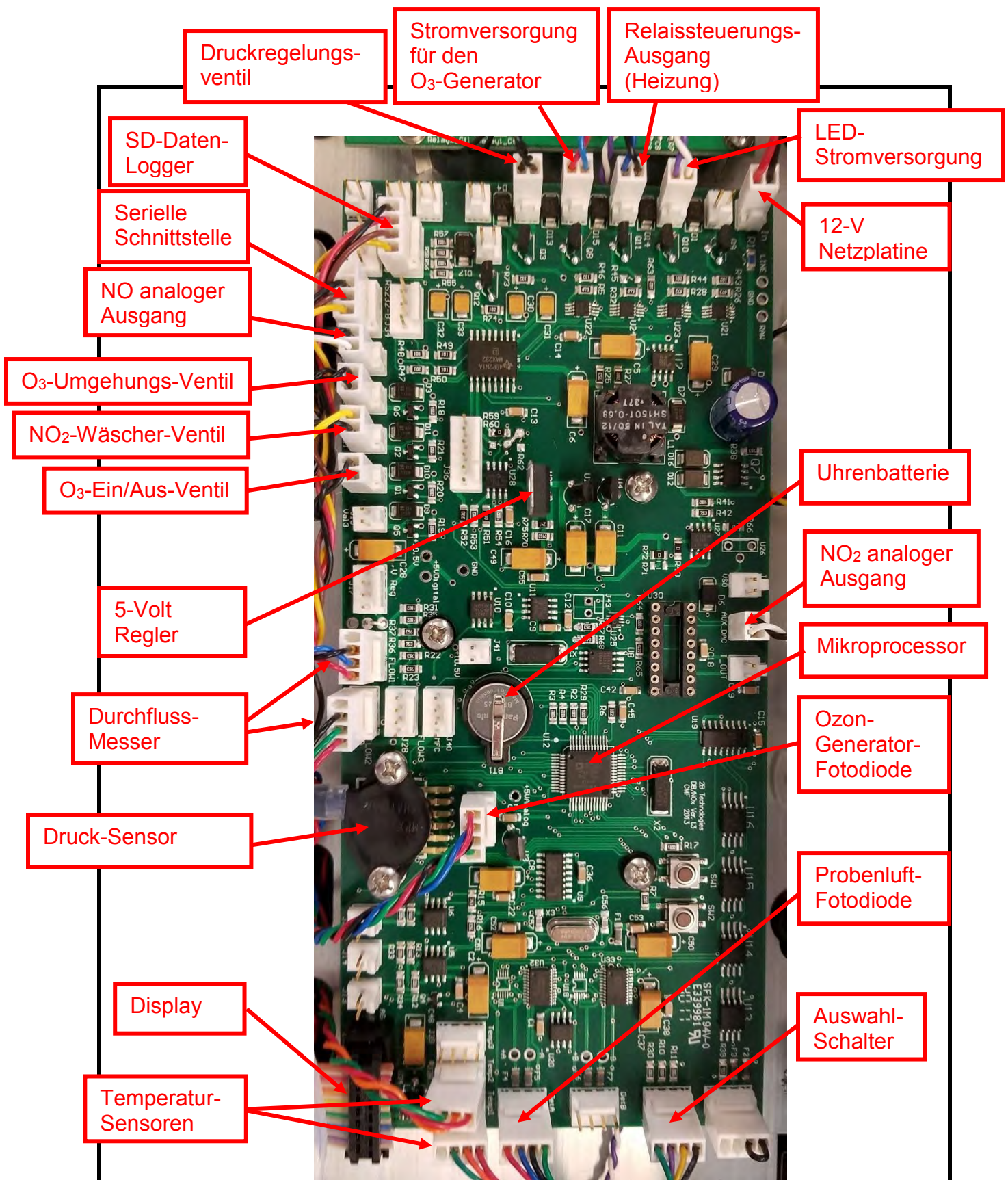
Problem/Symptom	Wahrscheinliche Ursache	Korrekturmaßnahmen
		signifikanten Druckabfall verursachen) an den Luft-Auslass der Pumpe anbringen. Der Luftstrom sollte größer als 1,4/min sein. Wenn der Durchfluss geringer ist, suchen Sie nach Lecks. Wenn es keine Lecks gibt, ersetzen Sie die Luftpumpe.
<i>Das Instrument hat einen großen Versatz</i>	Der interne beheizte NO ₂ -Wäscher ist erschöpft oder verunreinigt.	Kontaktieren Sie 2B Technologies für den Austausch des internen beheizten NO ₂ - Wäschers.
<i>Das Instrument liest sich für NO₂-Konzentrationen immer nahe Null.</i>	Das Magnetventilkabel ist nicht richtig an die Leiterplatte angeschlossen. Der interne beheizte NO ₂ -Wäscher ist erschöpft oder verunreinigt.	Bringen Sie das Magnetventilkabel wieder an der Leiterplatte an. Kontaktieren Sie 2B Technologies für den Austausch des internen beheizten NO ₂ - Wäschers.

11. BESCHRIFTETE INSTRUMENTENFOTOS

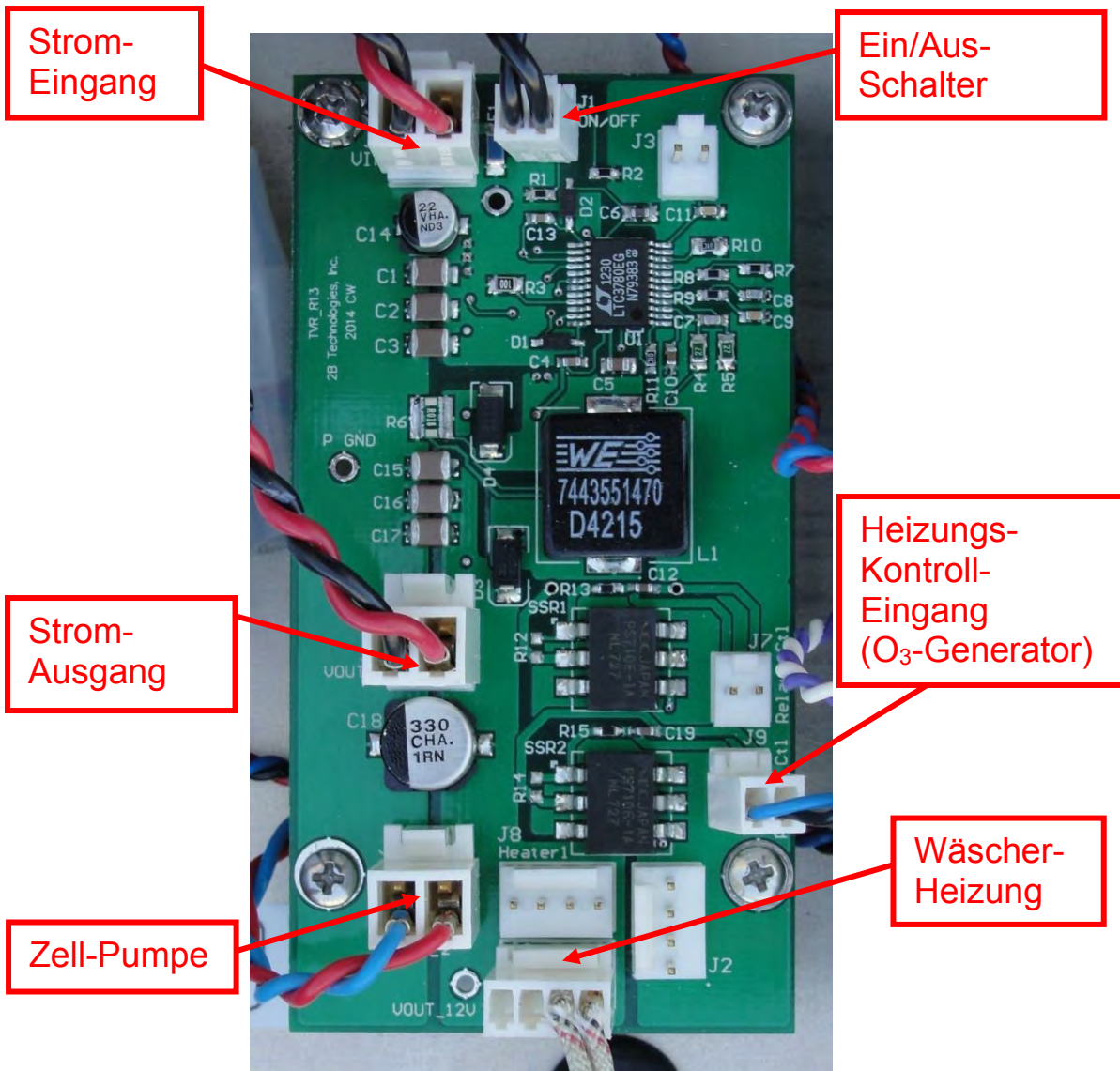


Figur 11.1. Ansicht des Modells 405 nm NO₂/NO_x Monitor von oben ohne Deckel.

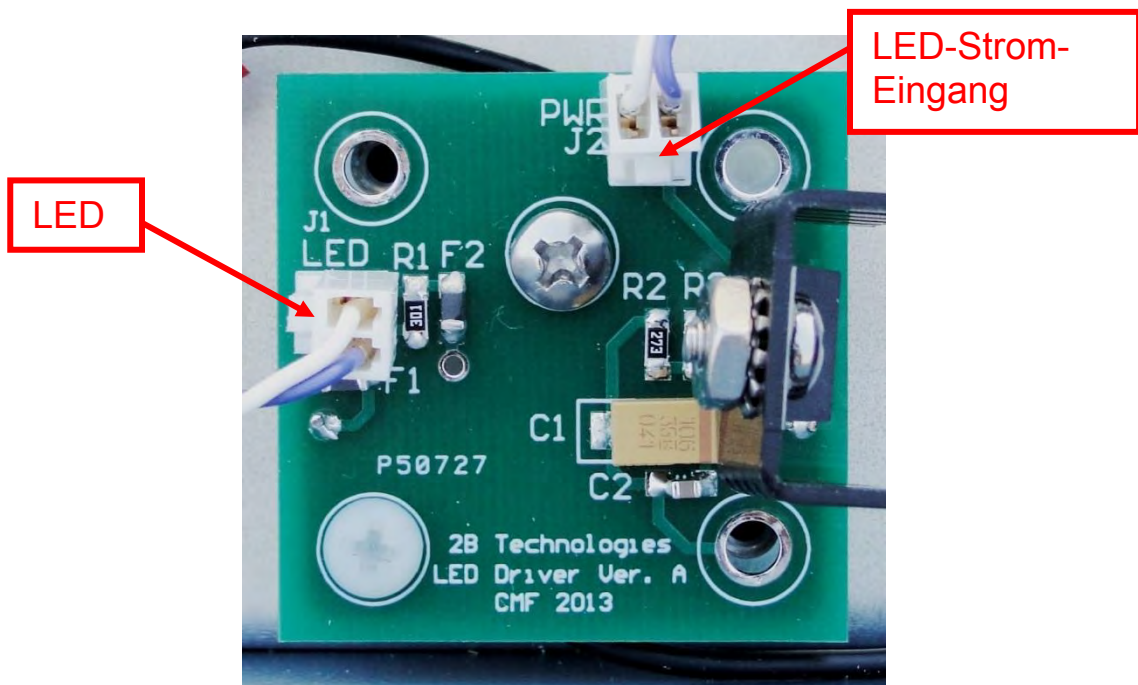




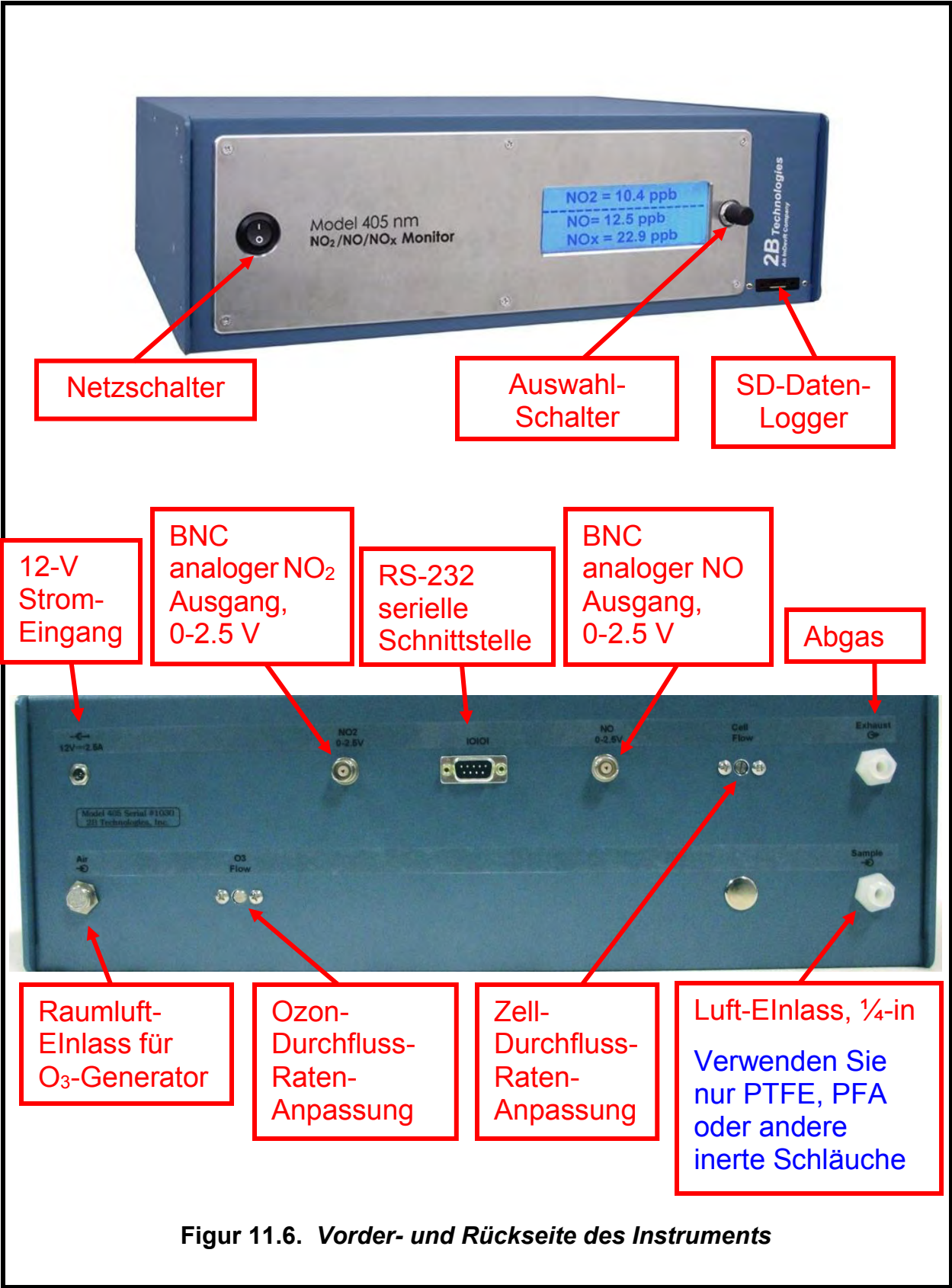
Figur 11.3. DBNOx Leiterplatte



Figur 11.4. Netzplatine



Figur 11.5. LED-Netzplatine



Netzschalter

Auswahl-Schalter

SD-Daten-Logger

12-V Strom-Eingang

BNC analoger NO₂ Ausgang, 0-2.5 V

RS-232 serielle Schnittstelle

BNC analoger NO Ausgang, 0-2.5 V

Abgas

Raumluft-Einlass für O₃-Generator

Ozon-Durchfluss-Raten-Anpassung

Zell-Durchfluss-Raten-Anpassung

Luft-Einlass, 1/4-in
Verwenden Sie nur PTFE, PFA oder andere inerte Schläuche

Figur 11.6. Vorder- und Rückseite des Instruments

12. VERKABELUNG

[Für die DBNOx Leiterplatte: Gegen den Uhrzeigersinn von der oberen rechten Ecke der Abbildung 11.3.]

<u>Beschreibung</u>	<u>Platine</u>	<u>Verbindung</u>	<u>Farben</u>
Strom-Eingang	Main (DBNOx)	J12	Rot/Schwarz
LED-Stromversorgung	Main (DBNOx)	J22	Lila/Weiß
Relaissteuerungs-Ausgang (Heizung)	Main (DBNOx)	J23	Blau/Schwarz
Stromversorgung für den O ₃ - Generator	Main (DBNOx)	J21	Rot/Blau
Druckregelungs-Ventil	Main (DBNOx)	J20	Schwarz/Schwarz
SD-Daten-Logger	Main (DBNOx)	J35	Rot /Gelb/Braun/Schwarz
Serielle Schnittstelle RS-232	Main (DBNOx)	J26	Gelb/Braun/Schwarz
NO analoger Ausgang	Main (DBNOx)	J11	Weiß/Schwarz
Ozon-Umgehungs-Ventil	Main (DBNOx)	J8	Schwarz/Schwarz
NO ₂ -Wäscher-Ventil	Main (DBNOx)	J19	Gelb/Schwarz
Ozon-Ein/Aus/Ventil	Main (DBNOx)	J18	Schwarz/Schwarz
Zell-Durchfluss-Messer	Main (DBNOx)	J32	Rot /Blau/Schwarz
Ozone-Durchfluss-Messer	Main (DBNOx)	J9	Rot /Blau oder Grün/Schwarz
O ₃ -Generator-Fotodiode	Main (DBNOx)	J4	Rot/Blau/Schwarz/Grün
LCD-Display	Main (DBNOx)	J10	Regenbogenfarben
Zell-Temperaturen-Sensor	Main (DBNOx)	J6	Rot/Orange/Grün
Wäscher-Temp.-Sensor	Main (DBNOx)	J38	Rot/Orange/Grün
Proben-Fotodiode	Main (DBNOx)	J29	Rot/Blau/Schwarz/Green
Asuwahl-Schalter	Main (DBNOx)	J5	Grün/Lila/Gelb/Schwarz
Leistungskontakte	Main (DBNOx)	J1	Schwarz/Schwarz
NO ₂ analoger Ausgang	Main (DBNOx)	J7	Weiß/Schwarz
Ein/Aus-Schalter	Power	J1	Schwarz/Schwarz
Strom-Eingang	Power	J4	Rot/Schwarz
Strom-Ausgang	Power	J5	Rot/Schwarz
Proben-Pumpe	Power	J6	Rot/Blau
Relaissteuerungs-Eingang (Heizung)	Power	J9	Blau/Schwarz
Heizer	Power	J10	Weiß/Weiß
LED	LED Driver	J1	Lila/ Weiß
Strom-Eingang	LED Driver	J2	Lila/ Weiß

13. ERSATZTEILE

Die folgende Liste enthält die Teile des Modell 405 nm NO₂/NO/NO_x Monitors, die vom Benutzer gewechselt werden können.

Auf der Website von 2B Technologies finden Sie eine vollständige und aktualisierte Liste der Teile und Preise für das Modell 405 nm: <https://twobtech.com/parts-online.html>

<u>Teile-Nummer</u>	<u>Beschreibung</u>
NOXPUMP405	Proben-Pumpe
NOXVLV405	NO _x -Magnetventil (das Modell 405 verwendet 3 davon)
OZVLV405	Ozon-Magnetventil (das Modell 405 verwendet 2 davon)
NOXDSP405	4-Linien-LCD-Display und Kabel
LEDASSEMBLY405	LED-Baugruppe
PDASSEMBLY405	Fotodioden-Baugruppe und Kabel
NOXBRD405	DBNO _x Leiterplatte
SCRBNO2INT405	NO ₂ Wäscher für den Ozon-Einlass
SCRBEXHST405	Abgas-Wäscher (2 im Modell 405, O ₃ und NO ₂)
DEW	DewLine™ (Nafion-Schläuche)
SERCABL	Serielles Durchgangskabel, Buchse-zu Buchse (zum Computer)
CIGADAP	12 V DC Zigarettenanzünder-Adapter
SDCARD	SD-Karte (ein dünne Profil wird für den Modell 405 Monitor empfohlen)
SDREADER	SD-Kartenleser
TEFTYG25	Teflon-beschichtete Tygon® Schläuche (25 ft)
TEFTYG05	Teflon-beschichtete Tygon® Schläuche (5 ft)
SILTUB05	Silikon-Schläuche (5 ft)

Anhang A: Nutzung der 2B Technologies Display-and-Graphing-Software

Copyright© 2B Technologies. All rights reserved.

Einführung

2B Data Display® ist eine einfache Möglichkeit, Daten von Ihrer seriellen Schnittstelle oder USB-Verbindung anzuzeigen und zu speichern.

Mit einfachen Ein-Klick-Operationen werden die Daten von Ihrem Instrument ausgelesen und auf einem äußerst vielseitigen Diagramm dargestellt. Zwei Elemente, wie Ozon und Temperatur, können gleichzeitig auf dem Diagramm mit mehreren Zoom-Stufen angezeigt werden. Die Daten werden automatisch in eine .txt-Datei gespeichert und können optional in eine .csv-Datei gespeichert werden, um sie in Excel einzuspielen. Gespeicherte Daten können für die spätere Betrachtung und Analyse auf der Karte gespeichert werden. Indem Sie ein Konto bei 2B Technologies anfordern, können Sie Ihre Daten hochladen und auf einem Google Earth-Overlay anzeigen.

Herunterladen der Software

Gehen Sie zu <https://twobtech.com/downloads.html> und wählen Sie die Registerkarte Software. Klicken Sie auf den Link für "2B Tech Display and Download Software". Befolgen Sie die Anweisungen und führen Sie die beiden Installationen bei Bedarf aus und wählen Sie die Datei "setup.exe". Klicken Sie auf den setup.exe-Download, um die 2B Data Display Anwendung zu starten.

Verbindungsgeräte

Mit dem 2B Technologies Monitor verbinden

1. Wählen Sie das Gerät aus den Einstellungen aus, mit dem Sie eine Verbindung aufbauen wollen: Gerät auswählen...
2. Klicken Sie OK.
3. Wählen Sie die Verbindung in den Einstellungen aus: Verbindung...
Wählen Sie die Einstellungen wie folgt aus:
 - a) Schnittstelle:
 - Die Standard-Schnittstelle ist "COM1" für Computer mit seriellen Schnittstellen.
 - Wenn Sie einen USB-Anschluss verwenden, überprüfen Sie die Schnittstelle im "Gerätemanager" unter "Schnittstelle": Bedienfeld, System, Gerätemanager.
 - Wenn Sie einen USB-Adapter verwenden, überprüfen Sie die Schnittstelle wie für einen USB-Anschluss und suchen Sie nach dem Namen des Adapters (z.B. Belkin, Prolific oder andere USB-Adapter-Hersteller).
 - b) Baud Rate: Die standardmäßige Baud-Rate ist 2400. Überprüfen Sie die Einstellungen Ihres Monitors im Menü "Cfg/I/O" und passen Sie die Software

- der Einstellung des Monitors an. Beachten Sie, dass für den USB-Anschluss eines Monitors die Baud-Rate mit der Baud-Rate des Monitors beim Start des Monitors übereinstimmen muss.
- c) Parität: Keine
 - d) Datenbits: 8
 - e) Stop-Bits: 1
4. Klicken Sie auf Startknopf im Bereich der Instrumenten-Datenerfassung in der oberen linken Ecke des Hauptbildschirms.
- a) Das Fenster "Speichern als" erscheint. Es erscheint ein Standard-Dateiname, der aus Datum und Uhrzeit zusammen gesetzt ist. Sie können den Dateinamen den Ort, wo er gespeichert wird, ändern.
 - b) Klicken Sie auf die Schaltfläche "Speichern". Dadurch wird die Datenerfassungs-Software gestartet und die Daten werden in das Diagramm eingefüllt, während sie vom Gerät übertragen werden.
 - c) Der rote OFF-Text wird in einen grünen ON-Text geändert. Der Text: Warten auf Daten ... erscheint, bis die Daten vom Instrument kommen. Wenn beispielsweise die Messfrequenz des Instruments auf 2 Sekunden eingestellt ist, sehen Sie alle 2 Sekunden einen Datenpunkt. Im Avg-Untermenü auf dem Instrument können die Frequenzen auf unterschiedliche Werte eingestellt werden.

Anschluss an die Wetterstation (Davis Vantage Pro)

1. Vergewissern Sie sich, dass die Wetterstation physisch mit der USB-Schnittstelle oder der seriellen Schnittstelle des Computers verbunden ist.
2. Wählen Sie die COM-Schnittstelle für die Wetterstation aus den Einstellungen: Wetteranschlüsse ...
3. Wählen Sie "Wetterdaten abrufen" aus dem Menü "Wetterlink". Es erscheint ein Fenster und die Software wird versuchen, die Daten der Wetterstation abzurufen. Ist die Verbindung gut, werden Wetterdaten im Fenster angezeigt. Wenn nicht, erscheint eine Fehlermeldung. Versuchen Sie es mit einer anderen com-Schnittstelle, wenn die Fehlermeldung erscheint. Sie können dieses Fenster verschieben, sodass es Sie nicht stört, oder Sie können es schließen. Die Wetterdaten werden alle 5 Sekunden aktualisiert.
 - Da der Monitor und die Wetterstation beide COM-Schnittstellen verwenden, müssen Sie möglicherweise einen der USB-Adapter vom PC abschalten, um festzustellen, welches Gerät, welche Schnittstelle verwendet.
4. Um das Fenster wieder hochzuladen, wenn Sie es geschlossen haben, wählen Sie "Display Weather Data."

Daten anzeigen

Das Datennetz

1. Vergewissern Sie sich, dass die Anwendung mit einem Gerät verbunden ist oder dass Sie eine zuvor gespeicherte Datei geöffnet haben.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte "Data Grid" auf der rechten Seite des Bildschirms.
3. Die Datenzeilen, die von Ihrem Instrument empfangen werden, werden in einem Raster mit der letzten Zeile an der Spitze aufgelistet.

4. Die Kopfzeile enthält die gerätespezifischen Variablen (z.B. Ozon, Zell-Temperatur, usw.). Die Log-Nummer wird immer aufgelistet, auch wenn Ihr Instrument nicht darauf eingestellt ist.

Die Registerkarte "Charts"

1. Vergewissern Sie sich, dass die Anwendung mit einem Gerät verbunden ist oder Sie eine zuvor gespeicherte Datei geöffnet haben.
2. Klicken Sie auf die Registerkarte Charts auf der rechten Seite des Bildschirms.
3. Wählen Sie aus den Drop-Down-Fenstern "Data 1" und "Data 2", welche Daten angezeigt werden sollen.
4. Die Datenpunkte werden in einem Diagramm-Fenster in der Mitte des Bildschirms angezeigt.
5. Stellen Sie die Zoomstufe ein, indem Sie die + oder – Tasten unter der Schaltfläche Einstellungen drücken (oben rechts im Bildschirm).
6. Stellen Sie die Y-Skala ein oder stellen Sie die automatische Funktion ein, indem Sie auf die Schaltfläche Einstellungen klicken.
 - a. Klicken Sie auf das "Auto Range"-Feld, um die Autoskalierung zu verwenden.
 - b. Deaktivieren Sie das "Auto Range"-Feld, um Y max und Y min für die Felder Daten 1 und Daten 2 manuell einzustellen.

Die Registerkarte "Buffer"

- Die Auswahl der Registerkarte "Buffer" öffnet ein Pufferfenster, ähnlich wie bei TeraTerm oder HyperTerminal, in dem alle Daten aus der seriellen Schnittstelle angezeigt werden.
- Von dieser Registerkarte aus kann der Benutzer auch Befehle über die serielle Schnittstelle senden, indem er auf der Tastatur eintippt. Dies gilt nur, wenn das angeschlossene Gerät serielle Befehle akzeptiert.
- Dieses Pufferfenster kann auch zur Fehlersuche für Fälle verwendet werden, in denen: Die Baud-Rate, das Gerät oder die serielle Schnittstelle unbekannt sind. Wenn zum Beispiel die Statusleiste im Bereich Instrumenten-Daten-Aufnahme "Empfangen" anzeigt und keine Daten im Datennetz oder in den Charts erscheinen, klicken Sie auf die Registerkarte Buffer, um die seriellen Daten zu sehen. Wenn das richtige Gerät nicht ausgewählt ist, werden keine Daten im Datennetz oder in den Charts angezeigt, sondern Daten werden im Buffer-Fenster angezeigt.

Daten speichern

Daten als .txt-Datei speichern

1. Klicken Sie auf den Startknopf im Instrumenten-Daten-Bereich, um mit dem Sammeln von Daten aus dem Instrument zu beginnen.
2. Ein Fenster öffnet sich, um den Namen und die Position der Datei zu erhalten.
3. Klicken Sie auf Speichern, um mit der Datenerhebung zu beginnen.
4. Alle Daten, die vom Ozon-Monitor über die COM-Schnittstelle gelesen werden, werden in Echtzeit in die .txt-Datei geschrieben, bis Stop angeklickt wird.

Daten als .csv-Datei oder Excel-Datei speichern

HINWEIS: Wetterdaten werden NICHT in der .txt-Datei gespeichert. Um Wetterdaten zu speichern, sollten Sie eine .csv-Datei erstellen, nachdem Stopp geklickt wurde.

1. Nach dem Sammeln von Daten klicken Sie auf den Stop-Knopf im Instrumenten-Daten-Bereich auf dem Hauptbildschirm.
2. Ein Fenster öffnet sich, um Sie zu fragen, ob Sie in eine .csv-Datei speichern möchten. Klicken Sie auf "Ja".
3. Ein Standardname erscheint aus Datum und Uhrzeit der Datenerfassung. Sie können den Namen und Pfad der Datei ändern, wenn Sie möchten.
4. Klicken Sie auf die Schaltfläche Speichern.

Öffnen von Dateien

1. Um eine Datei zu öffnen, klicken Sie auf Öffnen aus dem Menü Datei.
2. Navigieren Sie zu dem Ordner, in dem die Datei gespeichert wurde.
3. Wählen Sie entweder die .txt-Datei oder die Excel-Datei und drücken Sie "Öffnen".
 1. HINWEIS: Um Wetterdaten zu sehen, müssen Sie die entsprechende .csv-Datei öffnen.
4. Wählen Sie das richtige Gerät, das mit der Datei verbunden ist.
 - a. Wenn Sie unsicher sind, öffnen Sie die Datei in einem Texteditor oder Excel, um festzustellen, welches Gerät es ist.

Serielle Befehle

Die Menübefehle sind die gleichen, wie sie an anderer Stelle in diesem Handbuch bereits angegeben wurden.