

# TÜV RHEINLAND IMMISSIONSSCHUTZ UND ENERGIESYSTEME GMBH

Akkreditiertes Prüfinstitut



DAP-PL-3856.99

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmesseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

**TÜV-Bericht: 936/21211350/A**

Köln, 26.10.2009

[www.umwelt-tuv.de](http://www.umwelt-tuv.de)



[luft@de.tuv.com](mailto:luft@de.tuv.com)

**Die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme 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;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung

**nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.**

Die Akkreditierung ist gültig bis 31.01.2013. DAR-Registriernummer: DAP-PL-3856.99.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

**TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH**  
**D - 51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221 806-2756, Fax: 0221 806-1349**



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 3 von 509



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

<b>Geprüfte Messeinrichtung:</b>	AR500 mit ER120
<b>Gerätehersteller:</b>	Opsis AB Skytteskogsvägen 16 S-24402 Furulund Schweden
<b>Prüfzeitraum:</b>	November 2008 bis Oktober 2009
<b>Berichtsdatum:</b>	26.10.2009
<b>Berichtsnummer:</b>	936/21211350/A
<b>Bearbeiter:</b>	Dipl.-Ing. Martin Schneider martin.schneider@de.tuv.com Tel.: ++49 221 806-1614
<b>Fachlich Verantwortlicher:</b>	Dr. Peter Wilbring
<b>Berichtsumfang:</b>	insgesamt 509 Seiten Anhang ab Seite 67 Handbuch ab Seite 367 mit 142 Seiten



## Inhaltsverzeichnis

1.	KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG .....	11
1.1	Bekanntgabevorschlag .....	14
2.	AUFGABENSTELLUNG .....	15
2.1	Art der Prüfung .....	15
2.2	Zielsetzung .....	15
3.	BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG .....	16
3.1	Messprinzip .....	16
3.2	Aufbau und Funktionsweise der Messeinrichtung .....	17
4.	PRÜFPROGRAMM .....	24
4.1	Prüfprogramm nach VDI 4202, Ergebnisse siehe Anhang A .....	30
4.2	Prüfprogramm nach DIN EN 14211, DIN EN 14212 und DIN EN 14625, Ergebnisse siehe Anhang B bis Anhang D .....	31
5	EINGESETZTE REFERENZMATERIALIEN .....	32
5.1	Komponente NO <sub>2</sub> .....	32
5.2	Komponente SO <sub>2</sub> .....	32
5.3	Komponente: Ozon .....	32
6.	ZUSAMMENFASSUNG DER PRÜFERGEBNISSE .....	34
6.1	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse nach VDI 4202 .....	35
6.2	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO .....	41
6.3	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO <sub>2</sub> .....	49
6.4	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14625 für die Komponente O <sub>3</sub> .....	57
7	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ .....	65



8	LITERATURVERZEICHNIS .....	66
9	ANLAGEN .....	66
A	4.1.1 Messwertanzeige .....	68
A	4.1.2 Wartungsfreundlichkeit.....	70
A	4.1.3 Funktionskontrolle .....	71
A	4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten .....	74
A	4.1.5 Bauart.....	75
A	4.1.6 Unbefugtes Verstellen.....	77
A	4.1.7 Messsignalausgang .....	78
A	4.2 Anforderungen an optische Fernmessenrichtungen für den mobilen Einsatz.....	79
A	5.2.2 Messbereich.....	80
A	5.2.3 Negative Messsignale .....	81
A	5.2.4 Analysenfunktion.....	82
A	5.2.5 Linearität .....	91
A	5.2.6 Nachweisgrenze.....	99
A	5.2.7 Zykluszeit .....	106
A	5.2.8 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur .....	107
A	5.2.9 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur.....	113
A	5.2.10 Nullpunktsdrift .....	120
A	5.2.11 Drift des Messwertes.....	126
A	5.2.12 Querempfindlichkeit .....	132
A	5.2.13 Reproduzierbarkeit.....	144
A	5.2.14 Stundenwerte .....	156
A	5.2.15 Netzspannung und Netzfrequenz.....	157
A	5.2.16 Stromausfall .....	162
A	5.2.17 Gerätefunktionen.....	163
A	5.2.18 Verfügbarkeit.....	164

A	5.2.19	Wartungsintervall .....	166
A	5.2.20	Optische Weglänge .....	168
A	5.2.21	Gesamtunsicherheit .....	169
A	5.3	Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen .....	177
B [NO]	8.4	Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor .....	179
B [NO]	8.4.3	Einstellzeit .....	181
B [NO]	8.4.4	Kurzzeitdrift .....	184
B [NO]	8.4.5	Wiederholstandardabweichung .....	187
B [NO]	8.4.6	„Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression) .....	189
B [NO]	8.4.7	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes .....	195
B [NO]	8.4.8	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur .....	197
B [NO]	8.4.9	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur .....	199
B [NO]	8.4.10	Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung .....	203
B [NO]	8.4.11	Störungen .....	205
B [NO]	8.4.12	Mittelungsprüfung .....	209
B [NO]	8.4.13	Differenz Proben-/Kalibriereingang .....	212
B [NO]	8.4.14	Konverterwirkungsgrad .....	213
B [NO]	8.5	Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung .....	215
B [NO]	8.5.4	Langzeitdrift .....	217
B [NO]	8.5.5	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen .....	220
B [NO]	8.5.6	Kontrollintervall .....	222
B [NO]	8.5.7	Verfügbarkeit .....	223
B [NO]	Anhang A der DIN EN 14211 (normativ) Berechnung der Verweilzeiten für eine maximal zulässige NO <sub>2</sub> - Zunahme in der Probenahmeleitung .....		225
Eignungsanerkennung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO .....			227
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4	Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor .....	236
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.3	Einstellzeit .....	238
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.4	Kurzzeitdrift .....	241



C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.5 Wiederholstandardabweichung .....	245
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.6 „Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression) .....	248
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes .....	254
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur .....	256
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur .....	258
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung.....	262
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.11 Störungen.....	264
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.12 Mittelungsprüfung.....	269
C [SO <sub>2</sub> ]	8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang .....	272
C [SO <sub>2</sub> ]	8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung .....	273
C [SO <sub>2</sub> ]	8.5.4 Langzeitdrift.....	275
C [SO <sub>2</sub> ]	8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen .....	279
C [SO <sub>2</sub> ]	8.5.6 Kontrollintervall.....	281
C [SO <sub>2</sub> ]	8.5.7 Verfügbarkeit .....	282
	Eignungsanerkennung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO <sub>2</sub> .....	284
D [O <sub>3</sub> ]	8.4 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor .....	293
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.3 Einstellzeit.....	295
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.4 Kurzzeitdrift .....	297
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.5 Wiederholstandardabweichung.....	301
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.6 „Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression) .....	304
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes .....	310
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur .....	312
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur .....	314
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung .....	318
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.11 Störungen .....	320
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.12 Mittelungsprüfung .....	324
D [O <sub>3</sub> ]	8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang.....	327



D [O <sub>3</sub> ]	8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung .....	328
D [O <sub>3</sub> ]	8.5.4 Langzeitdrift .....	330
D [O <sub>3</sub> ]	8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen .....	334
D [O <sub>3</sub> ]	8.5.6 Kontrollintervall .....	336
D [O <sub>3</sub> ]	8.5.7 Verfügbarkeit.....	337
	Eignungsanerkennung nach DIN EN 14625 für die Komponente O <sub>3</sub> .....	339
7.1	Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u <sub>bs</sub> [8.5.3.2] .....	348
7.1	Vergleich mit der Standard Referenz Methode [8.5.3.3] .....	355



## **1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag**

### **Kurzfassung**

Im Auftrag der Firma Opsis AB führte die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung AR500 mit neuer kombinierter Sendempfangseinheit ER120 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> durch.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI 4202 Blatt 2: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Optische Fernmesseinrichtungen zur Messung von gasförmigen Immissionen vom Juli 2004
- VDI 4203 Blatt 4: Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für optische Fernmesseinrichtungen zur Messung von gasförmigen Immissionen, vom Juli 2005
- DIN EN 14211 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, vom Juni 2005
- DIN EN 14212 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz, vom Juni 2005
- DIN EN 14625 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie, vom Juli 2005
- Leitfaden „Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“, vom Juli 2009

**Die Messeinrichtung besitzt bereits eine Eignungsbekanntgabe für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> (GMBI, 1993, Nr. 26, S.471; GMBI 1999, Nr. 22, S.448). Der Grund für die erneute Eignungsprüfung war die Prüfung der Messeinrichtung im Hinblick auf die neuen Anforderungen der:**

**DIN EN 14211 (NO<sub>2</sub>)**

**DIN EN 14212 (SO<sub>2</sub>)**

**DIN EN 14625 (O<sub>3</sub>)**

**sowie erweiterte Vergleichsuntersuchungen gegen die jeweiligen Referenzmethoden nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.**

Die Hardware und Software des Analysators AR500 blieben gegenüber der Erstbekanntgabe unverändert. Dennoch wurde eine komplette Neuprüfung mit der neuen Sende-Empfangseinheit sowie anhand der neuesten Prüfkriterien durchgeführt.

Die geprüfte Messeinrichtung arbeitet **nicht** nach den jeweiligen EU Referenzmethoden. In Anhang E sind die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen mit den jeweiligen Referenzmethoden vor und während des Feldtestes aufgeführt. Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines dreimonatigen Feldtests als Dauerstandversuch.

Die geprüften Messbereiche betragen:

Komponente		Messbereiche	
		VDI 4202	EN Normen
Stickstoffdioxid	NO <sub>2</sub>	400 µg/m <sup>3</sup>	1800 µg/m <sup>3</sup> *
Schwefeldioxid	SO <sub>2</sub>	700 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup> **
Ozon	O <sub>3</sub>	360 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup> ***

\* DIN EN 14211; \*\* DIN EN 14212; \*\*\* DIN EN 14625;

Während der Linearitätsuntersuchungen wurden bei allen Komponenten zusätzlich zu den geforderten Prüfgaskonzentrationen noch erweiterte Untersuchungen im Bereich von 0 bis B<sub>1</sub> durchgeführt, um zu zeigen, dass die Messgeräte auch bei kleinen Messgaskonzentrationen linear arbeiten.

Die Prüfanforderungen der EN 14211 beziehen sich auf die Prüfung der Komponente NO, da das hier vorgeschriebene Messprinzip - die Chemilumineszenz - nur diese Komponente messen kann. Die hier geprüfte Messeinrichtung ist in der Lage, NO<sub>2</sub> direkt zu messen. Daher wurde der Messbereich sowie die jeweiligen Referenzgaskonzentrationen bei den einzelnen Tests gemäß EN 14211 auf umgerechnete „NO als NO<sub>2</sub>“ -Konzentrationen bezogen (Faktor 1,53).

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immission von Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Ozon vorgeschlagen.

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine Mehrkomponenten-Immissionsmeseinrichtung zur Bestimmung der Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>. Zur besseren Übersicht ist der Bericht wie folgt aufgebaut:

**Kapitel 1** beinhaltet die Kurzfassung und den Bekanntgabevorschlag.

**Kapitel 2** beschreibt Art und Ziel der durchgeführten Eignungsprüfung.

**Kapitel 3** gibt einen Überblick über Umfang und Aufbau der geprüften Messeinrichtung.

**Kapitel 4** enthält eine Übersicht des durchgeführten Prüfprogrammes.

**Kapitel 5** beschreibt die Referenzmessverfahren.

In **Kapitel 6** befindet sich eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Berechnung der Gesamtunsicherheit wie folgt:

**Abschnitt 6.1** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse nach VDI 4202 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>.

**Abschnitt 6.2** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO.

**Abschnitt 6.3** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>.

**Abschnitt 6.4** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>.

**Kapitel 7** enthält Empfehlungen zum Praxiseinsatz.

**Kapitel 8** beinhaltet das Literaturverzeichnis.

In **Kapitel 9** befinden sich die Anhänge. In den Anhängen sind die durchgeführten Prüfungen detailliert aufgeführt. Der Aufbau ergibt sich wie folgt:

**Anhang A** enthält die detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie die Auswertung und Darstellung der **Prüfergebnisse nach VDI 4202 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>**.

**Anhang B** enthält die detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie die Auswertung und Darstellung der **Prüfergebnisse nach DIN EN 14211 für die Komponenten NO**.

**Anhang C** enthält die detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie die Auswertung und Darstellung der **Prüfergebnisse nach DIN EN 14212 für die Komponenten SO<sub>2</sub>**.

**Anhang D** enthält die detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie die Auswertung und Darstellung der **Prüfergebnisse nach DIN EN 14625 für die Komponenten O<sub>3</sub>**.

**Anhang E** enthält die detaillierte Darstellung der Ergebnisse der erweiterten Vergleichsuntersuchungen nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.



### 1.1 Bekanntgabevorschlag

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

**1.2 Gerätebezeichnung** : AR500 mit ER120

**1.2.1 Softwareversion** : 7.21

**1.3 Messkomponenten** : NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

**1.4 Hersteller** : Opsis AB  
Skytteskogsvägen 16  
S-24402 Furulund  
Schweden

**1.5 Einsatzbereich** : Zur stationären Immissionsmessung von Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Ozon

**1.6 Messbereiche bei der Eignungsprüfung** : Messbereiche nach VDI 4202:

Komponente	Einheit
NO <sub>2</sub>	0 - 400 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0 - 700 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	0 - 360 µg/m <sup>3</sup>

Messbereiche nach EN Normen

Komponente	MB	Einheit
NO <sub>2</sub>	0 - 1800	µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	0 - 1000	µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	0 - 500	µg/m <sup>3</sup>

**1.7 Einschränkungen** : -

**1.8 Hinweise** : 1. Bei der Eignungsprüfung betrug die Messstrecke 320 m.  
2. Das Wartungsintervall beträgt 4 Wochen.  
3. Die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß der Anforderungen des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ wurde für die Komponenten NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> nachgewiesen.  
4. Eine Funktionskontrolle mit einer externen Prüfgasaufgabe ist möglich.

**1.9 Prüfinstitut** : TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, Köln  
TÜV Rheinland Group

**1.10 Prüfbericht** : 936/21211350/A vom 26.10.2009

## 2. Aufgabenstellung

### 2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der Firma Opsis AB wurde von der TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH eine Eignungsprüfung für die Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 zur Bestimmung der Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

### 2.2 Zielsetzung

Ziel der Prüfung war zu zeigen, dass die Messeinrichtung die deutschen Mindestanforderungen nach VDI 4202 Blatt 4 und die Anforderungen der DIN EN 14211, DIN EN 14212 und DIN EN 14625 erfüllt. Ausserdem wurden Vergleichsuntersuchungen gegen die jeweilige Referenzmethode nach dem Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ durchgeführt.

Dazu wurde die Messeinrichtung in den Messbereichen nach Tabelle 1 geprüft.

Tabelle 1: Geprüfte Messbereiche

Komponente		Messbereiche	
		VDI 4202	EN Normen
Stickstoffdioxid	NO <sub>2</sub>	400 µg/m <sup>3</sup>	1800 µg/m <sup>3</sup> *
Schwefeldioxid	SO <sub>2</sub>	700 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup> **
Ozon	O <sub>3</sub>	360 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup> ***

\* DIN EN 14211; \*\* DIN EN 14212; \*\*\* DIN EN 14625;



### 3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

#### 3.1 Messprinzip

Die Funktionsweise der Messeinrichtung AR500 beruht auf der Differenziellen Optischen Absorptions-Spektroskopie (DOAS). Beim DOAS- Messprinzip wird die charakteristische Strahlungsabsorption durch gasförmige Komponenten zur quantitativen Bestimmung ihrer Konzentration eingesetzt.

Die Absorption wird durch das Lambert-Beersche Gesetz beschrieben.

$$I = I_0 * e^{-\alpha(\lambda)*C*L}$$

I = gemessenen Intensität

I<sub>0</sub> = Intensität ohne Absorption

α(λ) = Absorptionskoeffizient bei der Wellenlänge λ

L = Messstreckenlänge

C = Konzentration

Die Lichtintensität I<sub>0</sub> entzieht sich in einer offenen Messstrecke der direkten Messung. Man arbeitet deshalb mit dem differentiellen Absorptionskoeffizienten, der ein Maß für den Teil der Absorption ist, um den sich die gemessene Absorption I vom breitbandigen Untergrund I<sub>0</sub> unterscheidet.

Nach der Bestimmung von I<sub>0</sub> kann die Konzentration C berechnet werden, wenn der differentielle Absorptionskoeffizient bekannt ist. Durch die Verwendung breitbandiger Lichtquellen steht ein ganzer Spektralbereich zur Verfügung. Man kann also mit mehreren charakteristischen Linien des zu messenden Probengases arbeiten.

Der breitbandige Untergrund I<sub>0</sub> wird durch mathematische Annäherung bestimmt. Dazu wird der gemessenen Intensitätsverteilung I ein Polynom höherer Ordnung angepasst. Bei geeigneter Wahl der Ordnung des Polynoms bleiben schmalbandige Strukturen (Absorptionslinien) erhalten.

In der Atmosphäre, die kein reines Gas, sondern ein Gemisch aus Gasen, Aerosolen und Partikeln ist, ist für die Schwächung der Lichtintensität neben der Absorption auch die Streuung des Lichts an Molekülen und Partikeln verantwortlich. Der Beitrag der Streuung zur Lichtschwächung findet sich im breitbandigen Bereich. Die Lichtemission der Lampe hängt von der Wellenlänge ab. Die gemessene Lichtintensität wird dadurch im wesentlichen auch im breitbandigen Bereich beeinflusst. Bei dem geprüften Messverfahren wird der breitbandige Bereich durch ein Polynom fünfter Ordnung angenähert.

Die Konzentration lässt sich nach der Bestimmung von I<sub>0</sub> aus der Gleichung

$$I(\lambda_i) = I_0 * e^{-\Delta\alpha(\lambda_i)*C*L}$$

$$\Delta\alpha(\lambda_i) * C * L = \ln \frac{I_0}{I(\lambda_i)} = A(\lambda_i)$$

ableiten.



Tatsächlich benutzt man zur Bestimmung der Konzentration mehrere Linien und leitet die Konzentration C dadurch ab, dass man das Minimum des Ausdrucks

$$\sum_i [A(\lambda_i) - \Delta\alpha(\lambda_i) * C_j * L]^2$$

sucht.

Das Verfahren lässt sich dann auf mehrere Stoffe gleichzeitig anwenden, wenn die differentiellen Absorptionskoeffizienten bekannt sind. Es wird dann das Minimum des Ausdrucks

$$\sum_i \sum_j [A(\lambda_{ij}) - \Delta\alpha(\lambda_{ij}) * C_j * L]^2$$

bestimmt. C<sub>j</sub> sind die gesuchten Konzentrationen.

Die differentiellen Absorptionskoeffizienten, in die auch Einflüsse des Analysators eingehen, wurden im Labor des Herstellers unter Bedingungen bestimmt, die auch die Messung von I<sub>0</sub> zulassen. Aus bekannten Konzentrationen ergeben sich die differentiellen Absorptionskoeffizienten

$$\Delta\alpha(\lambda_i) = \frac{\ln(I_0 / I(\lambda_i))}{C * L}$$

Diese Koeffizienten werden im Analysator hinterlegt.

### 3.2 Aufbau und Funktionsweise der Messeinrichtung

Der wesentliche Unterschied, den das Fernmesssystem gegenüber herkömmlichen Messsystemen aufweist, ist die fehlende abgeschlossene Messkammer. Diese wird durch eine offene Messstrecke ersetzt. Da diese offene Messstrecke mehrere hundert Meter lang sein kann (320 m während des Feldtestes), wird die zu messende Komponente über die gesamte Messstrecke gemessen, also wegintegriert.

Diese Art zu messen hat den prinzipiellen Vorteil des berührungslosen Messens. Ad- und Absorptionseffekte, die in einer Probennahmeverrichtung möglich sind entfallen, da die Messung ohne Probennahme funktioniert. Die Messeinrichtung AR500 misst ohne chemische Umsetzung nur anhand der physikalischen Absorption im Messgut.

Das DOAS Fernmesssystem AR500 mit ER120 besteht aus einer kombinierten Sendempfangseinheit, einer Reflektoreinheit sowie dem Analysator. Das aufgefangene Licht wird mittels Glasfaserkabel von der Sendempfangseinheit zum Analysator geleitet.

### Kombinierte Sende-Empfangseinheit ER 120

Die kombinierte Sende-Empfangseinheit ER120 enthält die optischen Bauteile sowie die Xenon-Lichtquelle und das Netzgerät PS150 zur Zündung der Lichtquelle.

Die eingesetzte Hochdruck-Xenon-Lampe ist eine Punktlichtquelle. Das Licht wird mittels Funkenentladung durch hochreines Xenongas bei einem Druck von etwa 30 bar erzeugt. Die Lampe wird durch eine stabilisierte Gleichspannungsquelle versorgt und benötigt einen kurzen Hochspannungs-Zündimpuls.

Die Strahlung der Lampe umfasst den ultravioletten, den sichtbaren und den infraroten Wellenlängenbereich. Die Wellenlängenverteilung ist kontinuierlich, mit Ausnahme einiger Peaks im nahen Infrarotbereich.

Das System kann mit zwei verschiedenen Lampen betrieben werden. Der einzige Unterschied zwischen ihnen liegt im Ultraviolettbereich des Spektrums. Während der Eignungsprüfung wurde Lampentyp B (Standardlampe) verwendet. Der Lampentyp B erzeugt keine Wellenlängen, die kürzer als 220 nm sind.

<b>Die technischen Daten der Lampen</b>	
Lampentyp	Xenon-Hochdrucklampe Typ B, ozonfrei (standard) oder Typ A, ozonerzeugend
Leistungsaufnahme	150 W
Funkenstrecke	2,0 mm
Lampenstrom	8,0 (±0,5) A <sub>DC</sub>
Spannungsgefälle in der Lampe	ca. 18 V <sub>DC</sub>

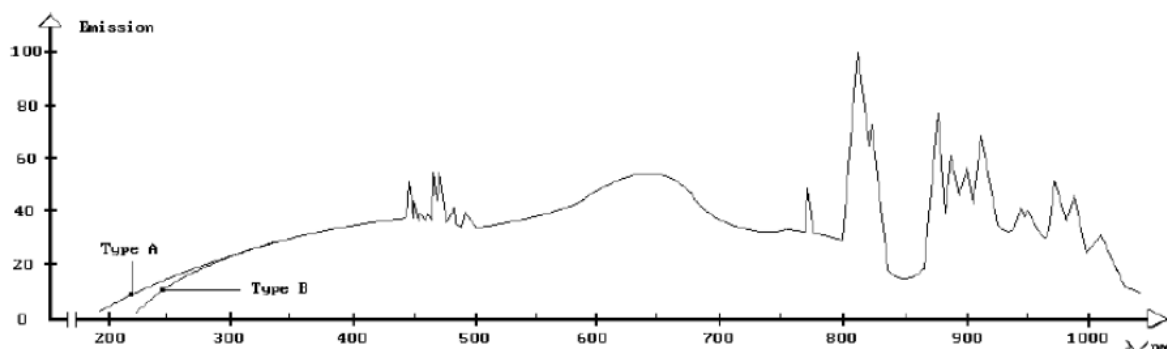


Abbildung 1: Spektralverteilung der Xenon Lampen.

Zur Zündung der Xenon-Lampe wird ein sehr kurzer Hochspannungsimpuls benötigt. Dieser wird von einer speziellen Zündeinheit geliefert. Die Einheit wird durch eine Gleichspannung von 80 V aktiviert, die vom Netzteil geliefert wird. Die Zündeinheit sowie das Netzteil sind in der kombinierten Sende-Empfangseinheit montiert.

Die Lampe sitzt am vorderen Ende der Sende-Empfangseinheit. Sie sendet ein Licht im Wellenlängenbereich von ca. 100 bis 2000 nm in Richtung des Brennpunktes eines Parabolspiegels am hinteren Ende der Einheit aus. Der Parabolspiegel richtet das Licht parallel aus und schickt es wieder an der Lampe vorbei durch das Quarzglas Frontfenster in Richtung der Reflektoreinheit. Der Lichtstrahl trifft nach der Hälfte der Messstrecke auf einen fest installierten Reflektor und wird über die gleiche Messstrecke wieder zurückgeworfen. Der Lichtstrahl tritt nach Abschwächung durch die offene Messstrecke wieder in die Sende-Empfangseinheit ein und wird durch einen weiteren Parabolspiegel auf die Eintrittsfläche eines Glasfaserkabels fokussiert. Dieses Glasfaserkabel sitzt im Brennpunkt des Parabolspiegels und besitzt einen lichtaktiven Kerndurchmesser von 0,6 mm. Das Glasfaserkabel transportiert das Lichtsignal zum Analysator.



*Abbildung 2: Sende-Empfangseinheit ER120 mit und ohne Abdeckung*



*Abbildung 3: Reflektorspiegel (links), Reflektoreinheit während des Feldtests (rechts)*

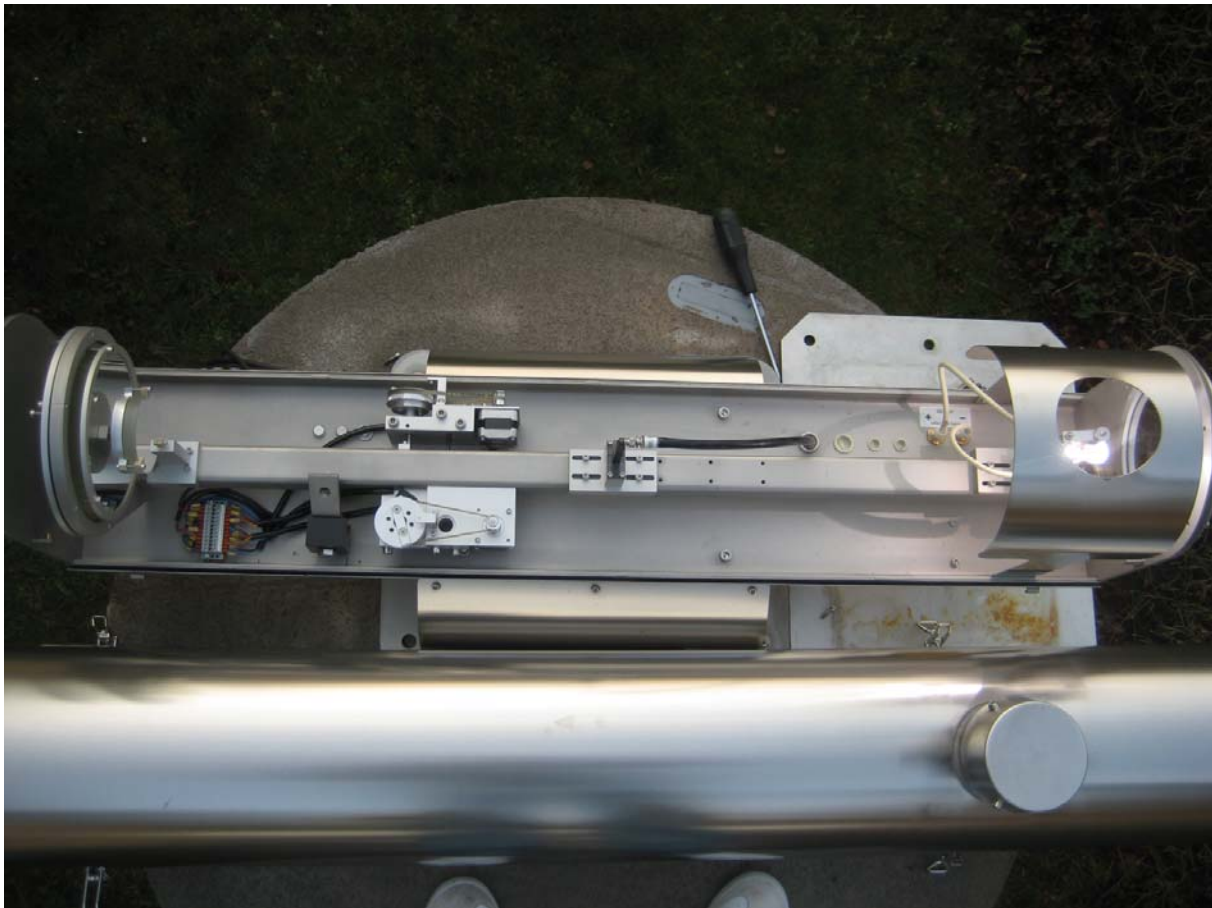


Abbildung 4: ER120 von oben

### **Automatische Null- und Referenzpunktkontrolle**

In der Sende-Empfangseinheit befindet sich ebenfalls eine automatische Funktionskontroll-einrichtung. Diese besteht aus den gleichen Spiegeln, die auch in der Reflektoreinheit verwendet werden. Vor den Spiegeln befindet sich noch eine Messgaszelle, die mit Prüfgas aus Prüfgasflaschen oder einem Ozongenerator gefüllt werden kann. In aktiviertem Zustand wird die Kalibriereinheit in den Strahlengang eingefahren. Der Lichtstrahl der Xenonlampe wird durch ein Loch in der Mitte der Kalibriereinheit auf den Parabolspiegel geworfen. Dieser bündelt das Licht und wirft es im Messmodus wieder an der Lampe vorbei in Richtung Reflektoreinheit am Ende der Messtrecke. Bei aktiverter Kalibriereinheit wird der Lichtstrahl aber direkt von dieser wieder zurück auf den Empfangsparabolspiegel und weiter zum Lichtwellenleiter geleitet. Das Licht passiert also nicht die Messtrecke und somit kann ein Nullpunkt simuliert werden.

Zur Referenzpunktkontrolle wird die Messgaszelle an der Funktionskontroll-einheit mit Prüf-gasen aus einer Druckgasflasche gefüllt. Der Lichtstrahl wird auf die gleiche Weise wie bei der Nullpunktkalibrierung geleitet, passiert allerdings auf seinem Weg zum und vom Spiegel weg zweimal die mit Gas gefüllte Küvette.

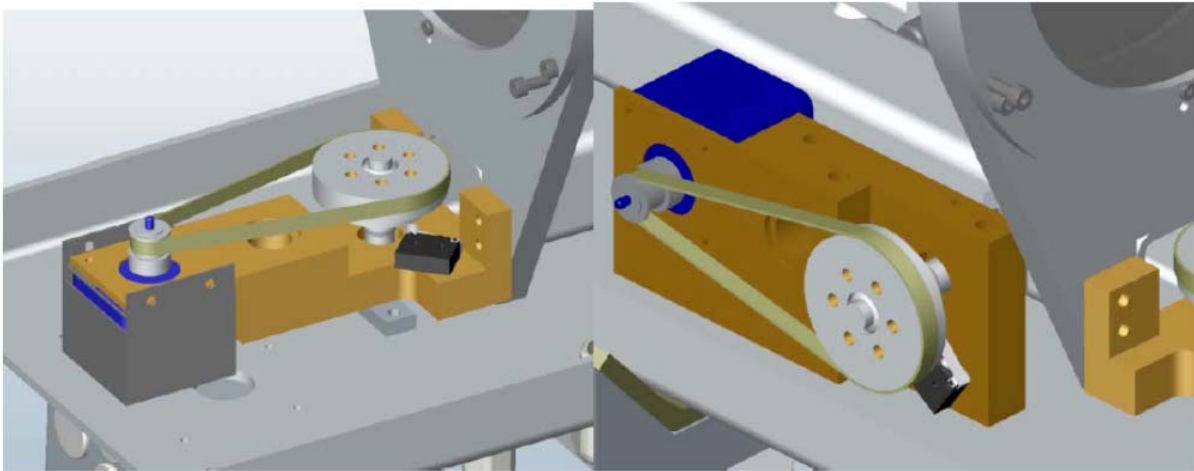


*Abbildung 5: Automatische Kalibriereinrichtung (inaktiver Zustand)*



*Abbildung 6: Automatische Kalibriereinrichtung (aktiver Zustand)*

Die kombinierte Sende-Empfangseinheit ist mit einem automatischen Lichtoptimierungssystem ausgestattet. Dieses softwaregesteuerte System wird nach der manuellen Grundausrichtung bei der Justierung der Sende-Empfangseinheit aktiviert. Das System kontrolliert in regelmäßigen Abständen (frei wählbar, während das Feldtests alle 20 Messzyklen = alle 30 Minuten) die Ausrichtung der Sende-Empfangseinheit zum Reflektor. Falls nötig, wird der Sendeparabolspiegel durch Stellmotoren neu justiert. Die gesamte Prüfprozedur nimmt etwa 30 Sekunden in Anspruch.



*Abbildung 7: Stellmotoren des Lichtoptimierungssystems*

## Analysator

Das beim Analysator eintreffende Licht wird in ein Spektrometer geleitet. Im Inneren des Spektrometers zerlegt ein Gitter das Licht in seine verschiedenen Wellenlängenanteile. Das so zerlegte Licht wird dann auf einen sich schnell bewegenden Abtastschlitz projiziert, hinter dem ein Photomultiplier-Detektor installiert ist, durch den ein ausgewählter Teil des Spektrums erfasst wird. Der Abtastschlitz macht es möglich, mit nur einem Detektor alle Wellenlängen einzeln aufzunehmen.

Da das Gitter beweglich ist, kann jeder gewünschte Teil des Spektrums erfasst werden. Das Wellenlängenfenster kann somit unter Berücksichtigung solcher Parameter wie Empfindlichkeit und Störeinfluss anderer Schadstoffe für eine bestimmte Komponente eliminiert werden. Es werden ca. 100 Abtastsignale pro Sekunde aufgenommen.

Der Detektorstrom wird durch einen 12-Bit-A/D-Wandler in ein Digitalsignal umgewandelt, das dann in einem Mehrkanalregister gespeichert und aufsummiert wird. Das erfasste Spektrum ist im UV-Bereich in der Regel 40 nm und im IR-Bereich doppelt so breit. Jede Abtastung wird in Form von 1000 Punkten digitalisiert.

Jede einzelne Messkomponente wird über einen auswählbaren Zeitraum gemessen. Wenn die Messwertsummierung abgeschlossen ist, beginnt der Auswertevorgang. Gleichzeitig wird die nächste Messwertsummierung gestartet.

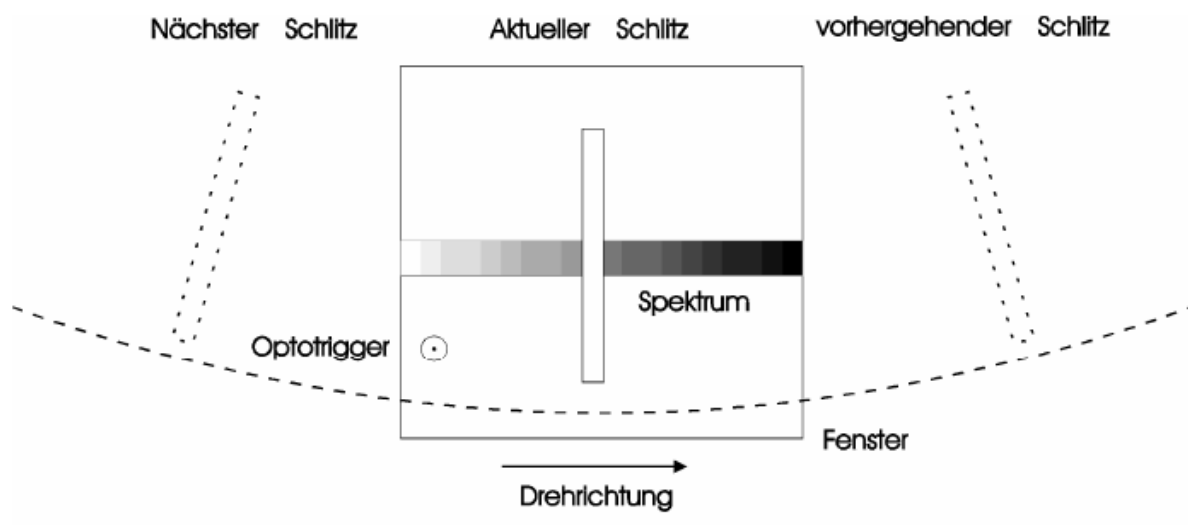


Abbildung 8: Aufnahme der Einzelspektren

## Glasfaserkabel

Für das AR500-System sind drei verschiedene Ausführungen des Glasfaserkabels erhältlich. Während der Eignungsprüfung wurde das Kabel OF60-S mit einer Länge von 10 m verwendet.

## 4. Prüfprogramm

Die Labor- und Feldprüfungen wurden mit zwei identischen Geräten des Typs AR500 mit den Gerätenummern

Gerät 1: Nr. 1329

Gerät 2: Nr. 1330

durchgeführt.

### Labortest

Die Messeinrichtung AR500 arbeitet mit offener Messstrecke. Eine Messstrecke von 320 m ist jedoch im Labor nicht einwandfrei simulierbar. Deshalb wurde bei diesen Untersuchungen auf die von der UMEG bei der Ursprungsprüfung der Messeinrichtung AR 500 für SO<sub>2</sub> [11] erzielten Grundsatzuntersuchungen zurückgegriffen.

Zur Laborprüfung wurde eine ca. 1 m lange Kalibrierstrecke verwendet. Die Kalibrierstrecke wurde durch eine externe Xenon-Lampe (gleicher Typ wie in der Feldüberprüfung) mit Licht durchstrahlt. Der Lichtstrahl wurde im Lampengehäuse gebündelt und durch ein 5 m langes Glasfaserkabel auf einen kleinen Parabolspiegel am Anfang der Messstrecke geleitet. Von dort wurde der Strahl durch die Kalibrierstrecke zu einem weiteren Parabolspiegel am Ende der Messstrecke und von dort wieder durch ein Glasfaserkabel (Länge 5 m) zu den Analysatoren geleitet. Die eigentliche Prüfgasaufgabe erfolgte mit kurzen, geschlossenen Durchflussküvetten, die mit Prüfgasen hoher Konzentration aus Druckgasflaschen durchströmt wurden. Die für einzelne Prüfungsteile erforderlichen Konzentrationsstufen wurden durch den Einsatz verschieden langer Durchflusszellen zwischen 10 mm und 900 mm erzielt. In Abbildung 9 und Abbildung 10 ist der Versuchsaufbau dargestellt.

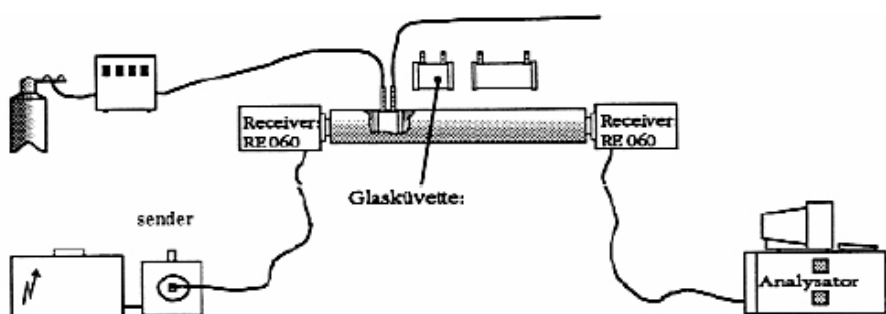


Abbildung 9: Schematischer Versuchsaufbau



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 25 von 509



Abbildung 10: Versuchsaufbau



Abbildung 11: Aufnahme der Messeinrichtungen während Labor und Feldtest

### Feldtest

Der Feldtest erfolgte entlang einer Waldstraße in Furulund, Schweden. Die Sende-Empfangseinheiten wurden auf 2 Betonblöcke montiert. Die Reflektoreinheit wurde an einen Laternenmast in 160 Metern Entfernung montiert. Damit ergab sich während des Feldtests eine Messweglänge von 320 Metern. Die Analytoren befanden sich in einem klimatisiertem Laborraum.



*Abbildung 12: Blick von der Sende-Empfangseinheit in Richtung Reflektor*



*Abbildung 13: Blick vom Reflektor in Richtung Sende-Empfangseinheit*

Der nach VDI 4202 und den verschiedenen DIN EN Normen ausgewertete Feldtest wurde vom 08.04.2009 bis zum 09.07.2009 durchgeführt. Der Feldtest wurde zwischen dem 11.05.2009 und dem 15.05.2009 für 52 Stunden unterbrochen, um einige Querempfindlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei wurden lediglich die Glasfaserkabel der Sende-Empfangseinheit vom Analysator getrennt und die Glasfaserkabel der Kalibrierbank für die Laborversuche angeschlossen. Es wurden keine Justierungen an der Messeinrichtung vorgenommen. Die Messeinrichtungen zeigen sowohl auf der Prüfbank als auch nach Rückbau zum normalen Messbetrieb anforderungsgemäße Messergebnisse. Der Zeitraum der Unterbrechung wurde in der Verfügbarkeitsberechnung mitbewertet. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen.

Die gesamte Feldinstallation war allerdings von November 2008 bis Juli 2009 installiert. Während des gesamten Zeitraums liefen parallel zu den AR500 Systemen noch drei eignungsgeprüfte Referenzmeseinrichtungen vom Typ Teledyne 100E (SO<sub>2</sub>), 200E (NO<sub>x</sub>) und 400E (O<sub>3</sub>). Diese Immissionsmonitore waren im gleichen Labor wie die AR500 Analysatoren aufgestellt und bezogen ihr Messgas aus der Nähe der Sende-Empfangseinheit.

Von April bis Juli wurden zusätzlich noch drei weitere eignungsgeprüfte Referenzmeseinrichtungen vom Typ Horiba APSA 370 (SO<sub>2</sub>), APNA 370 (NO<sub>x</sub>) sowie APOA 360 (O<sub>3</sub>) in einem Messcontainer auf der Reflektorseite betrieben.



Mit diesen Systemen 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 einem Monat zum Vergleich der AR500 Systeme mit den bereits eignungsgeprüften Systemen ausgewählt. Die bewerteten Monate waren:

Monat	Vergleichssysteme, installiert auf	
	S/E- Seite	Reflektorseite
Januar	M100	---
	M200	---
	M400	---
März	M100	---
	M200	---
	M400	---
Mai	M100	APSA 370
	M200	APNA 370
	M400	APOA 360
Juli	M100	APSA 370
	M200	APNA 370
	M400	APOA 360

Vergleichssystem	Bekanntgabe
M100E (SO <sub>2</sub> )	BA 06.11.2007 Nr. 206 S. 7925
M200E (NO <sub>x</sub> )	BA 06.11.2007 Nr. 206 S. 7925
M400E (O <sub>3</sub> )	BA 29.10.2005 Nr. 206 S. 15700
APOA 360 (O <sub>3</sub> )	GMBI 1996 Nr. 28 S. 595
APSA 370 (SO <sub>2</sub> )	BA 14.10.2006 Nr. 194
APNA 370 (NO <sub>x</sub> )	BA 14.10.2006 Nr. 194

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 29 von 509



*Abbildung 14: Immissionmessgeräte im Labor auf der Sende-Empfangsseite*



*Abbildung 15: Immissionmessgeräte im Messcontainer auf der Reflektorseite*

Die Auswertung des Labor-sowie des Feldtestes erfolgte auf Basis der in Tabelle 1 genannten Zertifizierungsbereiche.

#### **4.1 Prüfprogramm nach VDI 4202, Ergebnisse siehe Anhang A**

Nach den Vorschriften der Richtlinie VDI 4202 Bl. 2 ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Überprüfung der allgemeinen Gerätefunktionen
- Ermittlung der Geräte Kennlinie mit Prüfgasen
- Ermittlung der Querempfindlichkeit des Messsystems gegen Messgutbegleitstoffe
- Prüfung der Stabilität des Null- und Referenzpunktes im zulässigen Umgebungstemperaturbereich
- Ermittlung des Einflusses von Netzspannungsänderung auf das Messsignal
- Bestimmung der Nachweisgrenze
- Bestimmung der Einstellzeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit

Nach den Vorschriften der Richtlinie VDI 4202 Bl.2 ergab sich folgendes Versuchsprogramm während des Feldtests:

- Funktionsprüfung der allgemeinen Gerätefunktionen
- Funktionsprüfung der Messeinrichtungen zu Beginn und Ende des Feldtests
- Ermittlung der Nachweisgrenzen
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit
- Bestimmung des Driftverhaltens am Null- und Referenzpunkt
- Ermittlung des Wartungsintervall
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit

#### **4.2 Prüfprogramm nach DIN EN 14211, DIN EN 14212 und DIN EN 14625, Ergebnisse siehe Anhang B bis Anhang D**

Nach den Vorschriften der Richtlinien DIN EN 14211, DIN EN 14212 und DIN EN 14625 ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Überprüfung der allgemeinen Gerätefunktionen
- Ermittlung der Wiederholstandardabweichung bei Null
- Ermittlung der Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration  $c_t$
- Ermittlung des „lack of fit“
- Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdrucks
- Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Probengastemperatur
- Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur
- Ermittlung des Empfindlichkeitskoeffizienten der el. Spannung
- Ermittlung des Einflusses von Störkomponenten
- Ermittlung des Mittelungseinflusses
- Ermittlung der Kurzzeitdriften
- Ermittlung der Einstellzeiten
- Differenz Proben-/ Kalibriereingang
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit
- Ermittlung des Konverterwirkungsgrades für die Komponente NO<sub>x</sub>
- Ermittlung des Anstiegs von NO<sub>2</sub> durch Verweilzeit im Gerät

Nach den Vorschriften der Richtlinien DIN EN 14211, DIN EN 14212 und DIN EN 14625 ergab sich folgendes Versuchsprogramm während des Feldtests:

- Funktionsprüfung der Messeinrichtungen zu Beginn und Ende des Feldtests
- Ermittlung der Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen
- Ermittlung des Kontrollintervalls
- Bestimmung des Driftverhaltens am Null- und Referenzpunkt
- Ermittlung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit



## 5 Eingesetzte Referenzmaterialien

### 5.1 Komponente NO<sub>2</sub>

Bei den NO<sub>2</sub> Prüfgasaufgaben wurde ein Flaschenprüfgas der Firma Air Liquide mit der Flaschennummer DH2807 verwendet, welches eine Genauigkeit von  $\pm 2 \%$  aufweist. Die Konzentration der Prüfgasflasche wurde mittels Standardreferenzverfahren nach VDI 2456 überprüft.

Die verschiedenen Konzentrationsstufen wurden mit Hilfe von Massenstromreglern unter Verwendung von synthetischer Luft als Verdünnungsluft erzeugt.

Prüfgas NO <sub>2</sub> :	1050 ppm in N <sub>2</sub>
Flaschennummer:	DH2807
Hersteller / Herstelldatum:	Air Liquide
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	12 Monate
Rel. Unsicherheit gemäß Zertifikat:	$\pm 2 \%$

### 5.2 Komponente SO<sub>2</sub>

Bei den SO<sub>2</sub> Prüfgasaufgaben wurde ein Flaschenprüfgas der Firma Air Liquide mit der Flaschennummer D722447 verwendet, welches eine Genauigkeit von  $\pm 2 \%$  aufweist. Die Konzentration der Prüfgasflasche wurde mittels Standardreferenzverfahren nach VDI 2456 überprüft.

Die verschiedenen Konzentrationsstufen wurden mit Hilfe von Massenstromreglern unter Verwendung von synthetischer Luft als Verdünnungsluft erzeugt.

Prüfgas SO <sub>2</sub> :	987 ppm in N <sub>2</sub>
Flaschennummer:	D722447
Hersteller / Herstelldatum:	Air Liquide
Stabilitätsgarantie / zertifiziert:	12 Monate
Rel. Unsicherheit gemäß Zertifikat:	$\pm 2 \%$

### 5.3 Komponente: Ozon

Da für die Komponente Ozon keine zertifizierten Prüfgase zur Verfügung standen, musste auf einen Ozongenerator zurückgegriffen werden. Gleichzeitig mussten Ozonkonzentrationen bis zu 3000 ppm erzeugt werden. Zur Erzeugung dieser Konzentrationen wurde von der Firma Opsis ein Ozongenerator OC 500 zur Verfügung gestellt. Dieser Generator erzeugt Ozonkonzentrationen zwischen 200 und 5000 ppm und wird mit reinem Sauerstoff betrieben.



Er besitzt einen internen Ozonanalysator, über den er die eingestellte Konzentration stabil hält.

Die Ausgangskonzentrationen wurden mit Hilfe eines eignungsgeprüften Ozonanalysators (Horiba APOA 360) überprüft. Da die Ausgangskonzentrationen des Ozongenerators deutlich über dem Einsatzbereich dieser Messverfahren lag, wurde für diese Untersuchungen zwischen Generatorausgang und Analysator eine Verdünnungsstation mit festem Verdünnungsverhältnis (1 zu 3019,9) geschaltet.

*Tabelle 2: Überprüfung des Ozongenerators*

Einstellung Ozongenerator	Sollwert	Messwert Horiba
[ppm]	[ppb]	[ppb]
0	0	0
151	50	47
302	100	92
453	150	142
604	200	196
755	250	242
906	300	297
1057	350	348
1208	400	405
1359	450	459
1510	500	509



## 6. Zusammenfassung der Prüfergebnisse

Im folgenden Kapitel sind die ermittelten Gesamtunsicherheiten sowie eine Zusammenfassung der Ergebnisse der einzelnen Messkomponenten angegeben. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte befindet sich in Anhang A bis Anhang D. Anhang E enthält die Untersuchungen gemäß des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.

**Abschnitt 6.1** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse nach VDI 4202 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>.

**Abschnitt 6.2** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO.

**Abschnitt 6.3** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>.

**Abschnitt 6.4** enthält die zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse und die Unsicherheitsberechnung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>.

## 6.1 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse nach VDI 4202

Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<b>Legende:</b>	Mindestanforderung erfüllt	+	
	Mindestanforderung nicht erfüllt	-	
	Mindestanforderung nicht zutreffend	X	
<b>Allgemeine Anforderungen</b>			
<b>A 4.1.1 Messwertanzeige</b> Die optische Fernmesseinrichtung muss eine Messwertanzeige der Massenkonzentrationen besitzen.	Die Messwertanzeige erfolgt über einen an die Messeinrichtung angeschlossenen Monitor.	+	68
<b>A 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit</b> Die notwendigen Wartungsarbeiten an der optischen Fernmesseinrichtung müssen im Handbuch vollständig beschrieben sein und von einem Messtechniker ausgeführt werden können.	Die Wartung der Messeinrichtung ist ohne größeren Aufwand möglich.	+	70
<b>A 4.1.3 Funktionskontrolle</b> Die optische Fernmesseinrichtung sollte möglichst über eine automatische Funktionskontrolle verfügen.  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 und mit in die Bewertung aufzunehmen.  Bei automatisch betriebenen Messeinrichtungen müssen gegebenenfalls zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.  Die Unsicherheit der zur Messeinrichtung gehörenden Prüfgaserzeugungseinrichtung darf in drei Monaten 1 % vom Bezugswert B <sub>2</sub> nicht überschreiten.	Die Messeinrichtung verfügt über eine automatische Funktionskontrolle. Diese funktioniert einwandfrei. Beim Betrieb der internen Funktionsprüfungseinrichtung wird ein Statussignal ausgegeben.  Die Messeinrichtung kann nicht mit einer internen Prüfgaserzeugungseinrichtung ausgestattet werden.	+	71
<b>A 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten</b> Die Rüst- und Einlaufzeiten der optischen Fernmesseinrichtung zu ermitteln.	Die Rüstzeit der Messeinrichtung beträgt ca. 2 Stunden. Die Einlaufzeit wurde von uns mit maximal 2 Stunden ermittelt	+	74



Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<p><b>A 4.1.5 Bauart</b></p> <p>Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:</p> <p>Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)</p> <p>Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)</p> <p>Sicherheitsanforderungen</p> <p>Abmessungen</p> <p>Gewicht</p> <p>Energiebedarf.</p>	Im Handbuch werden die Bauart und die technischen Rahmenbedingungen ausführlich beschrieben.	<b>+</b>	75
<p><b>A 4.1.6 Unbefugtes Verstellen</b></p> <p>Die Justierung der optischen Fernmesseinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.</p>	Die Messeinrichtung ist durch eine Passwortabfrage gegen unbefugtes Verstellen abgesichert.	<b>+</b>	77
<p><b>A 4.1.7 Messsignalausgang</b></p> <p>Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.</p>	Messsignale und Betriebszustände werden von den nachgeschalteten Auswertesystemen richtig erkannt. Alle Messsignale können digital ausgegeben werden.	<b>+</b>	78
<p><b>A 4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz</b></p> <p>Beim mobilen Einsatz von optischen Fernmesssystemen, beispielsweise Messungen im fließenden Verkehr, zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten oder Flugzeugmessungen, muss eine für den jeweiligen Anwendungsfall ausreichende Betriebsbereitschaft sichergestellt werden. Die Anforderungen an optische Fernmesseinrichtungen für den stationären Einsatz müssen auch im mobilen Einsatz eingehalten werden.</p>	Die Messeinrichtung ist nicht für den mobilen Einsatz vorgesehen.	<b>X</b>	79
<p><b>A 5.2.2 Messbereich</b></p> <p>Der Messbereichsendwert der optischen Fernmesseinrichtung muss größer oder gleich dem Bezugswert B<sub>2</sub> sein.</p> <p>(B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)</p>	Die nach VDI 4202 geforderten Messbereichsendwerte können überwacht werden.	<b>+</b>	80
<p><b>A 5.2.3 Negative Messsignale</b></p> <p>Negative Messsignale bzw. Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).</p>	Die digitale Messwertausgabe ermöglicht die Ausgabe von negativen Messwerten sowie Messbereichsüberschreitungen.	<b>+</b>	81

Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<p><b>A 5.2.4 Analysenfunktion</b></p> <p>Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mit Hilfe der Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.</p>	<p>Der Zusammenhang zwischen Ausgangssignal und Messgröße ist durch die Analysenfunktion statistisch gesichert darstellbar, und durch Regressionsrechnung ermittelt.</p>	+	82
<p><b>A 5.2.5 Linearität</b></p> <p>Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion (nach Abschnitt 5.2.1) im Bereich von Null bis B<sub>1</sub> nicht mehr als 5 % von B<sub>1</sub> und im Bereich von Null bis B<sub>2</sub> nicht mehr als 1 % von B<sub>2</sub> beträgt.</p> <p>(B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>)(B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>)(B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)(B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Untersuchungen ergaben keine Überschreitung der zulässigen Abweichungen. Zur Berechnung der Gesamtunsicherheit werden die größeren der beiden Werte herangezogen.</p> <p>Für die Komponente NO<sub>2</sub> sind dies 3,1 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 3,0 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p> <p>Für die Komponente SO<sub>2</sub> sind dies 5,9 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 6,4 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p> <p>Für die Komponente O<sub>3</sub> sind dies 2,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 1,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p>	+	91
<p><b>A 5.2.6 Nachweisgrenze</b></p> <p>Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert B<sub>0</sub> nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.</p> <p>(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Nachweisgrenze liegt bei allen geprüften Komponenten innerhalb der Mindestanforderungen.</p>	+	99
<p><b>A 5.2.7 Zykluszeit</b></p> <p>Bei Messeinrichtungen, die nicht mindestens zwei Drittel der Messzeit erfassen und die die einzelnen Komponenten sequentiell bestimmen, darf die Zykluszeit höchstens 360 s betragen.</p>	<p>Die maximal zulässige Zykluszeit von 360 Sekunden wird mit 90 Sekunden deutlich unterschritten.</p>	+	106
<p><b>A 5.2.8 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur</b></p> <p>Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Wert von 2 mal Bezugswert B<sub>0</sub> nicht überschreiten.</p> <p>(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Änderung des Nullpunktes liegt bei allen betrachteten Umgebungstemperaturen deutlich besser als die maximal erlaubte Abweichung.</p>	+	107



Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<p><b>A 5.2.9 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur</b></p> <p>Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B1 darf nicht mehr als <math>\pm 5\%</math> des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen <math>+5\text{ °C}</math> und <math>+20\text{ °C}</math> bzw. 20 K im Bereich zwischen <math>+20\text{ °C}</math> und <math>+40\text{ °C}</math> betragen.</p> <p>(B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Änderung des Referenzpunktes liegt bei allen betrachteten Umgebungstemperaturen deutlich besser als die maximal erlaubte Abweichung.</p>	<b>+</b>	113
<p><b>A 5.2.10 Nullpunktsdrift</b></p> <p>Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Wert von 2 mal B<sub>0</sub> nicht überschreiten.</p> <p>(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Nullpunktsdriften für NO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>-0,0004\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,012\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>0,0032\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,096\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>3\text{ µg/m}^3</math>.</p> <p>Die Nullpunktsdriften für SO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>-0,0013\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>-0,039\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>-0,0061\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>-0,183\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>2\text{ µg/m}^3</math>.</p> <p>Die Nullpunktsdriften für O<sub>3</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>-0,0090\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>-0,270\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>-0,0058\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>-0,174\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>4\text{ µg/m}^3</math>.</p>	<b>+</b>	120
<p><b>A 5.2.11 Drift des Messwertes</b></p> <p>Die zeitliche Änderung des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B1 darf in 24 Stunden und im Wartungsintervall <math>\pm 5\%</math> von B1 nicht überschreiten.</p> <p>(B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Referenzpunktdriften für NO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>-0,0039\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>-0,117\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>0,0041\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,123\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>3\text{ µg/m}^3</math>.</p> <p>Die Referenzpunktdriften für SO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>0,0029\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,087\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>0,0061\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,183\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>2\text{ µg/m}^3</math>.</p> <p>Die Referenzpunktdriften für O<sub>3</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit <math>0,0281\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>0,843\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 1 (1329), und <math>0,0446\text{ µg/(m}^3\text{d)}</math> und <math>1,338\text{ µg/(m}^3\text{Monat)}</math> für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von <math>4\text{ µg/m}^3</math>.</p>	<b>+</b>	126

Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<p><b>A 5.2.12 Querempfindlichkeiten</b></p> <p>Die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichungen aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen dürfen im Bereich des Nullpunktes nicht mehr als 2 mal B<sub>0</sub> und im Bereich von B<sub>2</sub> nicht mehr als 3 % von B<sub>2</sub> betragen. Die Konzentration des Begleitstoffes wird im Bereich des jeweiligen B<sub>2</sub>-Wertes des Begleitstoffes eingesetzt. Sind keine entsprechenden Bezugswerte bekannt, so ist ein geeigneter Bezugswert durch das Prüf-institut im Einvernehmen mit den anderen Prüfinstituten festzulegen und anzugeben.</p> <p>(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Querempfindlichkeiten der Messeinrichtungen erfüllen die Mindestanforderungen. Zur Berechnung der Gesamtunsicherheit wird der größte Gesamtwerte pro Gerät herangezogen.</p> <p>Dies sind für die Komponente NO<sub>2</sub> 1,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 2,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p> <p>Dies sind für die Komponente SO<sub>2</sub> 1,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und -2,0 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p> <p>Dies sind für die Komponente O<sub>3</sub> -7,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 5,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).</p>	+	132
<p><b>A 5.2.13 Reproduzierbarkeit</b></p> <p>Die Reproduzierbarkeit R<sub>D</sub> der Messeinrichtung ist aus Doppelbestimmungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen zu ermitteln und darf den Wert 10 nicht unterschreiten. Als Bezugswert ist B<sub>1</sub> zu verwenden.</p>	<p>Der in der VDI 4202 Blatt 1 geforderte Wert der Reproduzierbarkeit von mindestens 10 wird bei allen geprüften Komponenten eingehalten. Somit sind die Mindestanforderungen eingehalten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit wird die Reproduzierbarkeit bezogen auf B<sub>1</sub> (= 70 für NO<sub>2</sub>, 19 für SO<sub>2</sub> und 27 für O<sub>3</sub>) herangezogen.</p>	+	144
<p><b>A 5.2.14 Stundenwerte</b></p> <p>Das Messverfahren muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.</p>	<p>Die Messeinrichtung ermöglicht die Bildung von Stundenmittelwerten.</p>	+	156
<p><b>A 5.2.15 Netzspannung und Netzfrequenz</b></p> <p>Die Änderung des Messwertes beim Bezugswert B<sub>1</sub> durch die im elektrischen Netz üblicherweise auftretende Änderung der Spannung im Intervall (230V +15V/-20V) darf nicht mehr als 2 mal B<sub>0</sub> betragen. Weiterhin darf im mobilen Einsatz die Änderung des Messwertes durch Änderung der Netzfrequenz im Intervall (50Hz ± 2Hz) nicht mehr als B<sub>0</sub> betragen. (B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)</p>	<p>Die Messeinrichtung erfüllt die Mindestanforderung bei der Variation der Netzspannung.</p>	+	157



Mindestanforderung	Ergebnis	Urteil	Seite
<p><b>A 5.2.16 Stromausfall</b></p> <p>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 müssen Messeinrichtungen, die ohne Operator betrieben werden, automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.</p> <p>Wenn die optische Fernmesseinrichtung mit einem Operator betrieben wird, kann auf ein automatisches Wiederanlaufen bei Spannungswiederkehr nach Stromausfall verzichtet werden.</p>	Ein Stromausfall hat keine negativen Auswirkungen auf die Messeinrichtung. Nach Wiederherstellung der Stromversorgung liefern die Geräte wieder in den normalen Messmodus.	+	162
<p><b>A 5.2.17 Gerätefunktionen</b></p> <p>Wenn die optische Fernmesseinrichtung ohne Operator automatisch betrieben wird, müssen die wesentlichen Gerätefunktionen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.</p>	Eine telemetrische Überwachung der Statussignale (Betriebszustände, Störungen) ist möglich.	+	163
<p><b>A 5.2.18 Verfügbarkeit</b></p> <p>Die Verfügbarkeit der optischen Fernmesseinrichtung muss mindestens 90 % betragen.</p>	Die Verfügbarkeit beträgt 96,7 %, somit ist die Mindestanforderung erfüllt.	+	164
<p><b>A 5.2.19 Wartungsintervall</b></p> <p>Das Wartungsintervall der optischen Fernmesseinrichtung ist zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst 28 Tage, muss jedoch mindestens 14 Tage betragen.</p>	Das Wartungsintervall beträgt 4 Wochen.	+	166
<p><b>A 5.2.20 Optische Weglänge</b></p> <p>Die möglichen und die geprüften optischen Weglängen sind anzugeben.</p>	Die geprüfte Weglänge während des Feldtestes betrug 320 m. Laut Herstellerangaben beträgt die maximale Messweglänge bis zu 1000m.	+	168
<p><b>A 5.2.21 Gesamtunsicherheit</b></p> <p>Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterraichtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.</p>	<p>Die ermittelten Gesamtunsicherheiten betragen</p> <p>6,16 % bzw. 6,52 % für NO<sub>2</sub></p> <p>6,23 % bzw. 5,62 % für SO<sub>2</sub></p> <p>7,49 % bzw. 8,01 % für O<sub>3</sub></p> <p>Und unterschreiten damit die geforderten Gesamtunsicherheiten von 15 %.</p>	+	169
<p><b>A 5.3 Anforderung an Mehrkomponentenmesseinrichtungen</b></p> <p>Mehrkomponentenmesseinrichtungen müssen die Anforderungen für jede Einzelkomponente erfüllen, auch bei Simultanbetrieb aller Messkanäle.</p> <p>Bei sequenziellem Betrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.</p>	Bei der Bewertung der Mindestanforderungen lagen die Messergebnisse für alle Kanäle simultan vor.	+	177



## 6.2 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14211).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14211 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14211).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14211 angegeben.*

### Prüfvorschriften

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14211

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14211 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang B aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

### Auswertung

- Zu 1) Der Wert jeder einzelnen im Labor geprüften Leistungskenngrößen erfüllt das in Tabelle 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 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.



## **Bewertung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist im Anhang B aufgeführt. Die Mindestanforderungen werden eingehalten.

Mindestanforderungen erfüllt? Ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist im Anhang B aufgeführt.

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

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 4 und Tabelle 6 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 5 und Tabelle 7 zu finden.

**Tabelle 3:** Leistungsanforderungen nach DIN EN 14211 für die Komponente NO

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol}$	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,1 ppb	ja	187
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration c <sub>t</sub>	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol}$	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 2,0 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,9 ppb	ja	187
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null $\leq 4$ % des Messwertes  Abweichung bei Null $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP 0,5 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 0,8 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP 0,4 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP 0,6 %	ja	189
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 8,0 \text{ nmol/mol/kPa}$	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	195
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol/K}$	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,026 ppb b <sub>gt</sub> Gerät 1330: -0,032 ppb	ja	197
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol/K}$	b <sub>st</sub> Gerät 1329: -0,05 ppb b <sub>st</sub> Gerät 1330: 0,00 ppb	ja	199
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,3 \text{ nmol/mol/V}$	b <sub>v</sub> Gerät 1329: RP -0,021 ppb b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP 0,073 ppb	ja	203
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration c <sub>t</sub>	CO <sub>2</sub> $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$ O <sub>3</sub> $\leq 2,0 \text{ nmol/mol}$ NH <sub>3</sub> $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$	CO <sub>2</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP -0,1 ppb / RP 1,4 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,2 ppb / RP 2,6 ppb O <sub>3</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP 0,1 ppb / RP 2,2 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,0 ppb / RP 2,2 ppb NH <sub>3</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP -0,4 ppb / RP 2,3 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,3 ppb / RP 0,4 ppb	ja	205



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	≤ 7,0 % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: -0,6 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,3 %	ja	209
8.4.13 Differenz Proben/ Kalibriereingang	≤ 1,0 %	D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 % D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 %	entfällt	212
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s (NO <sub>2</sub> )	ja	181
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s (NO <sub>2</sub> )	ja	181
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s (NO <sub>2</sub> )	ja	181
8.4.14 Konverterwirkungsgrad	≥ 98%	E <sub>conv</sub> Gerät 1329: --- E <sub>conv</sub> Gerät 1330: ---	entfällt	213
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	222
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	223
8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 4,72 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 4,72 %	ja	220
8.5.4 Langzeitdrift bei null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: -1,42 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: 1,62 ppb	ja	217
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. 0,43 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. 0,50 %	ja	217
8.4.4 Kurzzeitdrift bei null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: 0,3 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,1 ppb	ja	184
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 0,9 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 0,6 ppb	ja	184

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

**Tabelle 4: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		104,6		nmol/mol	
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		104,6		nmol/mol	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>r,z</sub> 0,00	0,0000		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	2,000	u <sub>r,h</sub> 0,04	0,0015		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,800	u <sub>l,h</sub> 0,48	0,2334		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub> 0,00	0,0000		
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,026	u <sub>gt</sub> 0,04	0,0016		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,050	u <sub>st</sub> -0,06	0,0036		
7	Änderung der ei. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,021	u <sub>v</sub> -0,07	0,0046		
8a	Störkomponente H2O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>H2O</sub> 0,00	0,0000		
8b	Störkomponente CO2 mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>Opsis</sub> oder	0,2304		
8c	Störkomponente O3 mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002	u <sub>rel,neg</sub>			
8d	Störkomponente NH3 mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,002				
9	Mittlungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,600	u <sub>av</sub> -0,36	0,1313		
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>Asc</sub> 0,00	0,0000		
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	u <sub>CE</sub> 0,00	0,0000		
22	Anstieg der NO2-Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>cr</sub> 0,00	0,0000		
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>cg</sub> 1,05	1,0941		
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>	1,3046	nmol/mol	
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>	2,6092	nmol/mol	
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>	<b>2,49</b>	%	
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>reg,rel</sub>	15	%	

**Tabelle 5: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seitennummer: Gerät 1 (1329)		104,6		nmol/mol	
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	u <sub>1,z</sub>	u <sub>1,h</sub>	u <sub>1,f</sub>	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>1,z</sub>	0,00	nicht berücksichtigt, da u <sub>1,h</sub> = 0,075 < u <sub>1,f</sub>	0,0000
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	2,000	u <sub>1,h</sub>			-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,800	u <sub>1,h</sub>	0,48		0,2334
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>1,h</sub>	0,00		0,0000
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,026	u <sub>1,h</sub>	0,04		0,0016
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,050	u <sub>1,h</sub>	-0,06		0,0036
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,021	u <sub>1,h</sub>	-0,07		0,0046
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>1,z</sub>	0,00		0,0000
8b	Störkomponente CO <sub>2</sub> mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>1,z,ops</sub> oder u <sub>1,z,seg</sub>	0,48		0,2304
8c	Störkomponente O <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002				
8d	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,002	u <sub>1,z,seg</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,600	u <sub>1,w</sub>	-0,36		0,1313
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,720	u <sub>1,f</sub>	4,94		24,3752
11	Langzeildrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-1,420	u <sub>1,z</sub>	-0,82		0,6721
12	Langzeildrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zeitbereichs	0,430	u <sub>1,h</sub>	0,26		0,0674
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>1,ss</sub>	0,00		0,0000
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	u <sub>1,c</sub>	0,00		0,0000
22	Anstieg der NO <sub>2</sub> -Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>1,t</sub>	0,00		0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>1,g</sub>	1,05		1,0841
G35	Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		7,1546
G6	Erweiterte Unsicherheit				u <sub>e</sub>		14,3093
G7	Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel</sub>		13,68
	Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel,erl</sub>		15

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 47 von 509

**Tabelle 6: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		nmol/mol		
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert: 104,6				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	U <sub>r,z</sub> 0,02	0,0003	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,900	U <sub>r,th</sub> 0,02	0,0004	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,600	U <sub>r,th</sub> 0,36	0,1313	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	U <sub>gp</sub> 0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,032	U <sub>gt</sub> -0,05	0,0025	
6	Änderung der Umgebungsstempertur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,000	U <sub>st</sub> 0,00	0,0000	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,073	U <sub>v</sub> 0,24	0,0553	
8a	Störkomponente H2O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	U <sub>H2O</sub> 0,00	0,0000	
8b	Störkomponente CO2 mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	U <sub>fit,pos</sub>		
8c	Störkomponente O3 mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002	oder 0,42	0,1764	
8d	Störkomponente NH3 mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	U <sub>nit,rag</sub>		
9	Mittelungsstehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,300	U <sub>av</sub> -0,18	0,0328	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	U <sub>sc</sub> 0,00	0,0000	
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	U <sub>ce</sub> 0,00	0,0000	
22	Anstieg der NO2-Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	U <sub>dr</sub> 0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U <sub>g</sub> 1,05	1,0941	
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>	1,2222	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>	2,4445	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>	<b>2,34</b>	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel,rel</sub>	15	%



**Tabelle 7: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1046		nmol/mol	
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	u <sub>r,z</sub>	0,02	0,0003	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,900	u <sub>r,ln</sub>	nicht berücksichtigt, da ur,ln = 0,034 < ur,f	-	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,600	u <sub>ln</sub>	0,36	0,1313	
4	Aenderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000	
5	Aenderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,032	u <sub>gt</sub>	-0,05	0,0025	
6	Aenderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,000	u <sub>gt</sub>	0,00	0,0000	
7	Aenderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,073	u <sub>v</sub>	0,24	0,0553	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>st,co</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente CO <sub>2</sub> mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>st,co2</sub>			
8c	Störkomponente O <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002	oder	0,42	0,1764	
8d	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>st,nh3</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>av</sub>	-0,18	0,0328	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,720	u <sub>r,f</sub>	4,94	24,3752	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	1,620	u <sub>l,z</sub>	0,94	0,8748	
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zeitbereichs	0,500	u <sub>l,ln</sub>	0,30	0,0912	
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>18c</sub>	0,00	0,0000	
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	u <sub>21e</sub>	0,00	0,0000	
22	Anstieg der NO <sub>2</sub> -Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>22r</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>23g</sub>	1,05	1,0941	
<b>G35</b>	Kombinierte Standardunsicherheit			u <sub>c</sub>		7,1561	nmol/mol
<b>G6</b>	Erweiterte Unsicherheit			U <sub>c</sub>		14,3121	nmol/mol
<b>G7</b>	Relative erweiterte Unsicherheit			U <sub>rel</sub>		<b>13,68</b>	%
	Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit			U <sub>er,rel</sub>		15	%



### 6.3 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14212).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. 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 G der DIN EN 14212 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14212).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. 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 G der DIN EN 14212 angegeben.*

#### Prüfvorschriften

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14212

#### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14212 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist im Anhang C aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

#### Auswertung

- Zu 1) Der Wert jeder einzelnen im Labor geprüften Leistungskenngröße erfüllt das in Tabelle 1 der DIN EN 14212 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 1 der DIN EN 14212 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.

## **Bewertung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist in Anhang C aufgeführt. Die Mindestanforderungen werden eingehalten.

Mindestanforderungen erfüllt? Ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind in Anhang C aufgeführt.

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 9 und Tabelle 11 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 10 und Tabelle 12 zu finden.

**Tabelle 8:** Leistungsanforderungen nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,1 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb	ja	245
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	≤ 3,0 nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,1 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,1 ppb	ja	245
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null ≤ 4 % des Messwertes)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null ≤ 4 % des Messwertes  Abweichung bei Null ≤ 5,0 nmol/mol	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP -0,28 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 1,6 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP -0,64 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP 1,4 %	ja	248
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	≤ 2,0 nmol/mol/kPa	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb/kPa b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb/kPa	entfällt	254
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	≤ 1,0 nmol/mol/K	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,071 ppb/K b <sub>gt</sub> Gerät 1330: 0,011 ppb/K	ja	256
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	≤ 1,0 nmol/mol/K	b <sub>st</sub> Gerät 1329: -0,03 ppb/K b <sub>st</sub> Gerät 1330: -0,06 ppb/K	ja	258
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	≤ 0,30 nmol/mol/V	b <sub>v</sub> Gerät 1329: NP -0,01 ppb/V b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP 0,01 ppb/V	ja	262
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct	H <sub>2</sub> S ≤ 5 nmol/mol NH <sub>3</sub> ≤ 5 nmol/mol NO ≤ 5 nmol/mol NO <sub>2</sub> ≤ 5 nmol/mol m-Xylol ≤ 10 nmol/mol	H <sub>2</sub> S Gerät 1329: NP 0,3 ppb / RP 0,3 ppb Gerät 1330: NP -0,4 ppb / RP 0,5 ppb NH <sub>3</sub> Gerät 1329: NP -0,2 ppb / RP -0,3 ppb Gerät 1330: NP 0,4 ppb / RP 0,2 ppb NO Gerät 1329: NP -0,3 ppb / RP 0,0 ppb Gerät 1330: NP -0,6 ppb / RP 0,2 ppb NO <sub>2</sub> Gerät 1329: NP -0,1 ppb / RP 0,3 ppb Gerät 1330: NP -0,4 ppb / RP 0,4 ppb m-Xylol Gerät 1329: NP -0,4 ppb / RP -0,4 ppb Gerät 1330: NP 1,4 ppb / RP 0,8 ppb	ja	264



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	≤ 7,0 % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: -0,1 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,1 %	ja	269
8.4.13 Differenz Proben/Kalibrieringang	≤ 1,0 %	D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 D <sub>SC</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	272
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	238
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	238
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s	ja	238
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	281
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	282
8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 4,83 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 4,83 %	ja	279
8.5.4 Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: -0,92 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: 1,16 ppb	ja	275
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. 1,49 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. -2,07 %	ja	275
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,1 ppb	ja	241
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb	ja	241

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 53 von 509

**Tabelle 9: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		132		nmol/mol
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:				
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	u <sub>r,z</sub>	0,0003	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	u <sub>rv</sub>	0,0003	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,600	u <sub>lv</sub>	1,4868	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,0000	
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,071	u <sub>gt</sub>	0,2908	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,030	u <sub>st</sub>	0,0523	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>v</sub>	0,0103	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>igo</sub>	0,0000	
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,409	u <sub>rd,pos</sub>		
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,406			
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,604	oder	0,1600	
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,404			
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	1,421	u <sub>rd,neg</sub>		
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,100	u <sub>av</sub>	0,0058	
18	Differenz Proben-/Kalibergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>pac</sub>	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>cg</sub>	1,7424	
				Kombinierte Standardunsicherheit	u <sub>c</sub>	1,9363 nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit	U <sub>c</sub>	3,8726 nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit	U <sub>c,rel</sub>	2,93 %
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit	U <sub>req,rel</sub>	15 %

**Tabelle 10: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		132		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	u <sub>1,z</sub>	u <sub>1,v</sub>	u <sub>1,w</sub>	u <sub>1,f</sub>
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	0,02			0,0003
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	nicht berücksichtigt, da u <sub>1,v</sub> = 0,01 < u <sub>1,f</sub>			-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,600	u <sub>1,v</sub>	1,22		1,4868
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>1,p</sub>	0,00		0,0000
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,071	u <sub>1,t</sub>	0,54		0,2908
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,030	u <sub>1,t</sub>	-0,23		0,0523
7	Änderung der ei. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>1,v</sub>	-0,10		0,0103
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>1,z</sub>	0,00		0,0000
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,409	u <sub>1,sp</sub>			
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,406				
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,604	oder	0,40		0,1600
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,404				
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	1,421	u <sub>1,unreg</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,100	u <sub>1,w</sub>	-0,08		0,0058
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,830	u <sub>1,r</sub>	6,38		40,6483
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-0,920	u <sub>1,z</sub>	-0,53		0,2821
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	1,490	u <sub>1,v</sub>	1,14		1,2884
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>1,sc</sub>	0,00		0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>1,cg</sub>	1,32		1,7424
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>			6,7800
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>			13,5600
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>			10,27
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>			15

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 55 von 509

Tabelle 11: *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1330*

Messgerät: AR500		Seriennummer: 132		Gerät z (1330)		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>r,z</sub>	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	u <sub>r,v</sub>	0,02	0,0003	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,400	u <sub>r,w</sub>	1,07	1,1384	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>up</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,011	u <sub>gt</sub>	0,08	0,0070	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,060	u <sub>st</sub>	-0,46	0,2091	
7	Änderung der ei. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>v</sub>	0,10	0,0103	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,503	u <sub>NH<sub>3</sub>pos</sub>			
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,203	oder	1,23	1,5129	
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,202				
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,401				
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,509	u <sub>rel,neg</sub>	0,08	0,0058	
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	0,100	u <sub>av</sub>	0,00	0,0000	
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>sc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	0	1,32	1,7424	
Kombinierte Standardunsicherheit						u <sub>c</sub>	2,1509
Erweiterte Unsicherheit						U <sub>c</sub>	4,3017
Relative erweiterte Unsicherheit						U <sub>c,rel</sub>	3,26
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit						U <sub>erl,rel</sub>	15

**Tabelle 12: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1h-Grenzwert: 132		nmol/mol			
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		Anforderung		Ergebnis		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	≤		≤		u <sub>i,z</sub>		u <sub>i,v</sub>	
1	Wiederholstandabweichung bei Null	≤	1,0 nmol/mol	≤	0,000	0,000	0,00	0,0000	0,0000
2	Wiederholstandabweichung beim 1h-Grenzwert	≤	3,0 nmol/mol	≤	0,100	0,100	nicht berücksichtigt, da u <sub>i,v</sub> = 0,01 < u <sub>i,f</sub>	-	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤	4,0% des Messwertes	≤	1,400	1,400	1,07	1,1384	1,1384
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤	3,0 nmol/mol/kPa	≤	0,000	0,000	0,00	0,0000	0,0000
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤	1,0 nmol/mol/K	≤	0,011	0,011	0,08	0,0070	0,0070
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤	1,0 nmol/mol/K	≤	-0,060	-0,060	-0,46	0,2081	0,2081
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤	0,30 nmol/mol/V	≤	0,010	0,010	0,10	0,0103	0,0103
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 2,1 nmol/mol	≤	10 nmol/mol	≤	0,000	0,000	0,00	0,0000	0,0000
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,503	0,503			
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,203	0,203			
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,202	0,202			
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,401	0,401			
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤	10 nmol/mol	≤	0,809	0,809			
9	Mittelungsfehler	≤	7,0% des Messwertes	≤	0,100	0,100	0,08	0,0058	0,0058
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤	5,0% des Mittels über 3 Mon.	≤	4,830	4,830	6,38	40,6463	40,6463
11	Langzeitdrift bei Null	≤	5,0 nmol/mol	≤	1,160	1,160	0,67	0,4485	0,4485
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤	5,0% des Max. des Zert.bereichs	≤	-2,070	-2,070	-1,58	2,4887	2,4887
18	Differenz Proben-/Kalibergaseingang	≤	1,0%	≤	0,000	0,000	0,00	0,0000	0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤	3,0%	≤	2,000	2,000	1,32	1,7424	1,7424
		Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		6,9434	
		Erweiterte Unsicherheit				U <sub>e</sub>		13,8869	
		Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>e,rel</sub>		10,52	
		Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>		15	



## 6.4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Eignungsanerkennung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14625).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14625 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14625).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14625 angegeben.*

### Prüfvorschriften

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14625

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14625 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist in Anhang D aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

### Auswertung

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

## **Bewertung**

Die Mindestanforderungen werden eingehalten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist in Anhang D aufgeführt.

Mindestanforderungen erfüllt? Ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse ist in Anhang D aufgeführt.

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 15 und Tabelle 16 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 15 und Tabelle 17 zu finden.

Tabelle 13: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 1,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,2 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,2 ppb	ja	301
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration c <sub>t</sub>	$\leq 3,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,6 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,4 ppb	ja	301
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als null $\leq 4$ % des Messwertes  Abweichung bei null $\leq 5,0$ nmol/mol	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP 0,3 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 0,4 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP 0,3 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP -0,3 %	ja	304
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 2,0$ nmol/mol/kPa	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	310
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 1,0$ nmol/mol/K	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,014 ppb b <sub>gt</sub> Gerät 1330: 0,007 ppb	ja	312
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$\leq 1,0$ nmol/mol/K	b <sub>st</sub> Gerät 1329: 0,15 ppb b <sub>st</sub> Gerät 1330: -0,12 ppb	ja	314
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 1,0$ nmol/mol/V	b <sub>v</sub> Gerät 1329: NP -0,01 ppb b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP -0,01 ppb	ja	318
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration c <sub>t</sub>	Toluol $\leq 5,0$ nmol/mol Xylol $\leq 5,0$ nmol/mol	Toluol Gerät 1329: NP -0,3 ppb / RP 2,2 ppb Gerät 1330: NP 0,1 ppb / RP 0,4 ppb Xylol Gerät 1329: NP -0,5 ppb / RP 0,4 ppb Gerät 1330: NP -0,5 ppb / RP 2,6 ppb	ja	320
8.4.12 Mittelungseinfluss	$\leq 7,0$ % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: 0,2 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,9 %	ja	324
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	$\leq 1,0$ %	D <sub>sc</sub> Gerät 1329: 0,0 D <sub>sc</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	327



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	295
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	295
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s	ja	295
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	336
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	337
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 2,41 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 2,41 %	ja	334
8.5.4 Langzeitdrift bei null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: 1,46 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: -1,84 ppb	ja	330
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. -2,45 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. 1,90 %	ja	330
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: -0,1 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,2 ppb	ja	297
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 1,6 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 1,9 ppb	ja	297

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 61 von 509

Tabelle 14: *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1329*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol	
Messkomponente: O <sub>3</sub>		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		1h-Grenzwert Alarmschwelle:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>1,z</sub>	0,04	0,0013	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,600	u <sub>1,v</sub>	0,11	0,0120	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	0,400	u <sub>1,w</sub>	0,28	0,0768	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>1,p</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,014	u <sub>1,t</sub>	0,15	0,0212	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,150	u <sub>1,t</sub>	0,52	0,2700	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>1,v</sub>	-0,12	0,0147	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 mmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>1,g<sub>20</sub></sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,147	u <sub>1,mit,posit</sub>	1,47	2,1573	
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,397	oder u <sub>1,mit,neg</sub>			
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	0,200	u <sub>1,v</sub>	0,14	0,0192	
18	Differenz Proben-/Kalibrierungsgang	1,0%	0,000	u <sub>1,bc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	u <sub>1,cg</sub>	1,20	1,4400	
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		2,0031	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>		4,0062	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>		3,34	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>		15	%

**Tabelle 15** *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1329*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120		nmol/mol		
Messkomponente: O3		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120		nmol/mol		
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit					
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>r,z</sub>	0,04					
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,600	u <sub>r,lv</sub>	nicht berücksichtigt, da u <sub>r,lv</sub> = 0,1 < u <sub>r,f</sub>					
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	0,400	u <sub>lv</sub>	0,28	0,0768				
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000				
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,014	u <sub>gt</sub>	0,15	0,0212				
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,150	u <sub>st</sub>	0,52	0,2700				
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>v</sub>	-0,12	0,0147				
8a	Störkomponente H2O mit 21 nmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>H2O</sub>	0,00	0,0000				
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,147	u <sub>tol, pos</sub>	1,47	2,1573				
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,397	oder u <sub>tol, neg</sub>						
9	Mittlungsfehler	7,0% des Messwertes	0,200	u <sub>lv</sub>	0,14	0,0192				
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,410	u <sub>r,f</sub>	2,89	8,3637				
11	Langzeitdrift bei Null	5,0 nmol/mol	1,460	u <sub>dl,z</sub>	0,84	0,7105				
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	5,0% des Max. des Zert.bereichs	-2,450	u <sub>dl,lv</sub>	-1,70	2,8812				
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	1,0%	0,000	u <sub>pac</sub>	0,00	0,0000				
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	u <sub>cg</sub>	1,20	1,4400				
				Kombinierte Standardunsicherheit		u <sub>c</sub>		3,9845		nmol/mol
				Erweiterte Unsicherheit		U <sub>c</sub>		7,9890		nmol/mol
				Relative erweiterte Unsicherheit		U <sub>c,rel</sub>		6,66		%
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		U <sub>exp,rel</sub>		15		%

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 63 von 509

**Tabelle 16: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol			
Messkomponente: O <sub>3</sub>		Anforderung		Ergebnis		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>r,z</sub>	0,04	0,0013			
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,400	u <sub>r,lv</sub>	0,07	0,0053			
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>lv</sub>	-0,21	0,0432			
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000			
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,007	u <sub>gt</sub>	0,07	0,0053			
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	-0,120	u <sub>st</sub>	-0,42	0,1728			
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>v</sub>	0,12	0,0147			
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	0,00	0,0000			
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,396	u <sub>int,pos</sub>	1,72	2,9416			
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,574	oder u <sub>int,neg</sub>	-0,62	0,3888			
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	-0,900	u <sub>lv</sub>	0,00	0,0000			
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	1,0%	0,000	u <sub>bsc</sub>	0,00	0,0000			
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	0	1,20	1,4400			
		Kombinierte Standardunsicherheit		u <sub>c</sub>		2,2390			nmol/mol
		Erweiterte Unsicherheit		U <sub>c</sub>		4,4780			nmol/mol
		Relative erweiterte Unsicherheit		U <sub>c,rel</sub>		3,73			%
		Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		U <sub>fest,rel</sub>		15			%



**Tabelle 17** *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1330*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		120 nmol/mol	
Messkomponente: O <sub>3</sub>		1h-Grenzwert Alarmschwelle:			
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>r,z</sub>	0,0013
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,400	u <sub>lv</sub> nicht berücksichtigt, da u <sub>r,z</sub> = 0,07 < u <sub>r,f</sub>	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>lv</sub>	0,0432
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,0000
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,007	u <sub>gt</sub>	0,0053
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	-0,120	u <sub>gt</sub>	0,1728
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>v</sub>	0,0147
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>stz</sub>	0,0000
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,396	u <sub>stz, pos</sub>	
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,574	oder u <sub>stz, neg</sub>	2,9416
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	-0,900	u <sub>av</sub>	0,3688
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,410	u <sub>r,f</sub>	8,3637
11	Langzeitdrift bei Null	5,0 nmol/mol	-1,840	u <sub>l,z</sub>	1,1285
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	5,0% des Max. des Zeitbereichs	2,900	u <sub>l,z</sub>	4,0368
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	1,0%	0,000	u <sub>bc</sub>	0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	0	1,4400
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>	4,3054
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>	8,6109
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel</sub>	7,18
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel, erl.</sub>	15



## 7 Empfehlungen zum Praxiseinsatz

Neben den üblichen Kalibrierarbeiten ist es wichtig, regelmäßig den Zustand der Sende-Empfangseinheit zu überprüfen.

Der AR500 mit ER120 sollte auf offensichtliche Defekte, wie z.B. lockere Stecker und Verbindungen, Verschmutzungen an den optischen Parabolspiegeln und sonstige ungewöhnlich starke Staub oder Schmutzansammlungen hin untersucht werden.

Im Übrigen sind die Anweisungen und der Wartungsplan des Herstellers zu beachten.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



---

Dipl.-Ing. Martin Schneider



---

Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Köln, 26.10.2009  
936/21211350/A



## 8 Literaturverzeichnis

- [1] VDI 4202 Blatt 2: Mindestanforderungen an automatische Immissionsmeseinrichtungen bei der Eignungsprüfung; Optische Fernmeseinrichtungen zur Messung von gasförmigen Immissionen, vom Juli 2004. Berlin: Beuth Verlag
- [2] VDI 4203 Blatt 4: Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen; Prüfprozeduren für Messeinrichtungen optische Fernmeseinrichtungen zur Messung von gasförmigen Immissionen, vom Juli 2005. Berlin: Beuth Verlag
- [3] DIN ISO 13964: Bestimmung von Ozon in der Außenluft – UV-photometrisches Verfahren, vom Dezember 1999
- [4] VDI 2468 Blatt 1: Messen der Ozon- und Peroxid-Konzentration – Manuelles photometrisches Verfahren Kaliumjodid-Methode, vom Mai 1978
- [5] Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität ABI. L 1330, S. 55
- [6] Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, ABI. L 163, S. 41
- [7] DIN EN 14211 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz, vom Juni 2005
- [8] DIN EN 14212 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz, vom Juni 2005
- [9] DIN EN 14625 Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie, vom Juli 2005
- [10] Leitfaden "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods", Englische Fassung von Juli 2009
- [11] Eignungsprüfung Mehrkomponenten Messsystem AR500, Komponente SO<sub>2</sub>, Berichts- Nr. 33-01/93, UMEG, Karlsruhe, März 1993
- [12] Eignungsprüfung Mehrkomponenten Messsystem AR500, Komponente NO<sub>2</sub>, Berichts- Nr. 936/807014A vom 12.02.1999, TÜV Rheinland, Köln
- [13] Eignungsprüfung Mehrkomponenten Messsystem AR500, Komponente O<sub>3</sub>, Berichts- Nr. 936/807014B vom 12.02.1999, TÜV Rheinland, Köln

## 9 Anlagen

- Anhang A: Prüfpunkte und Auswertung nach VDI 4202 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>
- Anhang B: Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO
- Anhang C: Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>
- Anhang D: Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>
- Anhang E: Auswertung der Vergleichsuntersuchungen nach dem Leitfaden "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods"

# Anhang A

## Prüfpunkte und Auswertung nach VDI 4202 für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

Zur besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit mit den Mindestanforderungen orientiert sich die Nummerierung der Prüfpunkte im Anhang A an der Nummerierung, der Bauart und den Leistungsanforderungen der VDI 4202 Blatt 2.

## **A 4.1.1 Messwertanzeige**

*Die optische Fernmesseinrichtung muss eine Messwertanzeige der Massenkonzentrationen besitzen.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Externer Rechner.

### **Durchführung der Prüfung**

Die Ausstattungsmerkmale der Messeinrichtung wurden im Hinblick auf eine Messwertanzeige geprüft.

### **Auswertung**

Die Messeinrichtung selbst besitzt keine Messwertanzeige. Die Messwertanzeige erfolgt über einen Monitor der direkt an den Analysator angeschlossen werden kann. Alternativ kann die Messwertausgabe durch Einbau eines GPRS-Modems über jeden beliebigen PC erfolgen.

### **Bewertung**

Die Messwertanzeige erfolgt über einen an die Messeinrichtung angeschlossenen Monitor.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Abbildung 16 zeigt die Messeinrichtung mit angeschlossenem Monitor.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 69 von 509



Abbildung 16: Messeinrichtung AR500 mit Monitor



## **A 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit**

*Die notwendigen Wartungsarbeiten an der optischen Fernmesseinrichtung müssen im Handbuch vollständig beschrieben sein und von einem Messtechniker ausgeführt werden können.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Übliches Werkzeug.

### **Durchführung der Prüfung**

Die Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung können nach den Anweisungen im Handbuch durchgeführt werden. Zur Durchführung wird nur übliches Werkzeug benötigt.

### **Auswertung**

Die Wartung der Messeinrichtung kann problemlos mit üblichem Werkzeug durchgeführt werden. Während des Feldtests mussten keine Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

### **Bewertung**

Die Wartung der Messeinrichtung ist ohne größeren Aufwand möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.

#### **A 4.1.3 Funktionskontrolle**

*Die optische Fernmesseinrichtung sollte möglichst über eine automatische Funktionskontrolle verfügen.*

*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 und mit in die Bewertung aufzunehmen.*

*Bei automatisch betriebenen Messeinrichtungen müssen gegebenenfalls zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.*

*Die Unsicherheit der zur Messeinrichtung gehörenden Prüfgaserzeugungseinrichtung darf in drei Monaten 1 % vom Bezugswert  $B_2$  nicht überschreiten.*

#### **Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

#### **Durchführung der Prüfung**

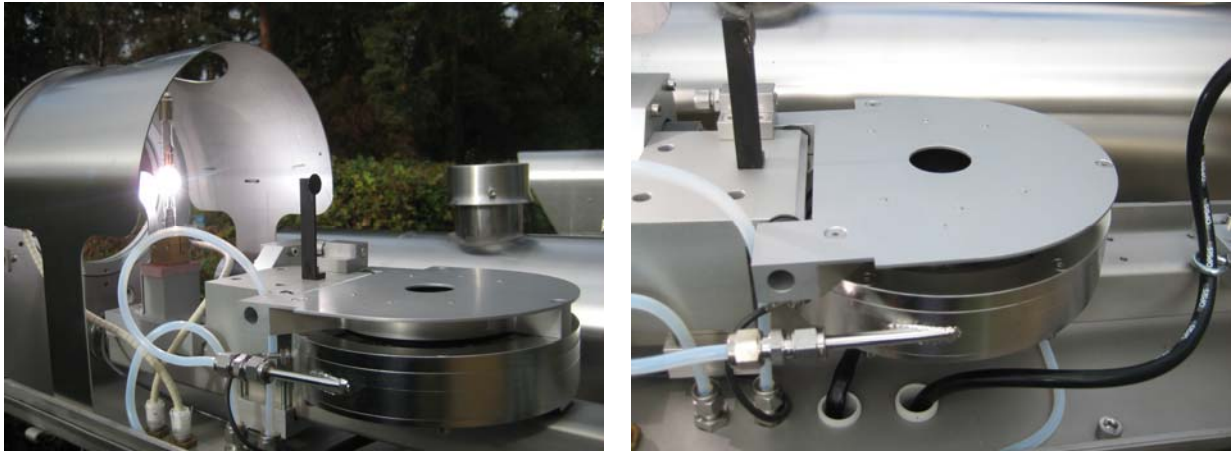
Zur Funktionskontrolle ist die Messeinrichtung mit einer automatischen Kalibriereinheit zum Anschluss von externen Prüfgaserzeugungssystemen versehen. Während der Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung mit Null- und Prüfgasen aus Druckgasflaschen sowie Ozonerzeugungssystemen geprüft.

Die Messeinrichtung kann nicht mit einer internen Prüfgaserzeugungseinrichtung ausgestattet werden.

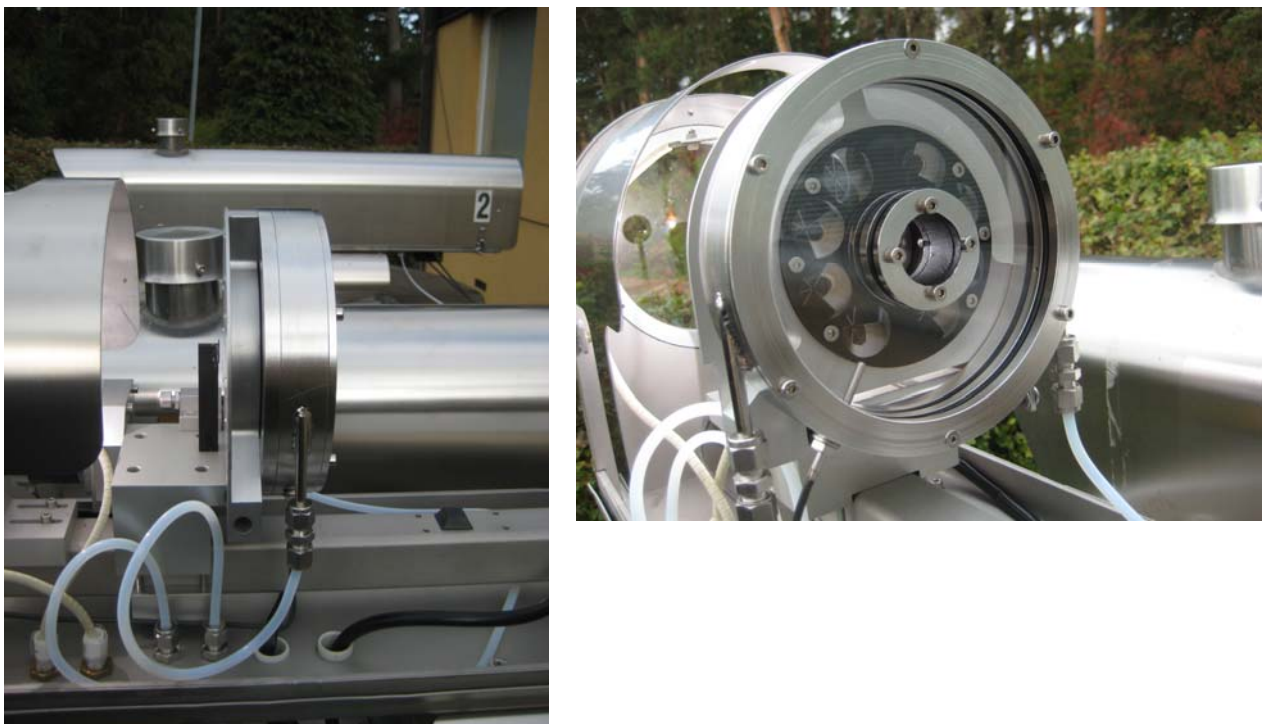
#### **Auswertung**

In der Sende/Empfangseinheit befindet sich eine automatische Kalibriereinrichtung. Diese besteht aus den gleichen Reflektionsspiegeln, die auch in der Reflektoreinheit verwendet werden. Vor den Spiegeln befindet sich eine Messgaszelle, die mit Prüfgas aus Prüfgasflaschen oder einem Ozongenerator gefüllt werden kann. In aktivem Zustand wird die Kalibriereinheit in den Strahlengang eingefahren. Der Lichtstrahl der Xenonlampe wird durch ein Loch in der Mitte der Kalibriereinheit auf den Parabolspiegel geworfen. Dieser bündelt das Licht und wirft es im Messmodus wieder an der Lampe vorbei in Richtung Reflektoreinheit am Ende der Messstrecke. Bei aktiver Kalibriereinheit wird der Lichtstrahl aber direkt von dieser wieder zurück auf den Empfangsparabolspiegel und weiter zum Lichtwellenleiter geleitet. Das Licht passiert also nicht die Messstrecke und somit kann ein Nullpunkt simuliert werden.

Zur Referenzpunktkontrolle wird die Messgaszelle an der Kalibriereinheit mit Prüfgasen aus einer Druckgasflasche gefüllt. Der Lichtstrahl wird auf die gleiche Weise wie bei der Nullpunktkalibrierung geleitet, passiert allerdings auf seinem Weg zum Spiegel und vom Spiegel weg zweimal die mit Gas gefüllte Küvette.



*Abbildung 17: Automatische Kalibriereinrichtung (inaktiver Zustand)*



*Abbildung 18: Automatische Kalibriereinrichtung (aktiver Zustand)*



## **Bewertung**

Die Messeinrichtung verfügt über eine automatische Funktionskontrolle. Diese funktioniert einwandfrei. Beim Betrieb der internen Funktionsprüfungseinrichtung wird ein Statussignal ausgegeben.

Die Messeinrichtung kann nicht mit einer internen Prüfgaserzeugungseinrichtung ausgestattet werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



#### **A 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten**

*Die Rüst- und Einlaufzeiten der optischen Fernmesseinrichtung ist zu ermitteln.*

##### **Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

##### **Durchführung der Prüfung**

Die Rüstzeit wurde beim Aufbau im Labor und im Feld und auf Basis der Daten im Handbuch ermittelt. Die Einlaufzeit wurde durch die Aufgabe von Null- und Prüfgasen nach dem Einschalten der Messeinrichtung bestimmt.

##### **Auswertung**

Zur Rüstzeit wird im Handbuch keine Angabe gemacht. Sie ist selbstverständlich abhängig von den Gegebenheiten am Einbauort sowie der örtlichen Spannungsversorgung. In Labor- und Feldtest wurde eine Rüstzeit von ca. 2 Stunden ermittelt.

Für die Einlaufzeit wird im Handbuch keine Angabe gemacht. Bei unseren Versuchen lieferte die Messeinrichtung nach spätestens 2 Stunden für alle geprüften Komponenten stabile Messwerte. Diese Zeit bezieht sich auf ein Einschalten der Messeinrichtung nach einem Stillstand über einen längeren Zeitraum, so dass die Messeinrichtung vor dem Wiedereinschalten vollständig untertemperiert war. Versuche, denen ein nur kurzes Abschalten der Messeinrichtung und direkte Wiederinbetriebnahme vorausgegangen ist, haben zu kürzeren Einlaufzeiten von etwa 0,5 Stunden geführt.

##### **Bewertung**

Die Rüstzeit der Messeinrichtung beträgt ca. 2 Stunden. Die Einlaufzeit wurde von uns mit maximal 2 Stunden ermittelt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

##### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## A 4.1.5 Bauart

Die Angaben des Herstellers in der Betriebsanleitung zur Bauart der optischen Fernmeseinrichtung sind zu prüfen. Im Wesentlichen sind dies:

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

*Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)*

*Sicherheitsanforderungen*

*Abmessungen*

*Gewicht*

*Energiebedarf.*

### Gerätetechnische Ausstattung

Der Energiebedarf wurde mittels Metratester 5 der Firma Gossen Metrawatt ermittelt.

### Durchführung der Prüfung

Der Inhalt des Handbuches zur Bauartausführung wurde geprüft. Die Bestimmung des Energiebedarfs erfolgte über 24 h im normalen Messbetrieb während des Feldtests. Bei einer Versorgungsspannung von 230 V wurden die in Tabelle 18 dargestellten Ergebnisse ermittelt.

### Auswertung

Die Dokumentation im Handbuch beinhaltet alle Informationen zur Bauart der Messeinrichtung. Die wesentlichen Daten sind in der Tabelle 18 zusammengefasst.

Tabelle 18: Geräterdaten AR500

Bauform	Kompakter, klimatisierter Messcontainer
Durchfluss	ca. 3,0 l/min
Abmessung	Analysator 600 x 440 x 266 mm Sebde/Empfangseinheit 730 x 270 mm
Gewicht	ca. 30 kg (Analysator) ca. 55 kg (Sende/Empfangseinheit)
Luftfeuchtigkeit	0 – 80 % r.F. nicht kondensierend
el. Leistung	230 V AC oder 115 V
Leistungsaufnahme	ca. 110 VA
Schutzklasse	IP20 (Analysator), IP64 (Sende/Empfangseinheit)
Einheiten	µg/m <sup>3</sup> oder ppb
Digitale Ausgänge	2 x Ethernet 10/100 Mbits/s Schnittstelle
Software Version	7.21



## **Bewertung**

Im Handbuch in Kapitel 4.1 und 4.2 werden die Bauart und die technischen Rahmenbedin-  
gungen ausführlich beschrieben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

#### **A 4.1.6 Unbefugtes Verstellen**

*Die Justierung der optischen Fernmesseinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.*

##### **Gerätetechnische Ausstattung**

Besondere Prüfmittel sind nicht erforderlich.

##### **Durchführung der Prüfung**

Die Optionen zur Vermeidung eines unbeabsichtigten oder unbefugten Verstellens der Justierung der Messeinrichtung wurden geprüft.

##### **Auswertung**

Der Zugriff auf die Messeinrichtung ist durch Passworteingabe geschützt.

##### **Bewertung**

Die Messeinrichtung ist durch eine Passwortabfrage gegen unbefugtes Verstellen abgesichert.

Mindestanforderung erfüllt? ja

##### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



#### **A 4.1.7 Messsignalausgang**

*Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.*

##### **Gerätetechnische Ausstattung**

Die Daten wurden mit einem externen PC aufgezeichnet.

##### **Durchführung der Prüfung**

Durch Anschluss des Auswertesystems wurden die Betriebszustände und die Messsignale aufgezeichnet.

##### **Auswertung**

Das Messsystem AR500 verfügt nicht über analoge sowie digitale Messsignalausgänge. Die Messwerte sowie alle Systemparameter können live an einem via Cross Patch Kabel oder Funkmodem angeschlossenem PC abgelesen sowie gespeichert werden.

Während der Eignungsprüfung wurden die Messsignale (1-Minuten Mittelwerte) mit Hilfe eines externen PC's aufgezeichnet.

##### **Bewertung**

Messsignale und Betriebszustände werden von den nachgeschalteten Auswertesystemen richtig erkannt. Alle Messsignale können digital ausgegeben werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

##### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **A 4.2 Anforderungen an optische Fernmesseinrichtungen für den mobilen Einsatz**

*Beim mobilen Einsatz von optischen Fernmesssystemen, beispielsweise Messungen im fließenden Verkehr, zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten oder Flugzeugmessungen, muss eine für den jeweiligen Anwendungsfall ausreichende Betriebsbereitschaft sichergestellt werden. Die Anforderungen an optische Fernmesseinrichtungen für den stationären Einsatz müssen auch im mobilen Einsatz eingehalten werden.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

keine

### **Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtung ist nicht für einen mobilen Einsatz konzipiert.

### **Auswertung**

Die Messeinrichtung ist nicht für einen mobilen Einsatz konzipiert.

### **Bewertung**

Die Messeinrichtung ist nicht für den mobilen Einsatz vorgesehen.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## A 5.2.2 Messbereich

*Der Messbereichsendwert der optischen Fernmesseinrichtung muss größer oder gleich dem Bezugswert B<sub>2</sub> sein.*

*(B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)*

### Gerätetechnische Ausstattung

Keine besonderen Anforderungen.

### Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung frei eingestellt werden kann und mindestens die geforderten Werte erreicht werden.

### Auswertung

Die Messbereiche der Messeinrichtung AR 500 sind über die Software frei einstellbar.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden die nach VDI 4202 Blatt 1 bzw. DIN EN 14211, DIN EN 14212 sowie DIN EN 14625 geforderten Messbereiche überprüft. Die geprüften Messbereiche sind in Tabelle 19 aufgeführt.

### Bewertung

Die Nach VDI 4202 geforderten Messbereichsendwerte können überwacht werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 19 sind die geprüften Messbereiche angegeben.

*Tabelle 19: Geprüfte Messbereiche*

Komponente		Messbereiche	
		VDI 4202	EN Normen
Stickstoffdioxid	NO <sub>2</sub>	400 µg/m <sup>3</sup>	1800 µg/m <sup>3</sup> *
Schwefeldioxid	SO <sub>2</sub>	700 µg/m <sup>3</sup>	1000 µg/m <sup>3</sup> **
Ozon	O <sub>3</sub>	360 µg/m <sup>3</sup>	500 µg/m <sup>3</sup> ***

\* DIN EN 14211; \*\* DIN EN 14212; \*\*\* DIN EN 14625



## **A 5.2.3 Negative Messsignale**

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

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### **Durchführung der Prüfung**

Durch die Nullpunktkalibrierung mit definierten Prüfgaskonzentrationen wurde der Nullpunkt der Messeinrichtung soweit verschoben, dass bei der Aufgabe von Nullluft negative Messsignale angezeigt wurden. Am Referenzpunkt wurde der Anzeigenbereich durch Aufgabe von hohen Prüfgaskonzentrationen bestimmt.

### **Auswertung**

Durch die dynamische digitale Datenausgabe können theoretisch alle möglichen positiven wie negativen Messsignale ausgegeben werden. Die hier geprüften Messsysteme zeigten negative Werte an.

Es besteht die Möglichkeit, negative Messwerte sowie Messbereichsüberschreitungen anzuzeigen.

### **Bewertung**

Die digitale Messwertausgabe ermöglicht die Ausgabe von negativen Messwerten sowie Messbereichsüberschreitungen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.



## A 5.2.4 Analysenfunktion

*Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mit Hilfe der Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.*

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde durch Aufgabe von Null- und Prüfgaskonzentrationen über mehrere äquidistante Stufen durchgeführt.

### Auswertung

Die Steigung und der Achsenabschnitt der Kalibrierfunktionen

$$Y = m \cdot x + b$$

wurden durch lineare Regression ermittelt und sind für die fünf Kalibrierzyklen zusammen mit den Korrelationskoeffizienten in Tabelle 20 bis Tabelle 22 dargestellt.

*Tabelle 20: Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Kalibrierfunktion für die Komponente NO<sub>2</sub>*

#### Gerät 1 (1329)

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	0,998	1,004	1,004	1,006	1,003
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,344	1,166	1,039	1,166	1,265
Korrelationskoeffizient	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	0,9999

#### Gerät 2 (1330)

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	1,003	1,006	1,008	1,006	0,101
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,288	0,703	0,619	0,579	0,669
Korrelationskoeffizient	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

*Tabelle 21: Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Kalibrierfunktion für die Komponente SO<sub>2</sub>*

**Gerät 1 (1329)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	0,998	0,999	1,000	1,004	1,002
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,311	1,833	1,966	1,236	1,522
Korrelationskoeffizient	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999

**Gerät 2 (1330)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	0,999	0,999	1,003	1,004	1,002
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,722	1,940	1,763	1,271	1,721
Korrelationskoeffizient	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000

*Tabelle 22: Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Kalibrierfunktion für die Komponente O<sub>3</sub>*

**Gerät 1 (1329)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	0,998	1,004	1,004	1,006	1,003
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,344	1,166	1,039	1,166	1,265
Korrelationskoeffizient	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	0,9999

**Gerät 2 (1330)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung m [(µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )]	1,003	1,006	1,008	1,006	0,101
Achsenabschnitt b [µg/m <sup>3</sup> ]	1,288	0,703	0,619	0,579	0,669
Korrelationskoeffizient	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Die Analysenfunktion wurde durch Umkehrung der Kalibrierfunktion ermittelt und lautet:

$$X = 1/m * y - b/m$$

In Tabelle 23 bis Tabelle 25 sind die Werte für die Steigung und den Achsenabschnitt der Analysenfunktion dargestellt.

**Tabelle 23:** Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Analysenfunktion für die Komponente NO<sub>2</sub>**Gerät 1 (1329)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	1,002	0,996	0,996	0,995	0,997
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	1,346	1,162	1,035	1,160	1,261

**Gerät 2 (1330)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	0,997	0,995	0,992	0,994	9,943
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	1,284	0,699	0,614	0,576	6,648

**Tabelle 24:** Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Analysenfunktion für die Komponente SO<sub>2</sub>**Gerät 1 (1329)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	1,002	1,001	1,000	0,997	0,998
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	1,313	1,835	1,966	1,231	1,520

**Gerät 2 (1330)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	1,001	1,001	0,997	0,997	0,998
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	1,724	1,942	1,759	1,267	1,717

**Tabelle 25:** Einzelergebnisse der 5 Versuchsreihen zur Bestimmung der Analysenfunktion für die Komponente O<sub>3</sub>**Gerät 1 (1329)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	0,997	1,006	0,999	1,000	1,000
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	0,322	1,720	0,910	0,768	1,135

**Gerät 2 1330)**

Nummer	1	2	3	4	5
Steigung 1/m [(µg/m³)/(µg/m³)]	1,005	1,004	1,000	1,002	1,002
Achsenabschnitt b/m [µg/m³]	0,840	1,021	0,796	1,502	1,279

**Bewertung**

Der Zusammenhang zwischen Ausgangssignal und Messgröße ist durch die Analysenfunktion statistisch gesichert darstellbar und durch Regressionsrechnung ermittelt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

**Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die Einzelwerte sind in Tabelle 26 bis Tabelle 31 aufgeführt. Die graphische Darstellung für die Gruppenmittelwerte finden sich in Abbildung 19 bis Abbildung 24.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 85 von 509

**Tabelle 26:** Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
1	31.03.2009	13:35 - 13:50	0,4	0,0	0,4
1	01.04.2009	10:30 - 10:45	10,0	10,0	0,0
1	01.04.2009	11:00 - 11:15	20,6	20,0	0,6
1	01.04.2009	10:45 - 11:00	30,1	30,0	0,1
1	31.03.2009	15:35 - 15:50	41,2	40,0	1,2
1	31.03.2009	15:05 - 15:20	52,3	50,0	2,3
1	31.03.2009	15:20 - 15:35	61,5	60,0	1,5
1	31.03.2009	13:05 - 13:20	101,4	100,0	1,4
1	31.03.2009	14:05 - 14:20	153,6	150,0	3,6
1	31.03.2009	14:35 - 14:50	202,4	200,0	2,3
1	31.03.2009	13:20 - 13:35	301,2	300,0	1,2
1	31.03.2009	14:50 - 15:05	402,0	400,0	2,0
1	31.03.2009	13:50 - 14:05	447,5	450,0	-2,5
2	31.03.2009	16:20 - 16:35	0,1	0,0	0,1
2	01.04.2009	11:15 - 11:30	10,2	10,0	0,2
2	01.04.2009	11:45 - 12:00	20,5	20,0	0,5
2	01.04.2009	11:30 - 11:45	30,2	30,0	0,2
2	31.03.2009	18:20 - 18:35	42,7	40,0	2,7
2	31.03.2009	17:50 - 18:05	51,0	50,0	1,0
2	31.03.2009	18:05 - 18:20	61,8	60,0	1,8
2	31.03.2009	15:50 - 16:05	102,3	100,0	2,3
2	31.03.2009	16:50 - 17:05	153,9	150,0	3,9
2	31.03.2009	17:20 - 17:35	202,0	200,0	2,0
2	31.03.2009	16:05 - 16:20	303,2	300,0	3,2
2	31.03.2009	17:35 - 17:50	403,0	400,0	3,0
2	31.03.2009	16:35 - 16:50	450,9	450,0	0,9
3	31.03.2009	19:05 - 19:20	0,1	0,0	0,1
3	01.04.2009	12:00 - 12:15	10,5	10,0	0,5
3	01.04.2009	12:30 - 12:45	20,6	20,0	0,6
3	01.04.2009	12:15 - 12:30	30,1	30,0	0,1
3	31.03.2009	21:05 - 21:20	42,1	40,0	2,1
3	31.03.2009	20:35 - 20:50	52,9	50,0	2,9
3	31.03.2009	20:50 - 21:05	60,8	60,0	0,8
3	31.03.2009	18:35 - 18:50	100,8	100,0	0,8
3	31.03.2009	19:35 - 19:50	152,3	150,0	2,3
3	31.03.2009	20:05 - 20:20	203,4	200,0	3,4
3	31.03.2009	18:50 - 19:05	303,0	300,0	3,0
3	31.03.2009	20:20 - 20:35	403,8	400,0	3,8
3	31.03.2009	19:20 - 19:35	450,6	450,0	0,6
4	31.03.2009	21:50 - 22:05	0,2	0,0	0,2
4	01.04.2009	12:45 - 13:00	10,6	10,0	0,6
4	01.04.2009	13:15 - 13:30	20,6	20,0	0,6
4	01.04.2009	13:00 - 13:15	30,2	30,0	0,2
4	31.03.2009	23:50 - 00:05	42,4	40,0	2,4
4	31.03.2009	23:20 - 13:35	51,7	50,0	1,7
4	31.03.2009	23:35 - 23:50	62,4	60,0	2,4
4	31.03.2009	21:20 - 21_35	102,7	100,0	2,7
4	31.03.2009	22:20 - 22:35	152,3	150,0	2,3
4	31.03.2009	22:50 - 23:05	202,3	200,0	2,3
4	31.03.2009	21:35 - 21:50	303,7	300,0	3,7
4	31.03.2009	23:05 - 23:20	403,8	400,0	3,8
4	31.03.2009	22:05 - 22:20	452,2	450,0	2,2
5	01.04.2009	00:35 - 00:50	0,2	0,0	0,2
5	01.04.2009	13:30 - 13:45	10,3	10,0	0,3
5	01.04.2009	14:00 - 14:15	20,4	20,0	0,4
5	01.04.2009	13:45 - 14:00	30,2	30,0	0,2
5	01.04.2009	02:35 - 02:50	42,8	40,0	2,8
5	01.04.2009	02:05 - 02:20	50,9	50,0	0,9
5	01.04.2009	02:20 - 02:35	62,4	60,0	2,4
5	01.04.2009	00:05 - 00:20	102,4	100,0	2,4
5	01.04.2009	01:05 - 01:20	153,4	150,0	3,4
5	01.04.2009	01:35 - 01:50	202,3	200,0	2,3
5	01.04.2009	00:20 - 00:35	303,3	300,0	3,3
5	01.04.2009	01:50 - 02:05	402,7	400,0	2,7
5	01.04.2009	00:50 - 01:05	450,8	450,0	0,8



**Tabelle 27: Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)**

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Sollwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Abweichung [µg/m <sup>3</sup> ]
1	31.03.2009	13:35 - 13:50	0,0	0,0	0,0
1	01.04.2009	10:30 - 10:45	10,1	10,0	0,1
1	01.04.2009	11:00 - 11:15	20,4	20,0	0,4
1	01.04.2009	10:45 - 11:00	30,2	30,0	0,2
1	31.03.2009	15:35 - 15:50	42,0	40,0	2,0
1	31.03.2009	15:05 - 15:20	52,4	50,0	2,4
1	31.03.2009	15:20 - 15:35	61,7	60,0	1,7
1	31.03.2009	13:05 - 13:20	102,1	100,0	2,1
1	31.03.2009	14:05 - 14:20	153,8	150,0	3,8
1	31.03.2009	14:35 - 14:50	203,5	200,0	3,4
1	31.03.2009	13:20 - 13:35	302,5	300,0	2,5
1	31.03.2009	14:50 - 15:05	402,9	400,0	2,9
1	31.03.2009	13:50 - 14:05	450,3	450,0	0,3
2	31.03.2009	16:20 - 16:35	0,0	0,0	0,0
2	01.04.2009	11:15 - 11:30	10,3	10,0	0,3
2	01.04.2009	11:45 - 12:00	20,1	20,0	0,1
2	01.04.2009	11:30 - 11:45	30,2	30,0	0,2
2	31.03.2009	18:20 - 18:35	42,1	40,0	2,1
2	31.03.2009	17:50 - 18:05	50,6	50,0	0,6
2	31.03.2009	18:05 - 18:20	62,4	60,0	2,4
2	31.03.2009	15:50 - 16:05	100,5	100,0	0,5
2	31.03.2009	16:50 - 17:05	152,3	150,0	2,3
2	31.03.2009	17:20 - 17:35	202,7	200,0	2,7
2	31.03.2009	16:05 - 16:20	302,5	300,0	2,5
2	31.03.2009	17:35 - 17:50	403,4	400,0	3,4
2	31.03.2009	16:35 - 16:50	452,0	450,0	2,0
3	31.03.2009	19:05 - 19:20	0,2	0,0	0,2
3	01.04.2009	12:00 - 12:15	9,4	10,0	-0,6
3	01.04.2009	12:30 - 12:45	20,4	20,0	0,4
3	01.04.2009	12:15 - 12:30	30,2	30,0	0,2
3	31.03.2009	21:05 - 21:20	41,4	40,0	1,4
3	31.03.2009	20:35 - 20:50	50,3	50,0	0,3
3	31.03.2009	20:50 - 21:05	61,3	60,0	1,3
3	31.03.2009	18:35 - 18:50	102,6	100,0	2,6
3	31.03.2009	19:35 - 19:50	153,8	150,0	3,8
3	31.03.2009	20:05 - 20:20	202,8	200,0	2,8
3	31.03.2009	18:50 - 19:05	303,4	300,0	3,4
3	31.03.2009	20:20 - 20:35	403,0	400,0	3,0
3	31.03.2009	19:20 - 19:35	453,4	450,0	3,4
4	31.03.2009	21:50 - 22:05	0,1	0,0	0,1
4	01.04.2009	12:45 - 13:00	10,1	10,0	0,1
4	01.04.2009	13:15 - 13:30	20,1	20,0	0,1
4	01.04.2009	13:00 - 13:15	29,9	30,0	-0,1
4	31.03.2009	23:50 - 00:05	40,7	40,0	0,7
4	31.03.2009	23:20 - 13:35	52,8	50,0	2,8
4	31.03.2009	23:35 - 23:50	62,4	60,0	2,4
4	31.03.2009	21:20 - 21_35	101,2	100,0	1,2
4	31.03.2009	22:20 - 22:35	151,0	150,0	1,0
4	31.03.2009	22:50 - 23:05	201,7	200,0	1,7
4	31.03.2009	21:35 - 21:50	302,8	300,0	2,8
4	31.03.2009	23:05 - 23:20	403,0	400,0	3,0
4	31.03.2009	22:05 - 22:20	453,4	450,0	3,4
5	01.04.2009	00:35 - 00:50	0,0	0,0	0,0
5	01.04.2009	13:30 - 13:45	10,1	10,0	0,1
5	01.04.2009	14:00 - 14:15	20,2	20,0	0,2
5	01.04.2009	13:45 - 14:00	30,5	30,0	0,5
5	01.04.2009	02:35 - 02:50	41,7	40,0	1,7
5	01.04.2009	02:05 - 02:20	50,6	50,0	0,6
5	01.04.2009	02:20 - 02:35	61,9	60,0	1,9
5	01.04.2009	00:05 - 00:20	101,4	100,0	1,4
5	01.04.2009	01:05 - 01:20	152,1	150,0	2,1
5	01.04.2009	01:35 - 01:50	201,9	200,0	1,9
5	01.04.2009	00:20 - 00:35	303,6	300,0	3,6
5	01.04.2009	01:50 - 02:05	402,9	400,0	2,9
5	01.04.2009	00:50 - 01:05	452,1	450,0	2,1

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 87 von 509

**Tabelle 28:** Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Sollwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Abweichung [µg/m <sup>3</sup> ]
1	30.03.2009	14:15 - 14:30	-0,1	0,0	-0,1
1	31.03.2009	08:20 - 08:35	10,5	10,0	0,5
1	31.03.2009	09:05 - 09:20	20,5	20,0	0,5
1	31.03.2009	08:50 - 09:05	30,4	30,0	0,4
1	31.03.2009	08:35 - 08:50	40,4	40,0	0,4
1	30.03.2009	15:30 - 15:45	105,9	100,0	5,9
1	30.03.2009	14:45 - 15:00	203,4	200,0	3,4
1	30.03.2009	16:00 - 16:15	302,9	300,0	2,9
1	30.03.2009	14:00 - 14:15	400,0	400,0	0,0
1	30.03.2009	15:15 - 15:30	499,3	500,0	-0,7
1	30.03.2009	14:30 - 14:45	596,0	600,0	-4,0
1	30.03.2009	15:45 - 16:00	693,0	700,0	-7,0
1	30.03.2009	13:45 - 14:00	805,3	800,0	5,3
1	30.03.2009	15:00 - 15:15	951,4	950,0	1,4
2	30.03.2009	16:45 - 17:00	0,4	0,0	0,4
2	31.03.2009	09:20 - 09:35	10,5	10,0	0,5
2	31.03.2009	10:05 - 10:20	20,5	20,0	0,5
2	31.03.2009	09:50 - 10:05	30,4	30,0	0,4
2	31.03.2009	09:35 - 09:50	40,5	40,0	0,5
2	30.03.2009	18:00 - 18:15	106,3	100,0	6,3
2	30.03.2009	17:15 - 17:39	204,6	200,0	4,6
2	30.03.2009	18:30 - 18:45	304,4	300,0	4,4
2	30.03.2009	16:30 - 16:45	402,5	400,0	2,5
2	30.03.2009	17:45 - 18:00	501,3	500,0	1,3
2	30.03.2009	17:00 - 17:15	597,2	600,0	-2,8
2	30.03.2009	18:15 - 18:30	696,7	700,0	-3,3
2	30.03.2009	16:15 - 16:30	806,2	800,0	6,2
2	30.03.2009	17:30 - 17:45	951,1	950,0	1,1
3	30.03.2009	19:15 - 19:30	0,6	0,0	0,6
3	31.03.2009	10:20 - 10:35	10,6	10,0	0,6
3	31.03.2009	11:05 - 11:20	20,7	20,0	0,7
3	31.03.2009	10:50 - 11:05	30,6	30,0	0,6
3	31.03.2009	10:35 - 10:50	40,6	40,0	0,6
3	30.03.2009	20:30 - 20:45	106,5	100,0	6,5
3	30.03.2009	19:45 - 20:00	205,1	200,0	5,1
3	30.03.2009	21:00 - 21:15	304,6	300,0	4,6
3	30.03.2009	19:00 - 19:15	403,6	400,0	3,6
3	30.03.2009	20:15 - 20:30	501,7	500,0	1,7
3	30.03.2009	19:30 - 19:45	598,2	600,0	-1,8
3	30.03.2009	20:45 - 21:00	696,7	700,0	-3,3
3	30.03.2009	18:45 - 19:00	804,3	800,0	4,3
3	30.03.2009	20:00 - 20:15	954,2	950,0	4,2
4	30.03.2009	21:45 - 22:00	0,4	0,0	0,4
4	31.03.2009	11:20 - 11:35	10,5	10,0	0,5
4	31.03.2009	12:05 - 12:20	20,4	20,0	0,4
4	31.03.2009	11:50 - 12:05	30,5	30,0	0,5
4	31.03.2009	11:35 - 11:50	40,1	40,0	0,1
4	30.03.2009	23:00 - 23:15	105,4	100,0	5,4
4	30.03.2009	22:15 - 22:30	205,6	200,0	5,6
4	30.03.2009	23:30 - 23:45	305,2	300,0	5,2
4	30.03.2009	21:30 - 21:45	402,5	400,0	2,5
4	30.03.2009	22:45 - 23:00	502,4	500,0	2,4
4	30.03.2009	22:00 - 22:15	597,3	600,0	-2,7
4	30.03.2009	23:15 - 23:30	697,8	700,0	-2,2
4	30.03.2009	21:15 - 21:30	806,3	800,0	6,3
4	30.03.2009	22:30 - 22:45	959,2	950,0	9,2
5	31.03.2009	00:15 - 00:30	0,9	0,0	0,9
5	31.03.2009	12:20 - 12:35	10,4	10,0	0,4
5	31.03.2009	13:05 - 13:20	20,3	20,0	0,3
5	31.03.2009	12:50 - 13:05	30,5	30,0	0,5
5	31.03.2009	12:35 - 12:50	40,2	40,0	0,2
5	31.03.2009	01:30 - 01:45	105,2	100,0	5,2
5	31.03.2009	00:45 - 01:00	205,5	200,0	5,5
5	31.03.2009	02:00 - 02:15	303,8	300,0	3,8
5	31.03.2009	00:00 - 00:15	404,9	400,0	4,9
5	31.03.2009	01:15 - 01:30	501,1	500,0	1,1
5	31.03.2009	00:30 - 00:45	598,0	600,0	-2,0
5	31.03.2009	01:45 - 02:00	696,6	700,0	-3,4
5	30.03.2009	23:45 - 00:00	805,3	800,0	5,3
5	31.03.2009	01:00 - 01:15	956,3	950,0	6,3

**Tabelle 29: Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)**

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Sollwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Abweichung [µg/m <sup>3</sup> ]
1	30.03.2009	14:15 - 14:30	0,0	0,0	0,0
1	31.03.2009	08:20 - 08:35	10,1	10,0	0,1
1	31.03.2009	09:05 - 09:20	20,3	20,0	0,3
1	31.03.2009	08:50 - 09:05	30,3	30,0	0,3
1	31.03.2009	08:35 - 08:50	40,4	40,0	0,4
1	30.03.2009	15:30 - 15:45	106,9	100,0	6,9
1	30.03.2009	14:45 - 15:00	204,2	200,0	4,2
1	30.03.2009	16:00 - 16:15	304,0	300,0	4,0
1	30.03.2009	14:00 - 14:15	401,7	400,0	1,6
1	30.03.2009	15:15 - 15:30	500,9	500,0	0,9
1	30.03.2009	14:30 - 14:45	598,1	600,0	-1,9
1	30.03.2009	15:45 - 16:00	696,7	700,0	-3,3
1	30.03.2009	13:45 - 14:00	804,9	800,0	4,9
1	30.03.2009	15:00 - 15:15	950,3	950,0	0,3
2	30.03.2009	16:45 - 17:00	0,1	0,0	0,1
2	31.03.2009	09:20 - 09:35	10,2	10,0	0,2
2	31.03.2009	10:05 - 10:20	20,3	20,0	0,3
2	31.03.2009	09:50 - 10:05	30,4	30,0	0,4
2	31.03.2009	09:35 - 09:50	40,5	40,0	0,5
2	30.03.2009	18:00 - 18:15	106,4	100,0	6,4
2	30.03.2009	17:15 - 17:39	204,6	200,0	4,6
2	30.03.2009	18:30 - 18:45	304,8	300,0	4,8
2	30.03.2009	16:30 - 16:45	402,5	400,0	2,5
2	30.03.2009	17:45 - 18:00	501,7	500,0	1,7
2	30.03.2009	17:00 - 17:15	598,2	600,0	-1,8
2	30.03.2009	18:15 - 18:30	698,1	700,0	-1,9
2	30.03.2009	16:15 - 16:30	805,0	800,0	5,0
2	30.03.2009	17:30 - 17:45	949,3	950,0	-0,7
3	30.03.2009	19:15 - 19:30	-0,1	0,0	-0,1
3	31.03.2009	10:20 - 10:35	10,2	10,0	0,2
3	31.03.2009	11:05 - 11:20	20,2	20,0	0,2
3	31.03.2009	10:50 - 11:05	30,3	30,0	0,3
3	31.03.2009	10:35 - 10:50	40,4	40,0	0,4
3	30.03.2009	20:30 - 20:45	106,7	100,0	6,7
3	30.03.2009	19:45 - 20:00	205,3	200,0	5,3
3	30.03.2009	21:00 - 21:15	305,8	300,0	5,8
3	30.03.2009	19:00 - 19:15	404,1	400,0	4,1
3	30.03.2009	20:15 - 20:30	503,2	500,0	3,2
3	30.03.2009	19:30 - 19:45	600,5	600,0	0,5
3	30.03.2009	20:45 - 21:00	700,1	700,0	0,1
3	30.03.2009	18:45 - 19:00	804,2	800,0	4,2
3	30.03.2009	20:00 - 20:15	955,7	950,0	5,7
4	30.03.2009	21:45 - 22:00	-0,5	0,0	-0,5
4	31.03.2009	11:20 - 11:35	10,2	10,0	0,2
4	31.03.2009	12:05 - 12:20	20,3	20,0	0,3
4	31.03.2009	11:50 - 12:05	30,1	30,0	0,1
4	31.03.2009	11:35 - 11:50	40,5	40,0	0,5
4	30.03.2009	23:00 - 23:15	105,8	100,0	5,8
4	30.03.2009	22:15 - 22:30	205,1	200,0	5,1
4	30.03.2009	23:30 - 23:45	302,4	300,0	2,4
4	30.03.2009	21:30 - 21:45	404,8	400,0	4,8
4	30.03.2009	22:45 - 23:00	503,1	500,0	3,1
4	30.03.2009	22:00 - 22:15	600,1	600,0	0,1
4	30.03.2009	23:15 - 23:30	700,9	700,0	0,9
4	30.03.2009	21:15 - 21:30	806,3	800,0	6,3
4	30.03.2009	22:30 - 22:45	954,8	950,0	4,8
5	31.03.2009	00:15 - 00:30	-0,2	0,0	-0,2
5	31.03.2009	12:20 - 12:35	10,3	10,0	0,3
5	31.03.2009	13:05 - 13:20	20,5	20,0	0,5
5	31.03.2009	12:50 - 13:05	30,2	30,0	0,2
5	31.03.2009	12:35 - 12:50	40,4	40,0	0,4
5	31.03.2009	01:30 - 01:45	106,2	100,0	6,2
5	31.03.2009	00:45 - 01:00	204,7	200,0	4,7
5	31.03.2009	02:00 - 02:15	305,6	300,0	5,6
5	31.03.2009	00:00 - 00:15	403,4	400,0	3,4
5	31.03.2009	01:15 - 01:30	502,6	500,0	2,6
5	31.03.2009	00:30 - 00:45	601,3	600,0	1,3
5	31.03.2009	01:45 - 02:00	701,2	700,0	1,2
5	30.03.2009	23:45 - 00:00	804,8	800,0	4,8
5	31.03.2009	01:00 - 01:15	953,1	950,0	3,1



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 89 von 509

**Tabelle 30:** Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 1 (1329)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m³]	Sollwert [µg/m³]	Abweichung [µg/m³]
1	02.04.2009	09:30 - 09:45	0,5	0,0	0,5
1	02.04.2009	11:30 - 11:45	20,2	20,0	0,2
1	02.04.2009	12:00 - 12:15	41,2	40,0	1,2
1	02.04.2009	11:15 - 11:30	51,3	50,0	1,3
1	02.04.2009	11:45 - 12:00	79,4	80,0	-0,6
1	02.04.2009	10:00 - 10:15	100,2	100,0	0,2
1	02.04.2009	10:45 - 11:00	150,6	150,0	0,6
1	02.04.2009	09:15 - 09:30	201,7	200,0	1,7
1	02.04.2009	11:00 - 11:15	247,6	250,0	-2,4
1	02.04.2009	09:45 - 10:00	299,4	300,0	-0,6
1	02.04.2009	10:30 - 10:45	357,9	350,0	7,9
1	02.04.2009	09:00 - 09:15	401,6	400,0	1,6
1	02.04.2009	10:15 - 10:30	474,5	475,0	-0,5
2	02.04.2009	12:45 - 13:00	0,3	0,0	0,3
2	02.04.2009	14:45 - 15:00	20,4	20,0	0,4
2	02.04.2009	15:15 - 15:30	41,8	40,0	1,8
2	02.04.2009	14:30 - 14:45	47,6	50,0	-2,4
2	02.04.2009	15:00 - 15:15	82,1	80,0	2,1
2	02.04.2009	13:15 - 13:30	101,0	100,0	1,0
2	02.04.2009	14:00 - 14:15	152,4	150,0	2,4
2	02.04.2009	12:30 - 12:45	200,2	200,0	0,2
2	02.04.2009	14:15 - 14:30	250,5	250,0	0,5
2	02.04.2009	13:00 - 13:15	302,6	300,0	2,6
2	02.04.2009	13:45 - 14:00	347,6	350,0	-2,4
2	02.04.2009	12:15 - 12:30	397,1	400,0	-2,9
2	02.04.2009	13:30 - 13:45	473,3	475,0	-1,7
3	03.04.2009	09:30 - 09:45	0,7	0,0	0,7
3	03.04.2009	11:30 - 11:45	19,5	20,0	-0,5
3	03.04.2009	12:00 - 12:15	41,3	40,0	1,3
3	03.04.2009	11:15 - 11:30	52,5	50,0	2,5
3	03.04.2009	11:45 - 12:00	80,3	80,0	0,3
3	03.04.2009	10:00 - 10:15	99,4	100,0	-0,6
3	03.04.2009	10:45 - 11:00	152,3	150,0	2,3
3	03.04.2009	09:15 - 09:30	201,9	200,0	1,9
3	03.04.2009	11:00 - 11:15	249,8	250,0	-0,2
3	03.04.2009	09:45 - 10:00	301,9	300,0	1,9
3	03.04.2009	10:30 - 10:45	352,4	350,0	2,4
3	03.04.2009	09:00 - 09:15	402,9	400,0	2,9
3	03.04.2009	10:15 - 10:30	473,6	475,0	-1,4
4	03.04.2009	12:45 - 13:00	0,4	0,0	0,4
4	03.04.2009	14:45 - 15:00	19,9	20,0	-0,1
4	03.04.2009	15:15 - 15:30	40,3	40,0	0,3
4	03.04.2009	14:30 - 14:45	50,1	50,0	0,1
4	03.04.2009	15:00 - 15:15	80,5	80,0	0,5
4	03.04.2009	13:15 - 13:30	101,2	100,0	1,2
4	03.04.2009	14:00 - 14:15	151,4	150,0	1,4
4	03.04.2009	12:30 - 12:45	202,1	200,0	2,1
4	03.04.2009	14:15 - 14:30	251,6	250,0	1,6
4	03.04.2009	13:00 - 13:15	302,0	300,0	2,0
4	03.04.2009	13:45 - 14:00	351,7	350,0	1,7
4	03.04.2009	12:15 - 12:30	401,4	400,0	1,4
4	03.04.2009	13:30 - 13:45	473,2	475,0	-1,8
5	03.04.2009	16:00 - 16:15	0,6	0,0	0,6
5	03.04.2009	18:00 - 18:15	20,4	20,0	0,4
5	03.04.2009	18:30 - 18:45	41,4	40,0	1,4
5	03.04.2009	17:45 - 18:00	50,2	50,0	0,2
5	03.04.2009	18:15 - 18:30	80,6	80,0	0,6
5	03.04.2009	16:30 - 16:45	101,2	100,0	1,2
5	03.04.2009	17:15 - 17:30	152,8	150,0	2,8
5	03.04.2009	15:45 - 16:00	202,1	200,0	2,1
5	03.04.2009	17:30 - 17:45	251,6	250,0	1,6
5	03.04.2009	16:15 - 16:30	302,4	300,0	2,4
5	03.04.2009	17:00 - 17:15	351,5	350,0	1,5
5	03.04.2009	15:30 - 15:45	402,3	400,0	2,3
5	03.04.2009	16:45 - 17:00	473,9	475,0	-1,1



**Tabelle 31: Einzelwerte Analysenfunktion und Linearität für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 2 (1330)**

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Sollwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Abweichung [µg/m <sup>3</sup> ]
1	02.04.2009	09:30 - 09:45	0,8	0,0	0,8
1	02.04.2009	11:30 - 11:45	20,4	20,0	0,4
1	02.04.2009	12:00 - 12:15	40,7	40,0	0,7
1	02.04.2009	11:15 - 11:30	51,9	50,0	1,9
1	02.04.2009	11:45 - 12:00	81,3	80,0	1,3
1	02.04.2009	10:00 - 10:15	99,6	100,0	-0,4
1	02.04.2009	10:45 - 11:00	148,5	150,0	-1,5
1	02.04.2009	09:15 - 09:30	201,6	200,0	1,6
1	02.04.2009	11:00 - 11:15	247,4	250,0	-2,6
1	02.04.2009	09:45 - 10:00	300,3	300,0	0,3
1	02.04.2009	10:30 - 10:45	347,3	350,0	-2,7
1	02.04.2009	09:00 - 09:15	399,9	400,0	-0,1
1	02.04.2009	10:15 - 10:30	474,0	475,0	-1,0
2	02.04.2009	12:45 - 13:00	0,5	0,0	0,5
2	02.04.2009	14:45 - 15:00	19,8	20,0	-0,2
2	02.04.2009	15:15 - 15:30	41,1	40,0	1,1
2	02.04.2009	14:30 - 14:45	50,7	50,0	0,7
2	02.04.2009	15:00 - 15:15	81,3	80,0	1,3
2	02.04.2009	13:15 - 13:30	100,7	100,0	0,7
2	02.04.2009	14:00 - 14:15	150,8	150,0	0,8
2	02.04.2009	12:30 - 12:45	200,4	200,0	0,4
2	02.04.2009	14:15 - 14:30	252,1	250,0	2,1
2	02.04.2009	13:00 - 13:15	299,4	300,0	-0,6
2	02.04.2009	13:45 - 14:00	349,3	350,0	-0,7
2	02.04.2009	12:15 - 12:30	398,7	400,0	-1,3
2	02.04.2009	13:30 - 13:45	474,0	475,0	-1,0
3	03.04.2009	09:30 - 09:45	0,4	0,0	0,4
3	03.04.2009	11:30 - 11:45	20,1	20,0	0,1
3	03.04.2009	12:00 - 12:15	40,0	40,0	0,0
3	03.04.2009	11:15 - 11:30	50,7	50,0	0,7
3	03.04.2009	11:45 - 12:00	80,5	80,0	0,5
3	03.04.2009	10:00 - 10:15	101,3	100,0	1,3
3	03.04.2009	10:45 - 11:00	152,1	150,0	2,1
3	03.04.2009	09:15 - 09:30	200,9	200,0	0,9
3	03.04.2009	11:00 - 11:15	251,2	250,0	1,2
3	03.04.2009	09:45 - 10:00	301,5	300,0	1,5
3	03.04.2009	10:30 - 10:45	350,4	350,0	0,4
3	03.04.2009	09:00 - 09:15	401,6	400,0	1,6
3	03.04.2009	10:15 - 10:30	473,8	475,0	-1,2
4	03.04.2009	12:45 - 13:00	0,9	0,0	0,9
4	03.04.2009	14:45 - 15:00	20,3	20,0	0,3
4	03.04.2009	15:15 - 15:30	40,9	40,0	0,9
4	03.04.2009	14:30 - 14:45	50,3	50,0	0,3
4	03.04.2009	15:00 - 15:15	81,9	80,0	1,9
4	03.04.2009	13:15 - 13:30	102,7	100,0	2,7
4	03.04.2009	14:00 - 14:15	151,8	150,0	1,8
4	03.04.2009	12:30 - 12:45	201,6	200,0	1,6
4	03.04.2009	14:15 - 14:30	252,8	250,0	2,8
4	03.04.2009	13:00 - 13:15	299,9	300,0	-0,1
4	03.04.2009	13:45 - 14:00	350,8	350,0	0,8
4	03.04.2009	12:15 - 12:30	402,5	400,0	2,5
4	03.04.2009	13:30 - 13:45	472,9	475,0	-2,1
5	03.04.2009	16:00 - 16:15	0,6	0,0	0,6
5	03.04.2009	18:00 - 18:15	20,7	20,0	0,7
5	03.04.2009	18:30 - 18:45	41,0	40,0	1,0
5	03.04.2009	17:45 - 18:00	51,3	50,0	1,3
5	03.04.2009	18:15 - 18:30	80,6	80,0	0,6
5	03.04.2009	16:30 - 16:45	101,7	100,0	1,7
5	03.04.2009	17:15 - 17:30	150,3	150,0	0,3
5	03.04.2009	15:45 - 16:00	201,6	200,0	1,6
5	03.04.2009	17:30 - 17:45	251,6	250,0	1,6
5	03.04.2009	16:15 - 16:30	302,5	300,0	2,5
5	03.04.2009	17:00 - 17:15	350,9	350,0	0,9
5	03.04.2009	15:30 - 15:45	401,6	400,0	1,6
5	03.04.2009	16:45 - 17:00	472,6	475,0	-2,4

## A 5.2.5 Linearität

*Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion (nach Abschnitt 5.2.1) im Bereich von Null bis B<sub>1</sub> nicht mehr als 5 % von B<sub>1</sub> und im Bereich von Null bis B<sub>2</sub> nicht mehr als 1 % von B<sub>2</sub> beträgt.*

(B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde durch Aufgabe von Null und Prüfgaskonzentrationen über mehrere äquidistante Stufen durchgeführt. Sie erfolgte analog zur Prüfung der Analysenfunktion, jedoch wurden die Ergebnisse nach den Anforderungen der Linearitätsprüfung ausgewertet.

### Auswertung

Für die einzelnen Konzentrationsstufen wurde über die fünf Messreihen der Gruppenmittelwert für jede Konzentration bestimmt. Die Abweichung der Gruppenmittelwerte zu den aus der Analysenfunktion sich ergebenden Sollwerten wurde bestimmt und mit den Mindestanforderungen verglichen.

Bei der Komponente NO<sub>2</sub> ergibt sich für die Werte von Null bis B<sub>1</sub> eine maximale Abweichung von 2,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) bzw. 1,9 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330) und für Werte von Null bis B<sub>2</sub> eine maximale Abweichung von 3,1 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) bzw. 3,0 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330). Die Detailergebnisse der Untersuchungen finden sich in Tabelle 32 und Tabelle 33.

Bei der Komponente SO<sub>2</sub> ergibt sich für die Werte von Null bis B<sub>1</sub> eine maximale Abweichung von 0,5 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) bzw. 0,4 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330) und für Werte von Null bis B<sub>2</sub> eine maximale Abweichung von 5,9 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) bzw. 6,4 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330). Die Detailergebnisse der Untersuchungen finden sich in Tabelle 34 und Tabelle 35.

Bei der Komponente O<sub>3</sub> ergibt sich für die Werte von Null bis B<sub>1</sub> eine maximale Abweichung von 1,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) bzw. 1,1 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330) und für Werte von Null bis B<sub>2</sub> eine maximale Abweichung von 2,2 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 1 (1329) bzw. 1,2 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 2 (1330). Die Detailergebnisse der Untersuchungen finden sich in Tabelle 36 und Tabelle 37.



## **Bewertung**

Die Untersuchungen ergaben keine Überschreitung der zulässigen Abweichungen. Zur Berechnung der Gesamtunsicherheit werden die größeren der beiden Werte herangezogen.

Für die Komponente NO<sub>2</sub> sind dies 3,1 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 3,0 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Für die Komponente SO<sub>2</sub> sind dies 5,9 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 6,4 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Für die Komponente O<sub>3</sub> sind dies 2,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 1,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die Einzelergebnisse der Messreihen sind in Tabelle 26 bis Tabelle 31 im Abschnitt Analysefunktionen zu finden.

Die Ergebnisse der Gruppenmittelwerte sind folgend in Tabelle 32 bis Tabelle 37 aufgeführt.

In Abbildung 19 bis Abbildung 24 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend graphisch dargestellt.

**Tabelle 32:** *Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)*

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	0,2	0,2	3
10,0	10,3	0,3	3
20,0	20,5	0,5	3
30,0	30,2	0,2	3
40,0	42,2	2,2	3
50,0	51,8	1,8	3
60,0	61,8	1,8	3
100,0	101,9	1,9	4
150,0	153,1	3,1	4
200,0	202,5	2,5	4
300,0	302,9	2,9	4
400,0	403,1	3,1	4
450,0	450,4	0,4	4

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

\*\* Sollwert - Istwert

B<sub>1</sub> = 60 µg/m³ B<sub>2</sub> = 400 µg/m³

**Tabelle 33:** *Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)*

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	0,1	0,1	3
10,0	10,0	0,0	3
20,0	20,2	0,2	3
30,0	30,2	0,2	3
40,0	41,6	1,6	3
50,0	51,3	1,3	3
60,0	61,9	1,9	3
100,0	101,6	1,6	4
150,0	152,6	2,6	4
200,0	202,5	2,5	4
300,0	303,0	3,0	4
400,0	403,0	3,0	4
450,0	452,2	2,2	4

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

\*\* Sollwert - Istwert

B<sub>1</sub> = 60 µg/m³ B<sub>2</sub> = 400 µg/m³

**Tabelle 34: Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)**

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	0,4	0,4	2
10,0	10,5	0,5	2
20,0	20,5	0,5	2
30,0	30,5	0,5	2
40,0	40,4	0,4	2
100,0	105,9	5,9	7
200,0	204,8	4,8	7
300,0	304,2	4,2	7
400,0	402,7	2,7	7
500,0	501,2	1,2	7
600,0	597,3	-2,7	7
700,0	696,2	-3,8	7
800,0	805,5	5,5	7
950,0	954,4	4,4	7

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

 \*\* Sollwert - Istwert  $B_1 = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $B_2 = 700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 
**Tabelle 35: Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)**

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	-0,1	-0,1	2
10,0	10,2	0,2	2
20,0	20,3	0,3	2
30,0	30,3	0,3	2
40,0	40,4	0,4	2
100,0	106,4	6,4	7
200,0	204,8	4,8	7
300,0	304,5	4,5	7
400,0	403,3	3,3	7
500,0	502,3	2,3	7
600,0	599,6	-0,4	7
700,0	699,4	-0,6	7
800,0	805,0	5,0	7
950,0	952,6	2,6	7

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

 \*\* Sollwert - Istwert  $B_1 = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $B_2 = 700 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 36: Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 1 (1329)

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	0,5	0,5	4
20,0	20,1	0,1	4
40,0	41,2	1,2	4
50,0	50,3	0,3	4
80,0	80,6	0,6	4
100,0	100,6	0,6	3,6
150,0	151,9	1,9	3,6
200,0	201,6	1,6	3,6
250,0	250,2	0,2	3,6
300,0	301,7	1,7	3,6
350,0	352,2	2,2	3,6
400,0	401,1	1,1	3,6
475,0	473,7	-1,3	3,6

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

\*\* Sollwert - Istwert  $B_1 = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $B_2 = 360 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabelle 37: Linearität aus Gruppenmittelwerten für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 2 (1330)

Prüfgas Sollwert [µg/m³]	Istwert* [µg/m³]	Abweichung** [µg/m³]	Erlaubte Abweichung VDI 4202 Bl.1 [µg/m³]
0,0	0,6	0,6	4
20,0	20,3	0,3	4
40,0	40,7	0,7	4
50,0	51,0	1,0	4
80,0	81,1	1,1	4
100,0	101,2	1,2	3,6
150,0	150,7	0,7	3,6
200,0	201,2	1,2	3,6
250,0	251,0	1,0	3,6
300,0	300,7	0,7	3,6
350,0	349,7	-0,3	3,6
400,0	400,9	0,9	3,6
475,0	473,5	-1,5	3,6

\* Gruppenmittelwerte aus 5 Einzelmessungen

\*\* Sollwert - Istwert  $B_1 = 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $B_2 = 360 \mu\text{g}/\text{m}^3$

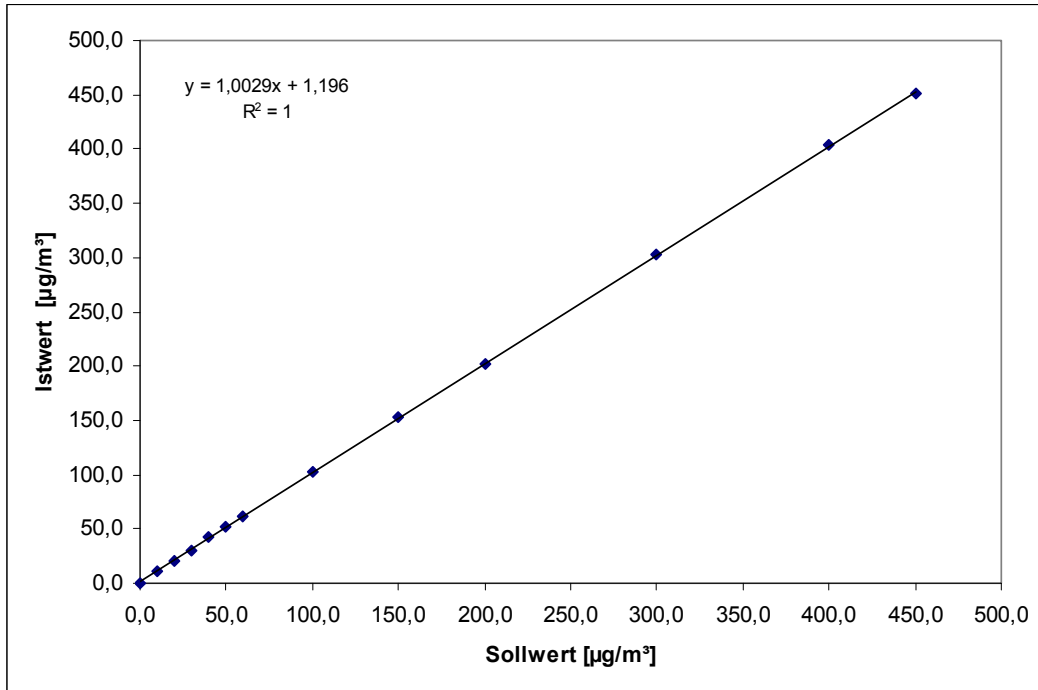


Abbildung 19: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)

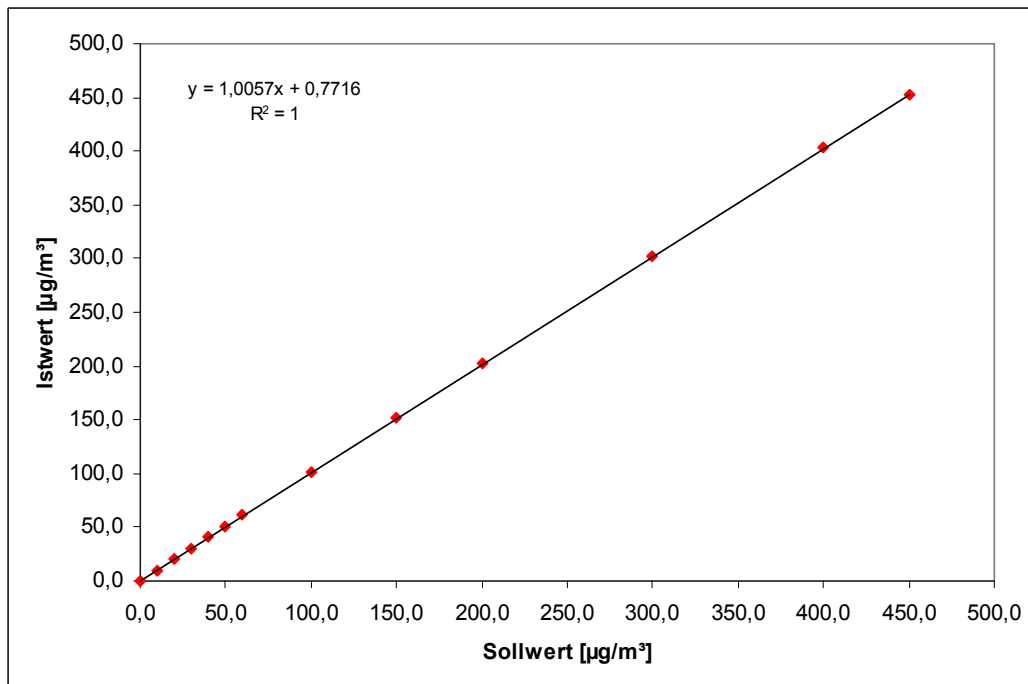


Abbildung 20: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)



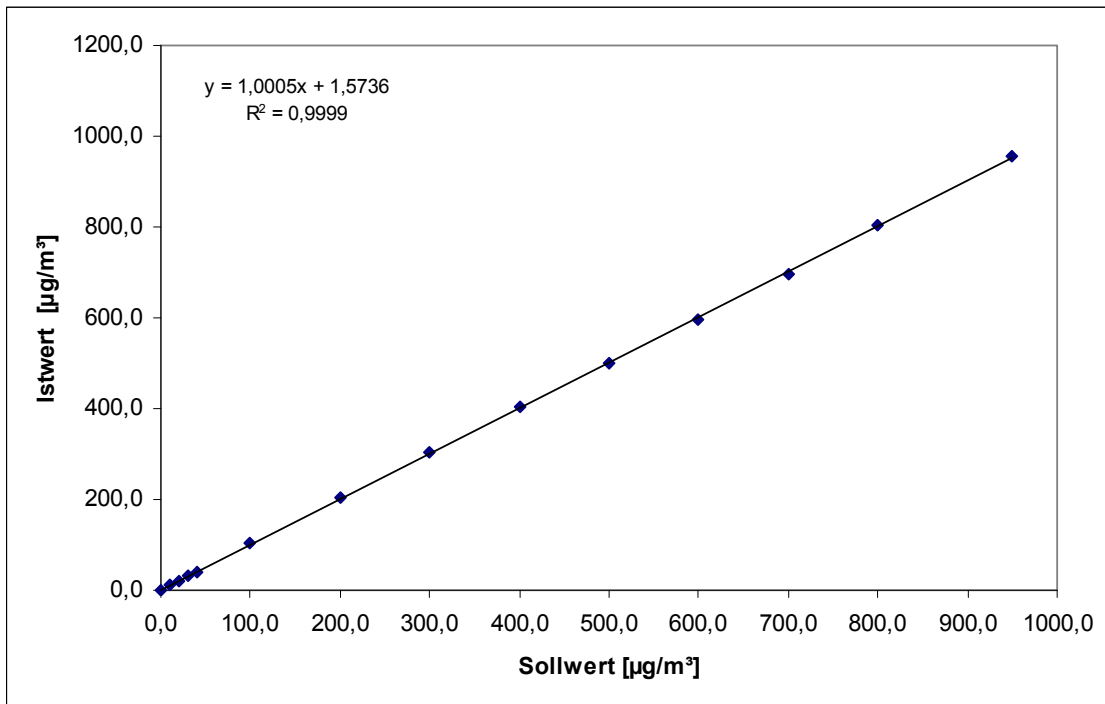


Abbildung 21: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)

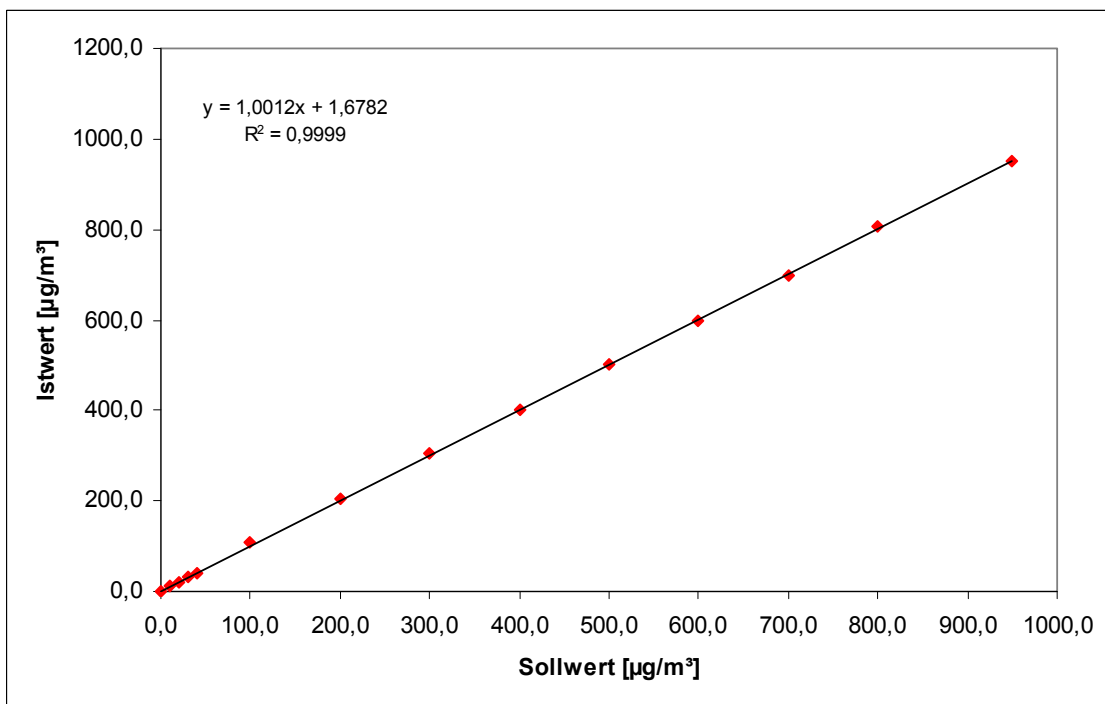


Abbildung 22: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)

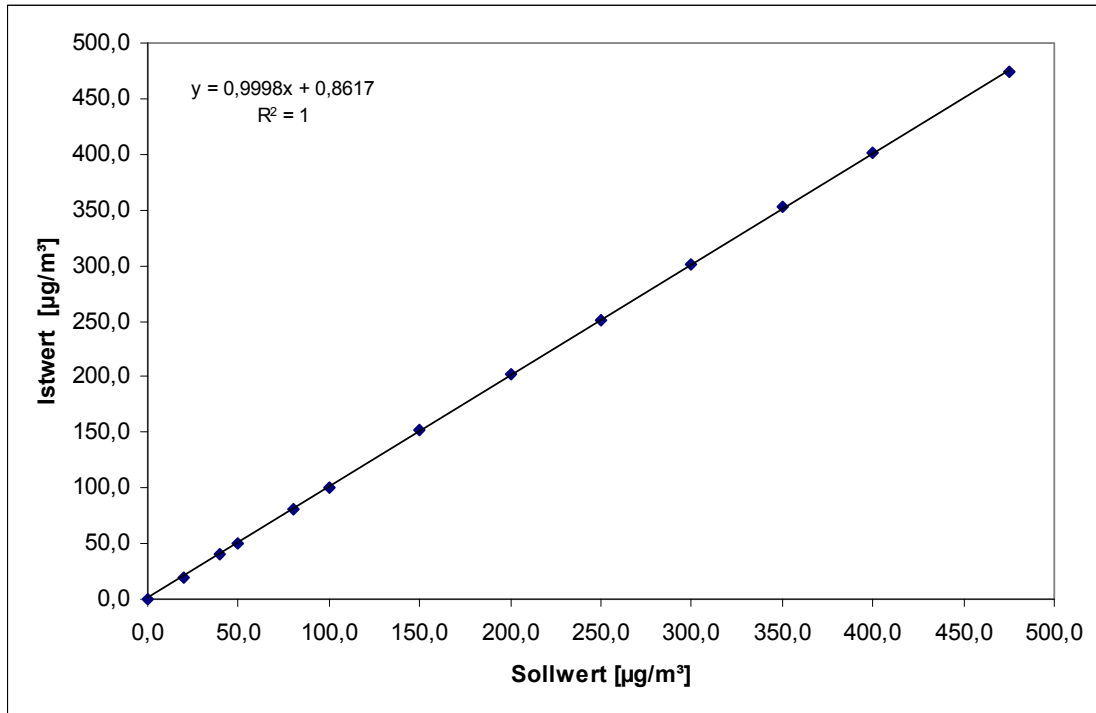


Abbildung 23: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 1 (1329)

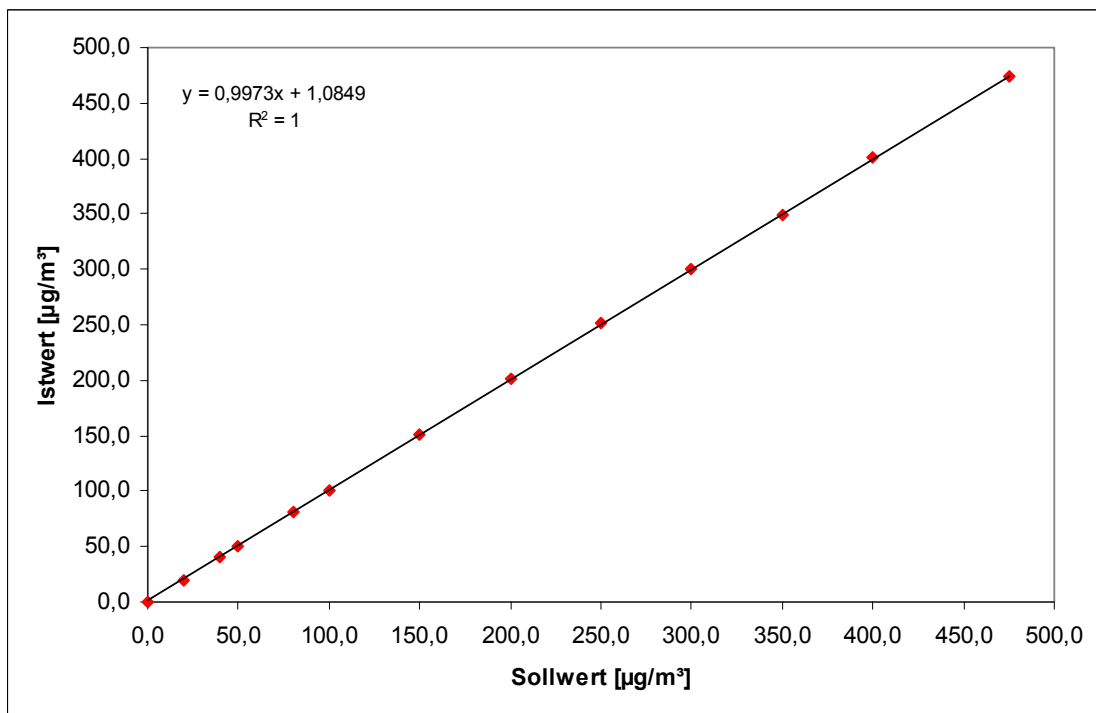


Abbildung 24: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 2 (1330)

## **A 5.2.6 Nachweisgrenze**

*Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert von 2 mal B<sub>0</sub> nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.*

*(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### **Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung erfolgte durch wechselweise Aufgabe von Null- und Referenzgas. Die Nachweisgrenze wird im Labor und am Ende des Feldtestes aus jeweils 15 Einzelwerten ermittelt.

### **Auswertung**

Auf Basis der im Labor und Feld aufgenommenen Messdaten wurde die Auswertung vorgenommen. Das Prüfkriterium der Nachweisgrenze gilt als bestanden, wenn die Nachweisgrenze im Labor und Feld kleiner als B<sub>0</sub> ist. Die Tabelle 38 bis Tabelle 43 zeigen zusammenfassend die Ergebnisse der Untersuchungen. Nach den Auswertekriterien der VDI ist die Nachweisgrenze als 3 \* Standardabweichung definiert (VDI 2449 Blatt 1).



Tabelle 38: Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente NO<sub>2</sub> im Labortest (Prüfgas Sollwert = 60,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,2	64,7	-0,2	64,8
Standardabweichung		0,2	0,2	0,1	0,2
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	3	3	3	3
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

Tabelle 39: Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente NO<sub>2</sub> im Feldtest (Prüfgas Sollwert = 60,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,4	60,9	-0,3	59,8
Standardabweichung		0,2	0,5	0,3	0,6
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,9</b>	<b>1,8</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	3	3	3	3
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

Tabelle 40: Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente SO<sub>2</sub> im Labortest (Prüfgas Sollwert = 40,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,3	40,6	-0,1	40,3
Standardabweichung		0,4	0,1	0,1	0,1
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>1,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	2	2	2	2
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

Tabelle 41: Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente SO<sub>2</sub> im Feldtest (Prüfgas Sollwert = 40,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,1	40,1	0,2	40,6
Standardabweichung		0,4	0,4	0,3	0,3
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	2	2	2	2
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>



**Tabelle 42:** Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente O<sub>3</sub> im Labortest (Prüfgas Sollwert = 80,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,6	81,1	0,2	81,7
Standardabweichung		0,1	0,7	0,2	0,4
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>0,3</b>	<b>2,1</b>	<b>0,6</b>	<b>1,2</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	4	4	4	4
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

**Tabelle 43:** Übersicht der Nachweisgrenzen für die Komponente O<sub>3</sub> im Feldtest (Prüfgas Sollwert = 80,0 µg/m<sup>3</sup>)

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Anzahl	n	15	15	15	15
Mittelwert	x	0,3	80,8	1,0	80,4
Standardabweichung		0,7	0,6	0,3	0,7
<b>NWG = 3 * Standardabweichung</b>	<b>3*s<sub>r</sub></b>	<b>2,1</b>	<b>1,8</b>	<b>0,9</b>	<b>2,1</b>
Anforderung nach VDI 4202	µg/m <sup>3</sup>	4	4	4	4
Anforderung erfüllt?		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Die Nachweisgrenze liegt innerhalb der Mindestanforderungen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Bestimmung der Nachweisgrenze sind in Tabelle 44 bis Tabelle 49 angegeben.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 103 von 509

**Tabelle 44:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente NO<sub>2</sub> im Labor (Prüfgas Sollwert = 60,0 µg/m<sup>3</sup>)

Labortest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
01.04.2009	02:35 - 02:50	0,5	0,1	02:50 - 03:05	64,9	65,0
01.04.2009	03:05 - 03:20	0,3	0,0	03:20 - 03:35	64,6	64,8
01.04.2009	03:35 - 03:50	0,1	-0,1	03:50 - 04:05	64,6	65,1
01.04.2009	04:05 - 04:20	0,1	-0,1	04:20 - 04:35	64,6	65,1
01.04.2009	04:35 - 04:50	0,2	0,0	04:50 - 05:05	64,6	64,3
01.04.2009	05:05 - 05:20	0,0	-0,3	05:20 - 05:35	64,5	64,6
01.04.2009	05:35 - 05:50	0,1	-0,4	05:50 - 06:05	64,6	64,8
01.04.2009	06:05 - 06:20	0,0	-0,3	06:20 - 06:35	64,4	64,8
01.04.2009	06:35 - 06:50	0,0	-0,4	06:50 - 07:05	64,6	64,9
01.04.2009	07:05 - 07:20	0,4	-0,2	07:20 - 07:35	64,6	64,6
01.04.2009	07:35 - 07:50	0,3	-0,2	07:50 - 08:05	64,7	64,8
01.04.2009	08:05 - 08:20	0,3	-0,1	08:20 - 08:35	64,9	64,8
01.04.2009	08:35 - 08:50	0,2	-0,2	08:50 - 09:05	65,0	64,5
01.04.2009	09:05 - 09:20	0,0	-0,1	09:20 - 09:35	64,7	65,2
01.04.2009	09:35 - 09:50	-0,1	-0,2	09:50 - 10:05	65,1	65,0
Anzahl		15	15		15	15
Mittelwert		0,2	-0,2		64,7	64,8
Standardabweichung		0,2	0,1		0,2	0,2

**Tabelle 45:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente NO<sub>2</sub> im Feld (Prüfgas Sollwert = 60,0 µg/m<sup>3</sup>)

Feldtest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
05.10.2009	18:15 - 18:30	0,2	-0,3	18:30 - 18:45	61,0	59,6
05.10.2009	18:45 - 19:00	0,5	-0,6	19:00 - 19:15	60,4	59,8
05.10.2009	19:15 - 19:30	0,4	-0,4	19:30 - 19:45	60,1	59,4
05.10.2009	19:45 - 20:00	0,2	-0,5	20:00 - 20:15	60,8	59,3
05.10.2009	20:15 - 20:30	0,5	-0,9	20:30 - 20:45	60,4	60,2
05.10.2009	20:45 - 21:00	0,3	-0,4	21:00 - 21:15	60,9	60,8
05.10.2009	21:15 - 21:30	0,4	-0,2	21:30 - 21:45	61,5	59,8
05.10.2009	21:45 - 22:00	0,4	0,3	22:00 - 22:15	61,4	59,4
05.10.2009	22:15 - 22:30	0,6	0,4	22:30 - 22:45	61,2	60,8
05.10.2009	22:45 - 23:00	0,7	-0,5	23:00 - 23:15	60,5	59,3
05.10.2009	23:15 - 23:30	0,4	-0,6	23:30 - 23:45	61,8	60,4
05.10.2009	23:45 - 00:00	0,1	-0,1	00:00 - 00:15	61,1	59,0
06.10.2009	00:15 - 00:30	0,1	-0,7	00:30 - 00:45	60,3	59,2
06.10.2009	00:45 - 01:00	0,5	-0,4	01:00 - 01:15	61,5	59,7
06.10.2009	01:15 - 01:30	0,2	-0,3	01:30 - 01:45	60,7	60,2
Anzahl		15	15		15	15
Mittelwert		0,4	-0,3		60,9	59,8
Standardabweichung		0,2	0,3		0,5	0,6

**Tabelle 46:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente SO<sub>2</sub> im Labor (Prüfgas Sollwert = 40,0 µg/m<sup>3</sup>)

Labortest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
31.03.2009	02:15 - 02:30	0,4	0,0	02:30 - 02:45	40,7	40,4
31.03.2009	02:45 - 03:00	0,6	0,0	03:00 - 03:15	40,7	40,4
31.03.2009	03:15 - 03:30	0,6	-0,1	03:30 - 03:45	40,7	40,4
31.03.2009	03:45 - 04:00	0,7	-0,2	04:00 - 04:15	40,7	40,3
31.03.2009	04:15 - 04:30	0,6	-0,2	04:30 - 04:45	40,6	40,3
31.03.2009	04:45 - 05:00	-0,5	0,0	05:00 - 05:15	40,4	40,2
31.03.2009	05:15 - 05:30	-0,5	-0,2	05:30 - 05:45	40,4	40,2
31.03.2009	05:45 - 06:00	0,4	-0,2	06:00 - 06:15	40,7	40,3
31.03.2009	06:15 - 06:30	0,5	-0,1	06:30 - 06:45	40,6	40,3
31.03.2009	06:45 - 07:00	0,6	0,0	07:00 - 07:15	40,6	40,3
31.03.2009	07:15 - 07:30	0,5	-0,2	07:30 - 07:45	40,6	40,4
31.03.2009	07:45 - 08:00	0,3	-0,1	08:00 - 08:15	40,4	40,3
31.03.2009	08:15 - 08:30	-0,4	-0,1	08:30 - 08:45	40,5	40,4
31.03.2009	08:45 - 09:00	0,0	-0,1	09:00 - 09:15	40,6	40,4
31.03.2009	09:15 - 09:30	0,4	-0,1	09:30 - 09:45	40,7	40,5
Anzahl		<b>15</b>	<b>15</b>		<b>15</b>	<b>15</b>
Mittelwert		<b>0,3</b>	<b>-0,1</b>		<b>40,6</b>	<b>40,3</b>
Standardabweichung		<b>0,4</b>	<b>0,1</b>		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>

**Tabelle 47:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente SO<sub>2</sub> im Feld (Prüfgas Sollwert = 40,0 µg/m<sup>3</sup>)

Feldtest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
06.10.2009	01:50 - 02:05	-0,4	0,1	02:05 - 02:20	39,8	40,5
06.10.2009	02:20 - 02:35	0,3	0,6	02:35 - 02:50	40,2	40,1
06.10.2009	02:50 - 03:05	0,1	0,4	03:05 - 03:20	40,6	40,5
06.10.2009	03:20 - 03:35	0,0	0,1	03:35 - 03:50	40,1	40,6
06.10.2009	03:50 - 04:05	0,5	0,5	04:05 - 04:20	39,4	40,7
06.10.2009	04:20 - 04:35	0,4	0,6	04:35 - 04:50	39,5	40,6
06.10.2009	04:50 - 05:05	-0,6	0,4	05:05 - 05:20	40,6	40,2
06.10.2009	05:20 - 05:35	0,2	0,2	05:35 - 05:50	40,1	40,2
06.10.2009	05:50 - 06:05	0,5	0,1	06:05 - 06:20	40,0	40,4
06.10.2009	06:20 - 06:35	0,1	-0,5	06:35 - 06:50	40,5	41,2
06.10.2009	06:50 - 07:05	0,8	0,1	07:05 - 07:20	40,2	40,7
06.10.2009	07:20 - 07:35	0,4	0,0	07:35 - 07:50	40,6	40,3
06.10.2009	07:50 - 08:05	-0,3	0,0	08:05 - 08:20	40,1	40,6
06.10.2009	08:20 - 08:35	-0,1	0,6	08:35 - 08:50	40,8	40,8
06.10.2009	08:50 - 09:05	0,0	0,4	09:05 - 09:20	39,7	41,2
Anzahl		<b>15</b>	<b>15</b>		<b>15</b>	<b>15</b>
Mittelwert		<b>0,1</b>	<b>0,2</b>		<b>40,1</b>	<b>40,6</b>
Standardabweichung		<b>0,4</b>	<b>0,3</b>		<b>0,4</b>	<b>0,3</b>



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 105 von 509

**Tabelle 48:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente O<sub>3</sub> im Labor (Prüfgas Sollwert = 80,0 µg/m<sup>3</sup>)

Labortest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
03.04.2009	01:40 - 01:55	0,6	0,3	01:55 - 02:10	80,7	81,9
03.04.2009	02:10 - 02:25	0,5	0,1	02:25 - 02:40	80,9	81,3
03.04.2009	02:40 - 02:55	0,6	0,3	02:55 - 03:10	81,3	81,9
03.04.2009	03:10 - 03:25	0,7	0,2	03:25 - 03:40	81,8	81,9
03.04.2009	03:40 - 03:55	0,6	0,1	03:55 - 04:10	81,2	81,3
03.04.2009	04:10 - 04:25	0,6	0,2	04:25 - 04:40	82,1	81,8
03.04.2009	04:40 - 04:55	0,5	0,6	04:55 - 05:10	81,9	81,0
03.04.2009	05:10 - 05:25	0,6	0,1	05:25 - 05:40	80,4	81,7
03.04.2009	05:40 - 05:55	0,5	0,1	05:55 - 06:10	81,6	81,9
03.04.2009	06:10 - 06:25	0,6	0,0	06:25 - 06:40	81,0	82,1
03.04.2009	06:40 - 06:55	0,5	-0,1	06:55 - 07:10	81,8	81,9
03.04.2009	07:10 - 07:25	0,6	0,4	07:25 - 07:40	80,6	81,7
03.04.2009	07:40 - 07:55	0,5	0,5	07:55 - 08:10	80,2	81,3
03.04.2009	08:10 - 08:25	0,5	0,2	08:25 - 08:40	80,4	81,5
03.04.2009	08:40 - 08:55	0,5	0,6	08:55 - 09:10	80,2	82,7
Anzahl		15	15		15	15
Mittelwert		0,6	0,2		81,1	81,7
Standardabweichung		0,1	0,2		0,7	0,4

**Tabelle 49:** Einzelwerte der Ermittlung der Nachweisgrenze für die Komponente O<sub>3</sub> im Feld (Prüfgas Sollwert = 80,0 µg/m<sup>3</sup>)

Feldtest		Nullpunkt		Referenzpunkt		
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
06.10.2009	09:30 - 09:45	1,0	1,2	09:45 - 10:00	81,6	79,8
06.10.2009	10:00 - 10:15	1,3	1,4	10:15 - 10:30	81,0	79,8
06.10.2009	10:30 - 10:45	0,5	1,4	10:45 - 11:00	80,9	79,8
06.10.2009	11:00 - 11:15	0,5	0,7	11:15 - 11:30	81,7	81,1
06.10.2009	11:30 - 11:45	0,5	1,1	11:45 - 12:00	80,3	80,6
06.10.2009	12:00 - 12:15	0,0	1,0	12:15 - 12:30	79,9	79,7
06.10.2009	12:30 - 12:45	-0,7	1,2	12:45 - 13:00	80,6	81,4
06.10.2009	13:00 - 13:15	0,7	1,6	13:15 - 13:30	81,4	80,4
06.10.2009	13:30 - 13:45	0,6	0,7	13:45 - 14:00	80,8	80,0
06.10.2009	14:00 - 14:15	0,4	0,6	14:15 - 14:30	81,2	79,5
06.10.2009	14:30 - 14:45	0,0	0,6	14:45 - 15:00	80,4	81,9
06.10.2009	15:00 - 15:15	0,1	0,6	15:15 - 15:30	79,5	80,3
06.10.2009	15:30 - 15:45	-1,6	0,9	15:45 - 16:00	81,0	80,2
06.10.2009	16:00 - 16:15	0,0	1,2	16:15 - 16:30	80,6	80,6
06.10.2009	16:30 - 16:45	0,8	0,7	16:45 - 17:00	80,4	80,4
Anzahl		15	15		15	15
Mittelwert		0,3	1,0		80,8	80,4
Standardabweichung		0,7	0,3		0,6	0,7



## A 5.2.7 Zykluszeit

*Bei Messeinrichtungen, die nicht mindestens zwei Drittel der Messzeit erfassen und die die einzelnen Komponenten sequentiell bestimmen, darf die Zykluszeit höchstens 360 s betragen.*

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine optische Mehrkomponentenmesseinrichtung. Soweit sie zur Erfassung mehrerer Komponenten eingesetzt wird, werden diese sequentiell gemessen. Die Einstellzeit bei dem angewandten Messverfahren wird, im Gegensatz zu herkömmlichen Monitoren, nicht durch Gaswege und Dämpfungseinstellungen bestimmt. Die Einstellzeit der Messeinrichtung wird maßgeblich durch die Anzahl der aktivierten Komponenten sowie der Messzeit pro Komponente bestimmt. Während der Eignungsprüfung waren 3 Komponenten aktiviert, die Messzeit pro Komponente betrug 30 Sekunden. Damit ergibt sich eine Gesamtzykluszeit von 90 Sekunden. Somit beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden. Die Gesamtmesszeit pro Stunde beträgt 20 Minuten für jede Komponente.

### Auswertung

Bedingt durch das Messverfahren, die eingestellte Messzeit sowie die Anzahl der gemessenen Komponenten beträgt die Zykluszeit 90 Sekunden bei allen Komponenten.

### Bewertung

Die maximal zulässige Zykluszeit von 360 Sekunden wird mit 90 Sekunden deutlich unterschritten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht notwendig.

## A 5.2.8 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur

Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Wert von 2 mal Bezugswert B<sub>0</sub> nicht überschreiten.

(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)

### Gerätetechnische Ausstattung

Als Prüfgas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Nach VDI 4202 Blatt 1 ist die Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes zwischen + 5 °C und + 40 °C zu prüfen. Dabei werden folgende Temperaturpunkte geprüft: 20 °C → 5 °C → 20 °C → 40 °C → 20 °C. Die Prüfgasaufgabe erfolgt dabei dreimal pro Temperaturpunkt und das Temperaturprogramm wird dreimal durchfahren.

### Auswertung

An jedem Temperaturpunkt wurden die Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20 °C bestimmt. Für jeden Temperaturschritt wurde der Mittelwert gebildet und mit den Mindestanforderungen verglichen. Dabei darf bei keinem Temperaturpunkt im Vergleich zum Ausgangspunkt die zulässige Abweichung von B<sub>0</sub> der jeweiligen Komponente überschritten werden.

Tabelle 50: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von NO<sub>2</sub> am Nullpunkt

Temperatur	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
[°C]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	-0,4	----	-0,1	----
5	-0,3	<b>0,1</b>	-0,1	<b>0,0</b>
20	-0,1	<b>0,3</b>	-0,2	<b>-0,1</b>
40	0,0	<b>0,4</b>	-0,2	<b>-0,1</b>
20	-0,1	<b>0,3</b>	-0,1	<b>0,0</b>
5	-0,2	<b>0,2</b>	-0,2	<b>-0,1</b>
20	-0,1	<b>0,3</b>	-0,2	<b>-0,1</b>
40	-0,1	<b>0,3</b>	-0,1	<b>0,0</b>
20	0,0	<b>0,4</b>	-0,1	<b>0,0</b>
5	0,0	<b>0,4</b>	-0,2	<b>-0,1</b>
20	0,1	<b>0,3</b>	-0,1	<b>0,0</b>
40	-0,2	<b>0,2</b>	-0,1	<b>0,0</b>
20	-0,1	<b>0,3</b>	0,1	<b>0,2</b>



Wie in Tabelle 50 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente NO<sub>2</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 0,2 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = 0,4 µg/m<sup>3</sup>.

*Tabelle 51: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von SO<sub>2</sub> am Nullpunkt*

Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	-0,1	----	0,2	----
5	-0,1	<b>0,0</b>	-0,1	<b>-0,3</b>
20	-0,1	<b>0,0</b>	0,1	<b>-0,1</b>
40	0,0	<b>0,1</b>	-0,1	<b>-0,3</b>
20	0,1	<b>0,2</b>	0,2	<b>0,0</b>
5	-0,1	<b>0,0</b>	0,0	<b>-0,2</b>
20	-0,1	<b>0,0</b>	0,0	<b>-0,2</b>
40	-0,1	<b>0,0</b>	-0,2	<b>-0,4</b>
20	0,0	<b>0,1</b>	-0,1	<b>-0,3</b>
5	0,0	<b>0,1</b>	0,0	<b>-0,2</b>
20	-0,1	<b>0,0</b>	0,0	<b>-0,2</b>
40	0,0	<b>0,0</b>	0,1	<b>-0,1</b>
20	-0,1	<b>0,0</b>	0,0	<b>-0,2</b>

Wie in Tabelle 51 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente SO<sub>2</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = -0,4 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = 0,2 µg/m<sup>3</sup>.

Tabelle 52: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von O<sub>3</sub> am Nullpunkt

Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	-1,7	---	-2,2	---
5	-2,5	<b>-0,8</b>	-1,3	<b>0,9</b>
20	-1,5	<b>0,2</b>	-2,1	<b>0,1</b>
40	-1,7	<b>0,0</b>	-2,4	<b>-0,2</b>
20	-1,8	<b>-0,1</b>	-2,4	<b>-0,2</b>
5	-1,5	<b>0,2</b>	-1,7	<b>0,5</b>
20	-1,8	<b>-0,1</b>	-1,9	<b>0,3</b>
40	-1,9	<b>-0,2</b>	-1,8	<b>0,4</b>
20	-1,3	<b>0,4</b>	-1,9	<b>0,3</b>
5	-0,9	<b>0,8</b>	-2,3	<b>-0,1</b>
20	-1,4	<b>0,3</b>	-1,9	<b>0,3</b>
40	-2,7	<b>-1,0</b>	-2,0	<b>0,2</b>
20	-1,9	<b>-0,2</b>	-0,9	<b>1,3</b>

Wie in Tabelle 52 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente O<sub>3</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 0,9 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = -1,0 µg/m<sup>3</sup>.

### Bewertung

Die Änderung des Nullpunktes liegt bei allen betrachteten Umgebungstemperaturen im Bereich der maximal erlaubten Abweichung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelergebnisse der Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur sind in Tabelle 53 bis Tabelle 55 angegeben.



**Tabelle 53:** *Einzeldaten der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Datum	Uhrzeit	Nullpunkt		
		Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m³]	[µg/m³]
18.09.2009	07:10 - 07:25	20	-0,5	-0,1
18.09.2009	08:10 - 08:25	20	-0,3	-0,1
18.09.2009	09:10 - 09:25	20	-0,3	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-0,1</b>
18.09.2009	16:00 - 16:15	5	-0,3	-0,1
18.09.2009	17:00 - 17:15	5	-0,2	0,0
18.09.2009	18:00 - 18:15	5	-0,3	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,1</b>
19.09.2009	09:00 - 09:15	20	0,0	-0,3
19.09.2009	10:00 - 10:15	20	-0,2	-0,1
19.09.2009	11:00 - 11:15	20	-0,1	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>
21.09.2009	07:05 - 07:20	40	0,2	-0,1
21.09.2009	08:05 - 08:20	40	-0,1	-0,1
21.09.2009	09:05 - 09:20	40	-0,1	-0,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,2</b>
21.09.2009	16:00 - 16:15	20	0,0	0,0
21.09.2009	17:00 - 17:15	20	-0,1	0,0
21.09.2009	18:00 - 18:15	20	-0,1	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,1</b>
22.09.2009	07:10 - 07:25	5	-0,2	0,1
22.09.2009	08:10 - 08:25	5	-0,3	-0,4
22.09.2009	09:10 - 09:25	5	-0,1	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>
22.09.2009	15:50 - 16:05	20	0,1	-0,4
22.09.2009	16:50 - 17:05	20	-0,1	-0,1
22.09.2009	17:50 - 18:05	20	-0,3	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>
23.09.2009	07:00 - 07:15	40	-0,2	-0,2
23.09.2009	08:00 - 08:15	40	0,0	-0,2
23.09.2009	09:00 - 09:15	40	0,0	0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,1</b>
23.09.2009	16:05 - 16:20	20	-0,1	-0,3
23.09.2009	17:05 - 17:20	20	-0,1	0,1
23.09.2009	18:05 - 18:20	20	0,1	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,1</b>
24.09.2009	07:00 - 07:15	5	-0,3	-0,1
24.09.2009	08:00 - 08:15	5	0,2	-0,2
24.09.2009	09:00 - 09:15	5	-0,1	-0,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,2</b>
24.09.2009	16:15 - 16:30	20	0,2	-0,1
24.09.2009	17:15 - 17:30	20	-0,1	-0,1
24.09.2009	18:15 - 18:30	20	0,2	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>-0,1</b>
25.09.2009	07:00 - 07:15	40	-0,2	-0,2
25.09.2009	08:00 - 08:15	40	-0,1	0,0
25.09.2009	09:00 - 09:15	40	-0,2	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,1</b>
25.09.2009	15:50 - 16:05	20	-0,1	-0,1
25.09.2009	16:50 - 17:05	20	-0,2	0,2
25.09.2009	17:50 - 18:05	20	0,1	0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,1</b>

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 111 von 509

**Tabelle 54:** Einzeldaten der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente SO<sub>2</sub>

Datum	Uhrzeit	Nullpunkt		
		Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m³]	[µg/m³]
18.09.2009	07:10 - 07:25	20	-0,2	0,1
18.09.2009	08:10 - 08:25	20	-0,1	0,2
18.09.2009	09:10 - 09:25	20	0,0	0,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,2</b>
18.09.2009	16:00 - 16:15	5	0,2	0,0
18.09.2009	17:00 - 17:15	5	-0,1	-0,2
18.09.2009	18:00 - 18:15	5	-0,4	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,1</b>
19.09.2009	09:00 - 09:15	20	-0,1	0,1
19.09.2009	10:00 - 10:15	20	-0,1	0,1
19.09.2009	11:00 - 11:15	20	-0,1	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,1</b>
21.09.2009	07:05 - 07:20	40	-0,2	-0,1
21.09.2009	08:05 - 08:20	40	0,1	0,1
21.09.2009	09:05 - 09:20	40	0,0	-0,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,1</b>
21.09.2009	16:00 - 16:15	20	-0,1	0,2
21.09.2009	17:00 - 17:15	20	0,0	0,2
21.09.2009	18:00 - 18:15	20	0,3	0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,2</b>
22.09.2009	07:10 - 07:25	5	-0,2	0,0
22.09.2009	08:10 - 08:25	5	-0,1	-0,1
22.09.2009	09:10 - 09:25	5	-0,1	0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>
22.09.2009	15:50 - 16:05	20	0,0	0,1
22.09.2009	16:50 - 17:05	20	-0,1	-0,1
22.09.2009	17:50 - 18:05	20	-0,2	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>
23.09.2009	07:00 - 07:15	40	-0,1	-0,3
23.09.2009	08:00 - 08:15	40	-0,1	-0,2
23.09.2009	09:00 - 09:15	40	0,0	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>
23.09.2009	16:05 - 16:20	20	0,0	-0,1
23.09.2009	17:05 - 17:20	20	0,1	0,0
23.09.2009	18:05 - 18:20	20	-0,1	0,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,1</b>
24.09.2009	07:00 - 07:15	5	-0,1	0,1
24.09.2009	08:00 - 08:15	5	0,3	-0,2
24.09.2009	09:00 - 09:15	5	-0,2	0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
24.09.2009	16:15 - 16:30	20	-0,1	0,1
24.09.2009	17:15 - 17:30	20	-0,1	0,2
24.09.2009	18:15 - 18:30	20	-0,2	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>
25.09.2009	07:00 - 07:15	40	-0,1	0,2
25.09.2009	08:00 - 08:15	40	0,1	0,2
25.09.2009	09:00 - 09:15	40	-0,1	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,1</b>
25.09.2009	15:50 - 16:05	20	0,0	0,0
25.09.2009	16:50 - 17:05	20	-0,2	0,0
25.09.2009	17:50 - 18:05	20	0,0	-0,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>



**Tabelle 55:** Einzeldaten der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente O<sub>3</sub>

Datum	Nullpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m³]	[µg/m³]
18.09.2009	07:10 - 07:25	20	-2,0	-2,1
18.09.2009	08:10 - 08:25	20	-1,9	-2,1
18.09.2009	09:10 - 09:25	20	-1,1	-2,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,7</b>	<b>-2,2</b>
18.09.2009	16:00 - 16:15	5	-2,4	-1,3
18.09.2009	17:00 - 17:15	5	-2,4	-1,4
18.09.2009	18:00 - 18:15	5	-2,7	-1,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-2,5</b>	<b>-1,3</b>
19.09.2009	09:00 - 09:15	20	-0,7	-2,8
19.09.2009	10:00 - 10:15	20	-1,2	-1,3
19.09.2009	11:00 - 11:15	20	-2,7	-2,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,5</b>	<b>-2,1</b>
21.09.2009	07:05 - 07:20	40	-2,2	-2,5
21.09.2009	08:05 - 08:20	40	-1,1	-1,7
21.09.2009	09:05 - 09:20	40	-1,8	-3,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,7</b>	<b>-2,4</b>
21.09.2009	16:00 - 16:15	20	-2,1	-2,2
21.09.2009	17:00 - 17:15	20	-2,0	-1,5
21.09.2009	18:00 - 18:15	20	-1,2	-3,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,8</b>	<b>-2,4</b>
22.09.2009	07:10 - 07:25	5	-1,4	-1,7
22.09.2009	08:10 - 08:25	5	-0,7	-1,9
22.09.2009	09:10 - 09:25	5	-2,2	-1,7
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,5</b>	<b>-1,7</b>
22.09.2009	15:50 - 16:05	20	-1,2	-3,2
22.09.2009	16:50 - 17:05	20	-2,1	-1,3
22.09.2009	17:50 - 18:05	20	-2,2	-1,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,8</b>	<b>-1,9</b>
23.09.2009	07:00 - 07:15	40	-1,0	-1,7
23.09.2009	08:00 - 08:15	40	-1,5	-1,5
23.09.2009	09:00 - 09:15	40	-3,2	-2,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,9</b>	<b>-1,8</b>
23.09.2009	16:05 - 16:20	20	-2,3	-1,7
23.09.2009	17:05 - 17:20	20	-0,7	-2,4
23.09.2009	18:05 - 18:20	20	-0,9	-1,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,3</b>	<b>-1,9</b>
24.09.2009	07:00 - 07:15	5	-0,1	-2,0
24.09.2009	08:00 - 08:15	5	-1,5	-2,7
24.09.2009	09:00 - 09:15	5	-1,0	-2,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,9</b>	<b>-2,3</b>
24.09.2009	16:15 - 16:30	20	-1,8	-1,7
24.09.2009	17:15 - 17:30	20	-1,9	-2,6
24.09.2009	18:15 - 18:30	20	-0,5	-1,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,4</b>	<b>-1,9</b>
25.09.2009	07:00 - 07:15	40	-3,4	-2,0
25.09.2009	08:00 - 08:15	40	-2,9	-2,1
25.09.2009	09:00 - 09:15	40	-1,9	-1,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>-2,7</b>	<b>-2,0</b>
25.09.2009	15:50 - 16:05	20	-1,7	-0,1
25.09.2009	16:50 - 17:05	20	-2,4	-1,5
25.09.2009	17:50 - 18:05	20	-1,5	-1,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,9</b>	<b>-0,9</b>



## A 5.2.9 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur

*Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes  $B_1$  darf nicht mehr als  $\pm 5\%$  des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C betragen.*

*( $B_1$  für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)*

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Nach VDI 4202 Blatt 1 ist die Temperaturabhängigkeit des Messwertes zwischen + 5 °C und + 40 °C zu prüfen. Dabei werden folgende Temperaturpunkte geprüft: 20 °C → 5 °C → 20 °C → 40 °C → 20 °C. Die Prüfgasaufgabe erfolgt dabei dreimal pro Temperaturpunkt und das Temperaturprogramm wird dreimal durchfahren. Die Prüfgaskonzentration liegt dabei im Bereich von  $B_1$ .

### Auswertung

An jedem Temperaturpunkt wurden die Abweichungen zum Ausgangspunkt bei 20°C bestimmt. Für jeden Temperaturschritt wurde der Mittelwert gebildet und mit den Mindestanforderungen verglichen. Dabei darf bei keinem Temperaturpunkt im Vergleich zum Ausgangspunkt die zulässige Abweichung von 5 % von  $B_1$  der jeweiligen Komponente überschritten werden.



*Tabelle 56: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von NO<sub>2</sub> am Referenzpunkt*

Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	59,4	----	59,7	----
5	59,5	<b>0,1</b>	60,0	<b>0,3</b>
20	59,9	<b>0,5</b>	59,6	<b>-0,1</b>
40	59,8	<b>0,4</b>	59,8	<b>0,1</b>
20	59,5	<b>0,1</b>	59,6	<b>-0,1</b>
5	59,4	<b>0,0</b>	59,2	<b>-0,5</b>
20	59,3	<b>-0,1</b>	59,7	<b>0,0</b>
40	59,5	<b>0,1</b>	59,7	<b>0,0</b>
20	59,8	<b>0,4</b>	59,4	<b>-0,3</b>
5	59,7	<b>0,3</b>	59,9	<b>0,2</b>
20	60,0	<b>0,6</b>	59,6	<b>-0,1</b>
40	59,9	<b>0,5</b>	59,8	<b>0,1</b>
20	59,7	<b>0,3</b>	59,7	<b>0,0</b>

Wie in Tabelle 56 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente NO<sub>2</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 0,6 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = -0,5 µg/m<sup>3</sup>.

Tabelle 57: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von SO<sub>2</sub> am Referenzpunkt

Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	41,6	----	41,7	----
5	41,6	<b>0,0</b>	41,7	<b>0,0</b>
20	42,1	<b>0,5</b>	41,8	<b>0,1</b>
40	41,9	<b>0,3</b>	42,0	<b>0,3</b>
20	41,8	<b>0,2</b>	41,8	<b>0,1</b>
5	42,2	<b>0,6</b>	42,0	<b>0,3</b>
20	41,9	<b>0,3</b>	41,9	<b>0,2</b>
40	41,9	<b>0,3</b>	41,8	<b>0,1</b>
20	41,7	<b>0,1</b>	42,3	<b>0,6</b>
5	42,0	<b>0,4</b>	42,0	<b>0,3</b>
20	42,0	<b>0,4</b>	42,1	<b>0,4</b>
40	42,2	<b>0,6</b>	42,2	<b>0,5</b>
20	42,0	<b>0,4</b>	42,1	<b>0,4</b>

Wie in Tabelle 57 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente SO<sub>2</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 0,6 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = 0,6 µg/m<sup>3</sup>.



*Tabelle 58: Mittelwerte und Abweichungen der Temperaturabhängigkeit von O<sub>3</sub> am Referenzpunkt*

Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
	Mittelwerte	Abweichung	Mittelwerte	Abweichung
	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]	zu 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
20	80,7	----	80,0	----
5	80,2	<b>-0,5</b>	80,4	<b>0,4</b>
20	81,0	<b>0,4</b>	80,4	<b>0,4</b>
40	81,4	<b>0,7</b>	80,9	<b>0,9</b>
20	80,6	<b>-0,1</b>	80,8	<b>0,8</b>
5	81,7	<b>1,0</b>	80,8	<b>0,8</b>
20	80,4	<b>-0,2</b>	81,0	<b>1,0</b>
40	80,6	<b>0,0</b>	80,9	<b>0,9</b>
20	80,2	<b>-0,5</b>	80,8	<b>0,8</b>
5	81,1	<b>0,4</b>	80,8	<b>0,8</b>
20	80,5	<b>-0,2</b>	80,5	<b>0,5</b>
40	80,2	<b>-0,5</b>	80,6	<b>0,6</b>
20	81,2	<b>0,5</b>	80,9	<b>0,9</b>

Wie in Tabelle 58 zu erkennen, werden die erlaubten Abweichungen für die Komponente O<sub>3</sub> nicht überschritten. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit werden bei beiden Geräten die größten Abweichungen herangezogen. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 1,0 µg/m<sup>3</sup> und für Gerät 2 (1330) = 1,0 µg/m<sup>3</sup>.

### Bewertung

Die Änderung des Referenzpunktes liegt bei allen betrachteten Umgebungstemperaturen im Bereich der maximal erlaubten Abweichung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelergebnisse der Untersuchung der Abhängigkeit des Referenzpunktes von der Umgebungstemperatur sind in Tabelle 59 bis Tabelle 61 angegeben

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 117 von 509

*Tabelle 59: Einzeldaten der Abhängigkeit des Referenzpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m³]	[µg/m³]
18.09.2009	07:55 - 08:10	20	59,3	59,5
18.09.2009	08:55 - 09:10	20	59,7	60,2
18.09.2009	09:55 - 10:10	20	59,2	59,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,4</b>	<b>59,7</b>
18.09.2009	16:45 - 17:00	5	59,3	59,9
18.09.2009	17:45 - 18:00	5	59,7	60,1
18.09.2009	18:45 - 19:00	5	59,5	59,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,5</b>	<b>60,0</b>
19.09.2009	09:45 - 10:00	20	60,0	60,0
19.09.2009	10:45 - 11:00	20	59,6	59,3
19.09.2009	11:45 - 12:00	20	60,1	59,6
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,9</b>	<b>59,6</b>
21.09.2009	07:50 - 08:05	40	59,7	59,6
21.09.2009	08:50 - 09:05	40	60,0	60,0
21.09.2009	09:50 - 10:05	40	59,7	59,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,8</b>	<b>59,8</b>
21.09.2009	16:45 - 17:00	20	60,0	59,3
21.09.2009	17:45 - 18:00	20	58,9	60,2
21.09.2009	18:45 - 19:00	20	59,5	59,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,5</b>	<b>59,6</b>
22.09.2009	07:55 - 08:10	5	59,6	59,1
22.09.2009	08:55 - 09:10	5	59,6	58,9
22.09.2009	09:55 - 10:10	5	59,0	59,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,4</b>	<b>59,2</b>
22.09.2009	16:35 - 16:50	20	59,0	59,9
22.09.2009	17:35 - 17:50	20	59,5	59,8
22.09.2009	18:35 - 18:50	20	59,4	59,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,3</b>	<b>59,7</b>
23.09.2009	07:45 - 08:00	40	59,2	58,9
23.09.2009	08:45 - 09:00	40	59,3	60,3
23.09.2009	09:45 - 10:00	40	60,0	59,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,5</b>	<b>59,7</b>
23.09.2009	16:50 - 17:05	20	59,3	59,7
23.09.2009	17:50 - 18:05	20	59,9	58,5
23.09.2009	18:50 - 19:05	20	60,3	60,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,8</b>	<b>59,4</b>
24.09.2009	07:45 - 08:00	5	60,0	59,9
24.09.2009	08:45 - 09:00	5	59,9	59,9
24.09.2009	09:45 - 10:00	5	59,3	59,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,7</b>	<b>59,9</b>
24.09.2009	17:00 - 17:15	20	60,2	59,8
24.09.2009	18:00 - 18:15	20	59,8	59,5
24.09.2009	19:00 - 19:15	20	60,1	59,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>60,0</b>	<b>59,6</b>
25.09.2009	07:45 - 08:00	40	60,1	59,9
25.09.2009	08:45 - 09:00	40	60,0	59,9
25.09.2009	09:45 - 10:00	40	59,8	59,7
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,9</b>	<b>59,8</b>
25.09.2009	16:35 - 16:50	20	59,9	59,7
25.09.2009	17:35 - 17:50	20	59,6	59,9
25.09.2009	18:35 - 18:50	20	59,7	59,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>59,7</b>	<b>59,7</b>

**Tabelle 60:** *Einzeldaten der Abhängigkeit des Referenzpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente SO<sub>2</sub>*

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
18.09.2009	07:40 - 07:55	20	41,6	41,8
18.09.2009	08:40 - 08:55	20	41,6	41,7
18.09.2009	09:40 - 09:55	20	41,5	41,7
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,6</b>	<b>41,7</b>
18.09.2009	16:30 - 16:45	5	41,7	41,8
18.09.2009	17:30 - 17:45	5	41,6	41,6
18.09.2009	18:30 - 18:45	5	41,4	41,7
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,6</b>	<b>41,7</b>
19.09.2009	09:30 - 09:45	20	42,0	41,8
19.09.2009	10:30 - 10:45	20	42,1	41,8
19.09.2009	11:30 - 11:45	20	42,1	41,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,1</b>	<b>41,8</b>
21.09.2009	07:35 - 07:50	40	41,7	41,8
21.09.2009	08:35 - 08:50	40	42,3	42,2
21.09.2009	09:35 - 09:50	40	41,8	41,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,9</b>	<b>42,0</b>
21.09.2009	16:30 - 16:45	20	41,8	41,8
21.09.2009	17:30 - 17:45	20	41,9	41,8
21.09.2009	18:30 - 18:45	20	41,7	41,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,8</b>	<b>41,8</b>
22.09.2009	07:40 - 07:55	5	42,1	41,8
22.09.2009	08:40 - 08:55	5	42,2	42,2
22.09.2009	09:40 - 09:55	5	42,2	42,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,2</b>	<b>42,0</b>
22.09.2009	16:20 - 16:35	20	41,8	41,7
22.09.2009	17:20 - 17:35	20	41,8	42,0
22.09.2009	18:20 - 18:35	20	42,1	42,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,9</b>	<b>41,9</b>
23.09.2009	07:30 - 07:45	40	41,9	41,7
23.09.2009	08:30 - 08:45	40	41,8	41,9
23.09.2009	09:30 - 09:45	40	42,0	41,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,9</b>	<b>41,8</b>
23.09.2009	16:35 - 16:50	20	42,0	42,5
23.09.2009	17:35 - 17:50	20	41,4	42,0
23.09.2009	18:35 - 18:50	20	41,8	42,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>41,7</b>	<b>42,3</b>
24.09.2009	07:30 - 07:45	5	42,1	41,8
24.09.2009	08:30 - 08:45	5	41,9	42,2
24.09.2009	09:30 - 09:45	5	42,2	42,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,0</b>	<b>42,0</b>
24.09.2009	16:45 - 17:00	20	41,9	42,0
24.09.2009	17:45 - 18:00	20	42,1	42,2
24.09.2009	18:45 - 19:00	20	42,2	42,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,0</b>	<b>42,1</b>
25.09.2009	07:30 - 07:45	40	42,3	42,3
25.09.2009	08:30 - 08:45	40	42,1	42,1
25.09.2009	09:30 - 09:45	40	42,3	42,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,2</b>	<b>42,2</b>
25.09.2009	16:20 - 16:35	20	41,9	41,9
25.09.2009	17:20 - 17:35	20	42,1	42,1
25.09.2009	18:20 - 18:35	20	42,0	42,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>42,0</b>	<b>42,1</b>

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 119 von 509

**Tabelle 61:** Einzeldaten der Abhängigkeit des Referenzpunktes von der Umgebungstemperatur für die Komponente O<sub>3</sub>

Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt		
		Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[µg/m³]	[µg/m³]
18.09.2009	07:25 - 07:40	20	79,9	79,0
18.09.2009	08:25 - 08:40	20	81,7	80,1
18.09.2009	09:25 - 09:40	20	80,5	80,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,7</b>	<b>80,0</b>
18.09.2009	16:15 - 16:30	5	80,0	81,0
18.09.2009	17:15 - 17:30	5	80,2	80,4
18.09.2009	18:15 - 18:30	5	80,4	79,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,2</b>	<b>80,4</b>
19.09.2009	09:15 - 09:30	20	81,9	81,6
19.09.2009	10:15 - 10:30	20	80,2	79,4
19.09.2009	11:15 - 11:30	20	81,0	80,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>81,0</b>	<b>80,4</b>
21.09.2009	07:20 - 07:35	40	81,5	80,4
21.09.2009	08:20 - 08:35	40	81,9	81,2
21.09.2009	09:20 - 09:35	40	80,8	80,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>81,4</b>	<b>80,9</b>
21.09.2009	16:15 - 16:30	20	80,9	81,0
21.09.2009	17:15 - 17:30	20	79,7	81,5
21.09.2009	18:15 - 18:30	20	81,2	79,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,6</b>	<b>80,8</b>
22.09.2009	07:25 - 07:40	5	82,4	80,4
22.09.2009	08:25 - 08:40	5	81,4	81,3
22.09.2009	09:25 - 09:40	5	81,3	80,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>81,7</b>	<b>80,8</b>
22.09.2009	16:05 - 16:20	20	80,5	82,5
22.09.2009	17:05 - 17:20	20	80,7	80,0
22.09.2009	18:05 - 18:20	20	80,2	80,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,4</b>	<b>81,0</b>
23.09.2009	07:15 - 07:30	40	81,1	80,5
23.09.2009	08:15 - 08:30	40	80,6	81,0
23.09.2009	09:15 - 09:30	40	80,2	81,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,6</b>	<b>80,9</b>
23.09.2009	16:20 - 16:35	20	80,3	80,7
23.09.2009	17:20 - 17:35	20	79,6	80,7
23.09.2009	18:20 - 18:35	20	80,7	81,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,2</b>	<b>80,8</b>
24.09.2009	07:15 - 07:30	5	81,5	80,4
24.09.2009	08:15 - 08:30	5	80,6	81,6
24.09.2009	09:15 - 09:30	5	81,2	80,2
	<b>Mittelwert</b>		<b>81,1</b>	<b>80,8</b>
24.09.2009	16:30 - 16:45	20	79,6	80,4
24.09.2009	17:30 - 17:45	20	80,0	80,8
24.09.2009	18:30 - 18:45	20	81,9	80,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,5</b>	<b>80,5</b>
25.09.2009	07:15 - 07:30	40	80,2	80,4
25.09.2009	08:15 - 08:30	40	80,2	82,1
25.09.2009	09:15 - 09:30	40	80,1	79,3
	<b>Mittelwert</b>		<b>80,2</b>	<b>80,6</b>
25.09.2009	16:05 - 16:20	20	80,4	80,4
25.09.2009	17:05 - 17:20	20	81,8	81,4
25.09.2009	18:05 - 18:20	20	81,3	80,9
	<b>Mittelwert</b>		<b>81,2</b>	<b>80,9</b>

**A 5.2.10 Nullpunktsdrift**

*Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Wert von 2 mal B<sub>0</sub> nicht überschreiten.*

*(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>)*

*(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)*

**Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

**Durchführung der Prüfung**

Die Prüfgasaufgabe erfolgte täglich über einen Zeitraum von 15 Minuten. Dabei wurden die letzten 5 Minuten des Untersuchungszeitraumes gemittelt und ausgewertet. Da die Prüfgasaufgabe ausschließlich manuell erfolgte, liegen an den Wochenenden keine Prüfgasaufgaben vor.

Der Dauertest wurde vom 08.04.2009 bis zum 09.07.2009 durchgeführt. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen.

Da bei den ursprünglichen Prüfungen der Messeinrichtung AR500 nur sehr geringe Drifteffekte auftraten [11,12,13], wurden die Driftuntersuchungen am Nullpunkt nur ca. 2 mal wöchentlich durchgeführt. Wie in Abbildung 25 bis Abbildung 27 dargestellt, erwies sich die Messeinrichtung AR500 auch bei der erneuten Prüfung als äußerst driftstabil.

**Auswertung**

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B<sub>0</sub> (entspricht 3 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Nullpunktsdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): -0,0004 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für NO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,0032 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für NO<sub>2</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt:

Gerät 1 (1329): 0,012 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für NO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,096 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für NO<sub>2</sub>



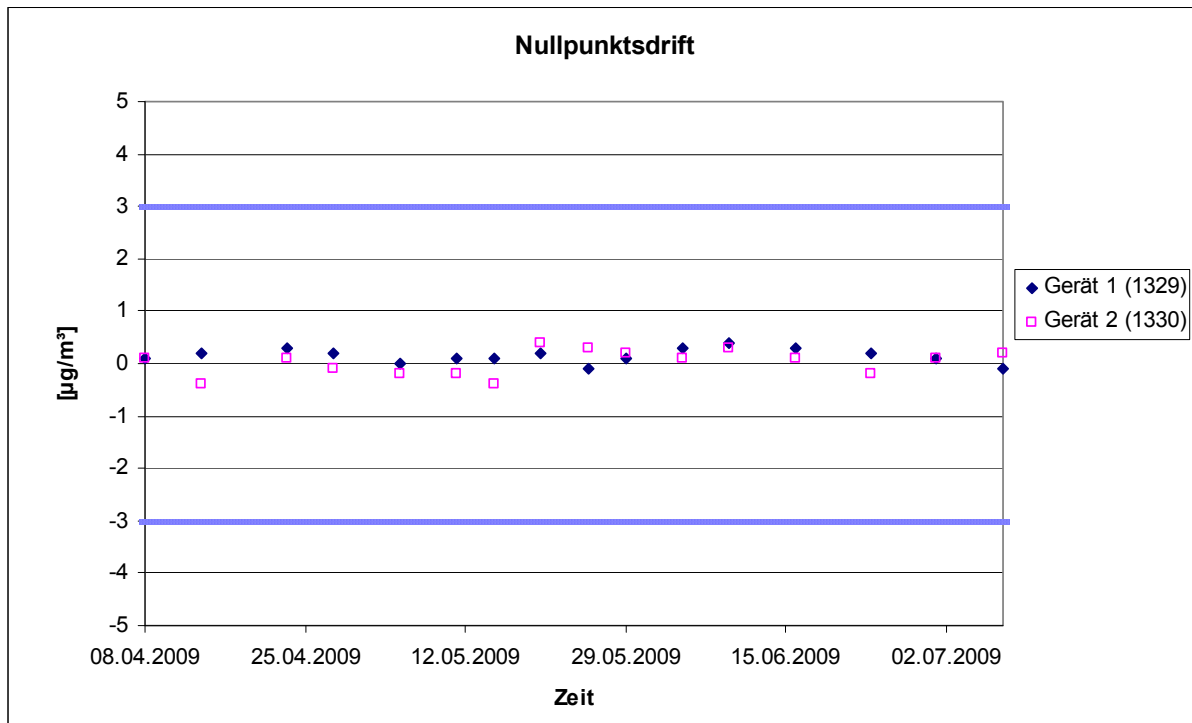


Abbildung 25: Drift am Nullpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub> während des 3-monatigen Feldtests

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B<sub>0</sub> (entspricht 2 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Nullpunktsdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): -0,0013 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für SO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): -0,0061 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für SO<sub>2</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt:

Gerät 1 (1329): -0,039 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für SO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): -0,183 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für SO<sub>2</sub>

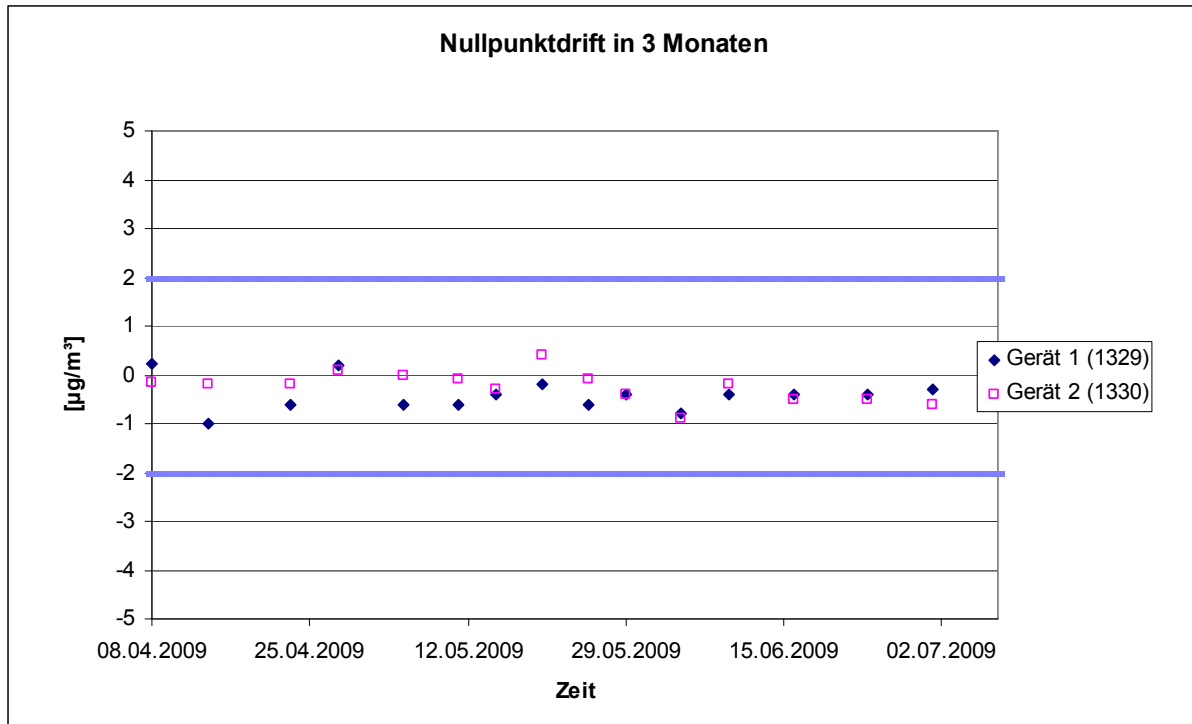


Abbildung 26: Drift am Nullpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub> während des 3-monatigen Feldtests

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B<sub>0</sub> (entspricht 4 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Nullpunktsdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): -0,0090 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für O<sub>3</sub>

Gerät 2 (1330): -0,0058 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für O<sub>3</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Nullpunkt:

Gerät 1 (1329): -0,270 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für O<sub>3</sub>

Gerät 2 (1330): -0,174 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für O<sub>3</sub>

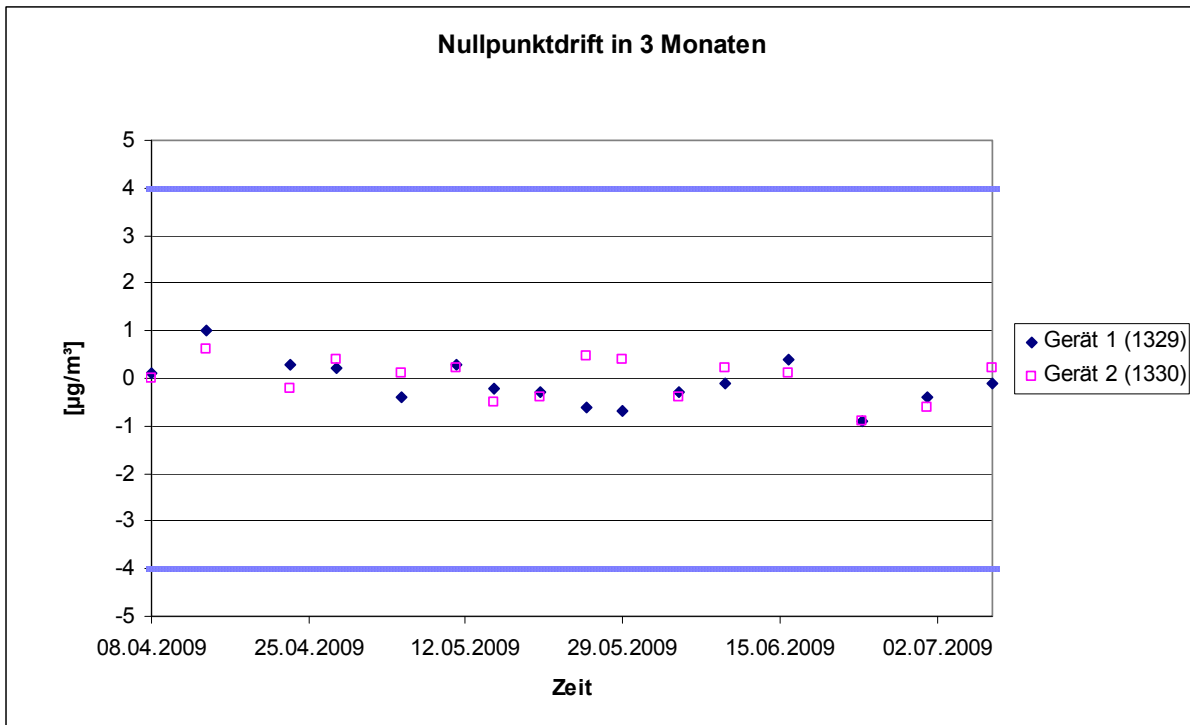


Abbildung 27: Drift am Nullpunkt für die Komponente O<sub>3</sub> während des 3-monatigen Feldtests

### Bewertung

Die Nullpunktsdriften für NO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit -0,0004 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,012 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und 0,0032 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,096 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 3 µg/m<sup>3</sup>.

Die Nullpunktsdriften für SO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit -0,0013 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und -0,039 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und -0,0061 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und -0,183 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 2 µg/m<sup>3</sup>.

Die Nullpunktsdriften für O<sub>3</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit -0,0090 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und -0,270 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und -0,0058 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und -0,174 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 4 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die einzelnen Messwerte der Driftuntersuchungen am Referenzpunkt sind in Tabelle 62 bis Tabelle 64 aufgeführt.

**Tabelle 62:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Nullpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	12:40	0,10	0,10
14.04.2009	10:31	0,20	-0,40
23.04.2009	15:07	0,30	0,10
28.04.2009	08:40	0,20	-0,10
05.05.2009	13:28	0,00	-0,20
11.05.2009	09:25	0,10	-0,20
15.05.2009	11:55	0,10	-0,40
20.05.2009	14:12	0,20	0,40
25.05.2009	15:17	-0,10	0,30
29.05.2009	13:07	0,10	0,20
04.06.2009	15:45	0,30	0,10
09.06.2009	09:10	0,40	0,30
16.06.2009	08:30	0,30	0,10
24.06.2009	09:25	0,20	-0,20
01.07.2009	09:10	0,10	0,10
08.07.2009	12:10	-0,10	0,20

**Tabelle 63:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Nullpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	12:40	0,24	-0,15
14.04.2009	10:31	-1,00	-0,20
23.04.2009	15:07	-0,60	-0,20
28.04.2009	08:40	0,20	0,10
05.05.2009	13:28	-0,60	0,00
11.05.2009	09:25	-0,60	-0,10
15.05.2009	11:55	-0,40	-0,30
20.05.2009	14:12	-0,20	0,40
25.05.2009	15:17	-0,60	-0,10
29.05.2009	13:07	-0,40	-0,40
04.06.2009	15:45	-0,80	-0,90
09.06.2009	09:10	-0,40	-0,20
16.06.2009	08:30	-0,40	-0,50
24.06.2009	09:25	-0,40	-0,50
01.07.2009	09:10	-0,30	-0,60
08.07.2009	12:10	-0,50	-0,45

**Tabelle 64:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Nullpunkt für die Komponente O<sub>3</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	12:40	0,10	0,00
14.04.2009	10:31	1,00	0,60
23.04.2009	15:07	0,30	-0,20
28.04.2009	08:40	0,20	0,40
05.05.2009	13:28	-0,40	0,10
11.05.2009	09:25	0,30	0,20
15.05.2009	11:55	-0,20	-0,50
20.05.2009	14:12	-0,30	-0,40
25.05.2009	15:17	-0,60	0,45
29.05.2009	13:07	-0,70	0,40
04.06.2009	15:45	-0,30	-0,40
09.06.2009	09:10	-0,10	0,20
16.06.2009	08:30	0,40	0,10
24.06.2009	09:25	-0,90	-0,90
01.07.2009	09:10	-0,40	-0,60
08.07.2009	12:10	-0,10	0,20

**A 5.2.11 Drift des Messwertes**

*Die zeitliche Änderung des Messwertes im Bereich des Bezugswertes  $B_1$  darf in 24 Stunden und im Wartungsintervall  $\pm 5\%$  von  $B_1$  nicht überschreiten.*

*( $B_1$  für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)*

**Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

**Durchführung der Prüfung**

Die Prüfgasaufgabe erfolgte täglich über einen Zeitraum von 15 Minuten. Dabei wurden die letzten 5 Minuten des Untersuchungszeitraumes gemittelt und ausgewertet. Da die Prüfgasaufgabe ausschließlich manuell erfolgte, liegen an den Wochenenden keine Prüfgasaufgaben vor.

Der Dauertest wurde vom 08.04.2009 bis 09.07.2009 durchgeführt. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen.

Da bei den ursprünglichen Prüfungen der Messeinrichtung AR500 nur sehr geringe Drifteffekte auftraten [11,12,13], wurden die Driftuntersuchungen am Referenzpunkt nur ca. 2 mal wöchentlich durchgeführt. Wie in Abbildung 28 bis Abbildung 30 dargestellt, erwies sich die Messeinrichtung AR500 auch bei der erneuten Prüfung als äußerst driftstabil.

**Auswertung**

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Referenzpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall 5 % des Bezugswerts  $B_1$  (entspricht 3 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Referenzpunktdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): -0,0039 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für NO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,0041 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für NO<sub>2</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt:

Gerät 1 (1329): -0,117 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für NO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,123 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für NO<sub>2</sub>

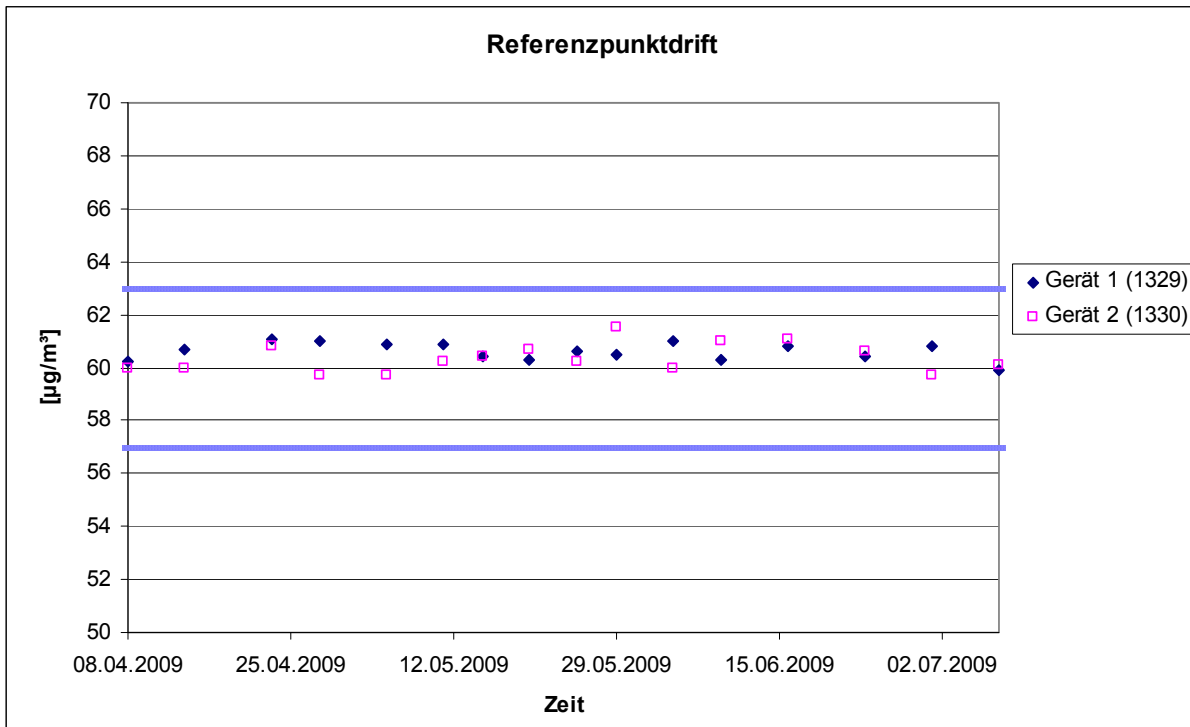


Abbildung 28: Drift am Referenzpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub> während des 3-monatigen Feldtests (Sollwert 60 µg/m<sup>3</sup>)

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Referenzpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall 5 % des Bezugswerts B<sub>1</sub> (entspricht 2 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Referenzpunktdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): 0,0029 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für SO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,0061 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für SO<sub>2</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt:

Gerät 1 (1329): 0,087 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für SO<sub>2</sub>

Gerät 2 (1330): 0,183 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für SO<sub>2</sub>

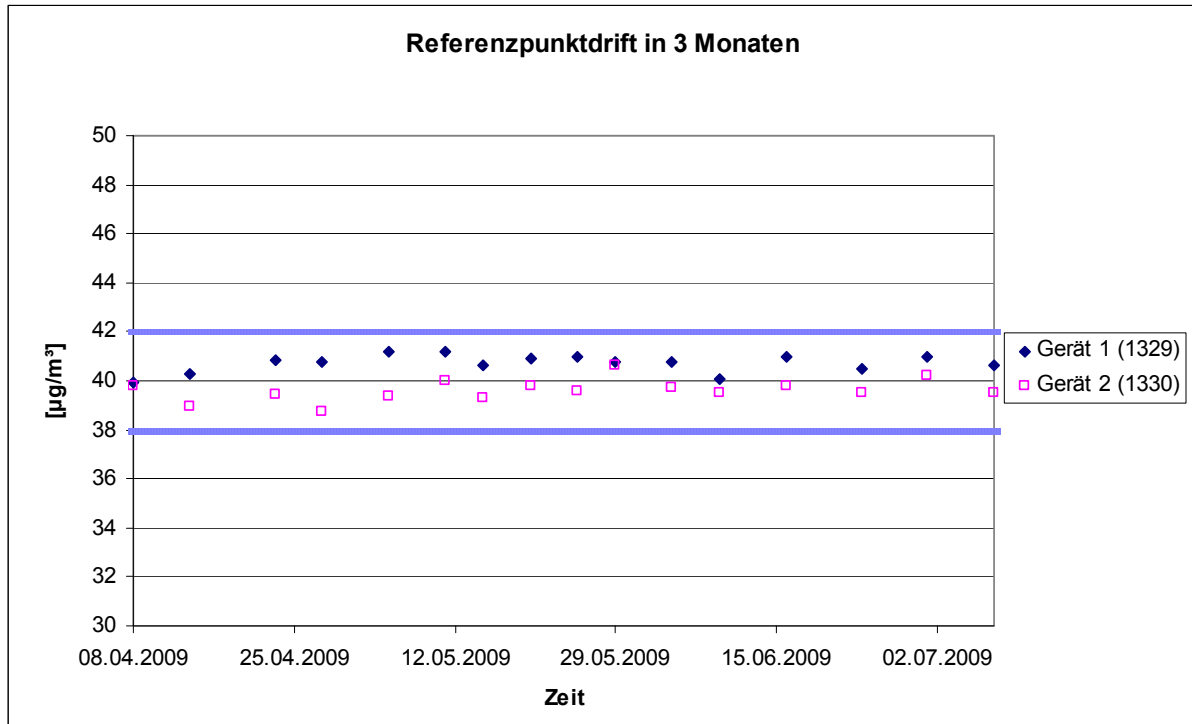


Abbildung 29: Drift am Referenzpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub> während des 3-monatigen Feldtests (Sollwert 42 µg/m<sup>3</sup>)

Laut Mindestanforderung darf die zeitliche Änderung des Referenzpunkt-Messwertes in 24 h und im Wartungsintervall 5% des Bezugswerts B<sub>1</sub> (entspricht 4 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub>) nicht überschreiten.

Aus dem Datensatz ergibt sich keine Überschreitung der 24 Stunden Drift. Aus der Regressionsrechnung für die Referenzpunktdrift ergeben sich für die Messgeräte folgende Werte für die 24 Stunden Drift:

Die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt betrug in 24 Stunden während des Feldversuchs:

Gerät 1 (1329): 0,0281 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für O<sub>3</sub>

Gerät 2 (1330): 0,0446 µg/(m<sup>3</sup>\*d) für O<sub>3</sub>

Im Wartungsintervall von einem Monat beträgt die mittlere zeitliche Änderung am Referenzpunkt:

Gerät 1 (1329): 0,843 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für O<sub>3</sub>

Gerät 2 (1330): 1,338 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für O<sub>3</sub>



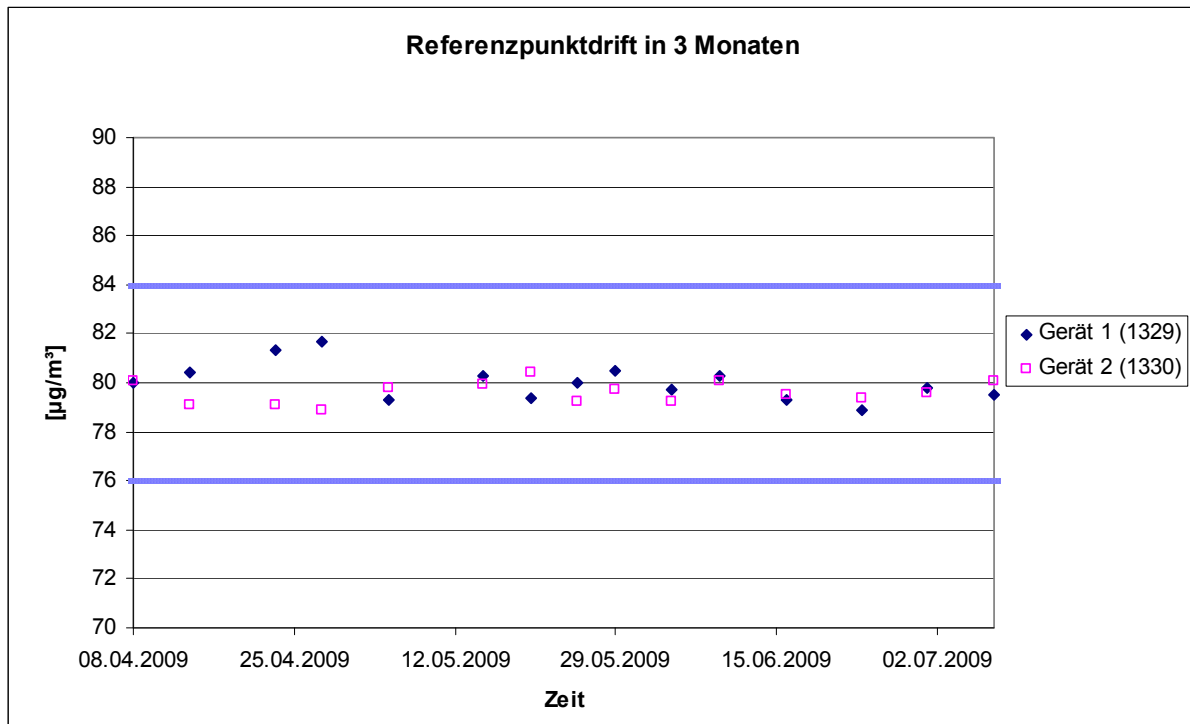


Abbildung 30: Drift am Referenzpunkt für die Komponente O<sub>3</sub> während des 3-monatigen Feldtests (Sollwert 80 µg/m<sup>3</sup>)

## Bewertung

Die Referenzpunktdriften für NO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit -0,0039 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und -0,117 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und 0,0041 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,123 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 3 µg/m<sup>3</sup>.

Die Referenzpunktdriften für SO<sub>2</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit 0,0029 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,087 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und 0,0061 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,183 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 2 µg/m<sup>3</sup>.

Die Referenzpunktdriften für O<sub>3</sub> in 24 h und im Wartungsintervall liegen mit 0,0281 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 0,843 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 1 (1329), und 0,0446 µg/(m<sup>3</sup>\*d) und 1,338 µg/(m<sup>3</sup>\*Monat) für Gerät 2 (1330) deutlich unterhalb der Anforderung von 4 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die einzelnen Messwerte der Driftuntersuchungen am Referenzpunkt sind in Tabelle 65 bis Tabelle 67 aufgeführt.



**Tabelle 65:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Referenzpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	13:10	60,20	60,00
14.04.2009	11:12	60,70	60,00
23.04.2009	15:56	61,10	60,80
28.04.2009	09:10	61,00	59,70
05.05.2009	14:40	60,90	59,70
11.05.2009	09:40	60,90	60,20
15.05.2009	12:25	60,40	60,40
20.05.2009	14:30	60,30	60,70
25.05.2009	16:42	60,60	60,20
29.05.2009	14:45	60,50	61,50
04.06.2009	17:07	61,00	60,00
09.06.2009	10:00	60,30	61,00
16.06.2009	08:45	60,80	61,10
24.06.2009	09:40	60,40	60,60
01.07.2009	10:00	60,80	59,70
08.07.2009	13:30	59,90	60,10

**Tabelle 66:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Referenzpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	12:55	39,90	39,80
14.04.2009	10:57	40,25	38,95
23.04.2009	15:44	40,85	39,45
28.04.2009	09:30	40,75	38,75
05.05.2009	14:20	41,20	39,40
11.05.2009	09:55	41,20	40,00
15.05.2009	12:40	40,60	39,30
20.05.2009	14:45	40,90	39,80
25.05.2009	16:12	41,00	39,60
29.05.2009	14:15	40,75	40,65
04.06.2009	16:45	40,80	39,70
09.06.2009	10:30	40,10	39,50
16.06.2009	09:00	41,00	39,80
24.06.2009	09:55	40,50	39,50
01.07.2009	09:30	41,00	40,20
08.07.2009	13:00	40,60	39,50

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 131 von 509

**Tabelle 67:** Einzelwerte der regelmäßigen Prüfgasaufgaben am Referenzpunkt für die Komponente O<sub>3</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		Messwert	Messwert
	[hh:mm]	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
08.04.2009	13:25	80,00	80,10
14.04.2009	10:42	80,40	79,10
23.04.2009	15:25	81,30	79,10
28.04.2009	10:05	81,70	78,90
05.05.2009	14:04	79,30	79,80
11.05.2009	10:10	39,45	40,35
15.05.2009	12:10	80,30	79,90
20.05.2009	15:05	79,40	80,40
25.05.2009	15:41	80,00	79,20
29.05.2009	13:35	80,50	79,70
04.06.2009	16:17	79,70	79,20
09.06.2009	10:20	80,30	80,10
16.06.2009	09:15	79,30	79,50
24.06.2009	10:10	78,90	79,40
01.07.2009	10:30	79,80	79,60
08.07.2009	13:15	79,50	80,10



**A 5.2.12 Querempfindlichkeit**

Die Absolutwerte der Summen der positiven bzw. negativen Abweichungen aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen dürfen im Bereich des Nullpunktes nicht mehr als 2 mal B<sub>0</sub> und im Bereich von B<sub>2</sub> nicht mehr als 3 % von B<sub>2</sub> betragen. Die Konzentration des Begleitstoffes wird im Bereich des jeweiligen B<sub>2</sub>-Wertes des Begleitstoffes eingesetzt. Sind keine entsprechenden Bezugswerte bekannt, so ist ein geeigneter Bezugswert durch das Prüfinstitut im Einvernehmen mit den anderen Prüfinstituten festzulegen und anzugeben.

(B<sub>0</sub> für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für NO<sub>2</sub> = 400 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>0</sub> für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für SO<sub>2</sub> = 700 µg/m<sup>3</sup>)

(B<sub>0</sub> für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>1</sub> für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>) (B<sub>2</sub> für O<sub>3</sub> = 360 µg/m<sup>3</sup>)

**Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

**Durchführung der Prüfung**

Bei der Untersuchung der Querempfindlichkeit sind die in Tabelle 68 aufgeführten Stoffe zu berücksichtigen.

Tabelle 68: Störkomponenten nach VDI 4202

Störkomponente	Wert
CO <sub>2</sub>	700 mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	60 mg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	700 µg/m <sup>3</sup>
NO	1000 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	400 µg/m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub> O	500 µg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> S	30 µg/m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	30 µg/m <sup>3</sup>
O <sub>3</sub>	360 µg/m <sup>3</sup>

Aufgrund des Messaufbaus im Labor war eine Untersuchung der Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf (90 % relative Feuchte) nicht möglich. Die Feuchte ließ sich im Labortest nicht einstellen, da keine beheizte Messstrecke zur Verfügung stand. Im Feldtest konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 100 % kein Einfluss auf die Messgenauigkeit beobachtet werden. Die Luftfeuchtigkeit wurde während des Feldtests aufgezeichnet und ist in Abbildung 31 dargestellt.

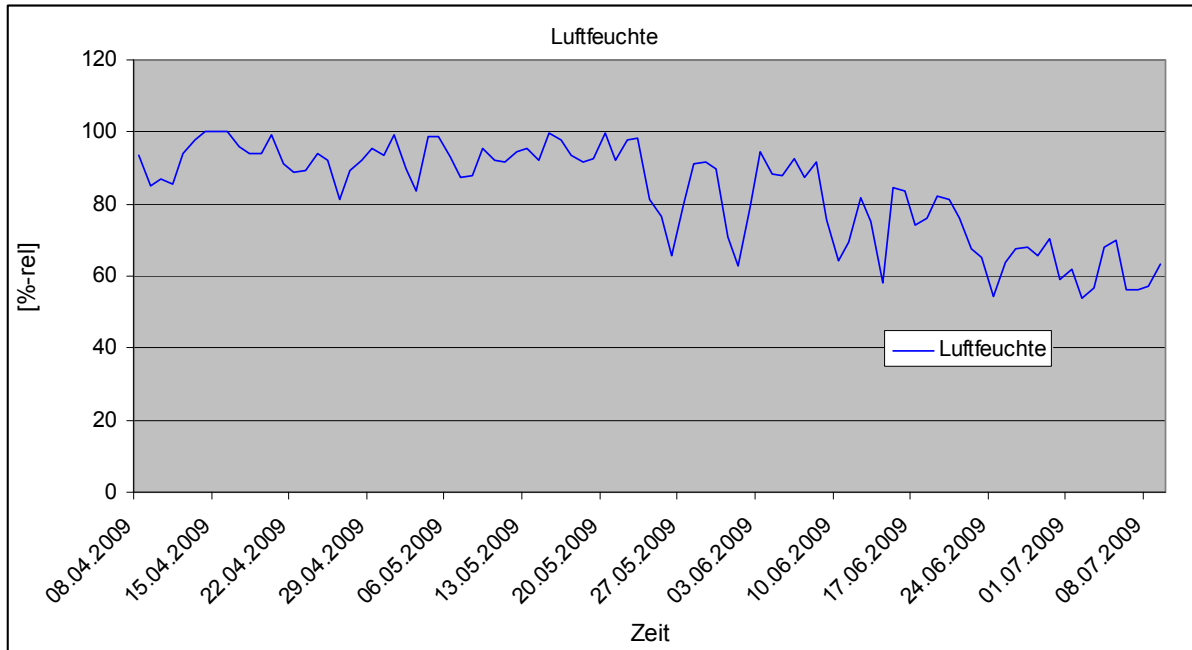


Abbildung 31: Luftfeuchtigkeit während des Feldtests

## 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 Werte sind mit der Mindestanforderung zu vergleichen, welche am Nullpunkt eine Abweichung der positiven und negativen Summen von 3 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>, 2 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub>, 3 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub> (B<sub>0</sub>) und am Referenzpunkt eine Abweichung von 12 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>, 21 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub>, 10,8 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub> und 1,8 mg/m<sup>3</sup> (3 % von B<sub>2</sub>) zulässt.



**Tabelle 69: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)**

Störstoff	Nullgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Prüfgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	ohne	mit		ohne	mit	
H <sub>2</sub> S	0,6	0,3	<b>-0,3</b>	408,1	408,7	<b>0,6</b>
NH <sub>3</sub>	0,5	0,6	<b>0,1</b>	410,9	411,0	<b>0,1</b>
N <sub>2</sub> O	0,5	0,4	<b>-0,1</b>	411,1	411,1	<b>0,0</b>
SO <sub>2</sub>	0,3	0,4	<b>0,1</b>	403,8	402,9	<b>-0,9</b>
O <sub>3</sub>	0,6	0,8	<b>0,2</b>	405,1	404,9	<b>-0,2</b>
CO	0,3	0,2	<b>-0,1</b>	403,0	403,2	<b>0,2</b>
CO <sub>2</sub>	0,3	0,1	<b>-0,2</b>	410,1	410,0	<b>-0,1</b>
NO	0,4	0,3	<b>-0,1</b>	404,7	405,6	<b>0,9</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-0,8</b>			<b>-1,2</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>0,3</b>			<b>1,8</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>3</b>			<b>12</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>

**Tabelle 70: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente NO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)**

Störstoff	Nullgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Prüfgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	ohne	mit		ohne	mit	
H <sub>2</sub> S	1,8	1,9	<b>0,1</b>	409,9	410,0	<b>0,1</b>
NH <sub>3</sub>	0,5	0,6	<b>0,1</b>	412,0	412,2	<b>0,2</b>
N <sub>2</sub> O	1,7	1,8	<b>0,1</b>	413,3	413,3	<b>0,0</b>
SO <sub>2</sub>	0,2	0,2	<b>0,0</b>	402,2	401,6	<b>-0,6</b>
O <sub>3</sub>	-0,2	-0,1	<b>0,1</b>	401,8	402,3	<b>0,5</b>
CO	-0,3	-0,1	<b>0,2</b>	406,0	406,7	<b>0,7</b>
CO <sub>2</sub>	0,1	1,6	<b>1,5</b>	411,4	412,2	<b>0,8</b>
NO	1,6	1,5	<b>-0,1</b>	407,5	407,9	<b>0,4</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-0,1</b>			<b>-0,6</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>2,0</b>			<b>2,8</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>3</b>			<b>12</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>

Tabelle 71: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 1 (1329)

Störstoff	Nullgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Prüfgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	ohne	mit		ohne	mit	
H <sub>2</sub> S	0,1	-0,1	<b>-0,2</b>	706,9	706,9	<b>0,0</b>
NH <sub>3</sub>	-0,2	-0,2	<b>0,0</b>	706,7	707,1	<b>0,4</b>
N <sub>2</sub> O	-0,3	-0,2	<b>0,1</b>	707,4	707,1	<b>-0,3</b>
O <sub>3</sub>	0,0	0,6	<b>0,6</b>	706,0	705,5	<b>-0,4</b>
NO <sub>2</sub>	-0,3	-1,2	<b>-0,9</b>	704,7	705,2	<b>0,5</b>
CO	-0,8	-0,3	<b>0,5</b>	706,1	705,7	<b>-0,4</b>
CO <sub>2</sub>	0,4	0,5	<b>0,1</b>	707,0	707,0	<b>0,0</b>
NO	-0,4	-0,4	<b>0,0</b>	705,8	706,2	<b>0,4</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-1,1</b>			<b>-1,1</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>1,2</b>			<b>1,2</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>2,0</b>			<b>21</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>

Tabelle 72: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente SO<sub>2</sub>, Gerät 2 (1330)

Störstoff	Nullgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Prüfgas [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Abweichung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	ohne	mit		ohne	mit	
H <sub>2</sub> S	0,0	-0,2	<b>-0,2</b>	694,6	694,7	<b>0,1</b>
NH <sub>3</sub>	-0,2	-0,3	<b>-0,1</b>	695,8	696,0	<b>0,2</b>
N <sub>2</sub> O	-0,3	-0,3	<b>0,0</b>	696,5	696,8	<b>0,3</b>
O <sub>3</sub>	-0,2	0,8	<b>1,0</b>	705,1	704,7	<b>-0,4</b>
NO <sub>2</sub>	-0,3	-0,1	<b>0,2</b>	703,3	701,8	<b>-1,5</b>
CO	-0,5	-0,1	<b>0,4</b>	693,0	692,9	<b>-0,1</b>
CO <sub>2</sub>	0,3	0,4	<b>0,1</b>	695,3	695,4	<b>0,1</b>
NO	-0,3	-0,3	<b>0,0</b>	693,4	693,6	<b>0,2</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-0,3</b>			<b>-2,0</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>1,7</b>			<b>0,9</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>2,0</b>			<b>21</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>



**Tabelle 73: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 1 (1329)**

Störstoff	Nullgas [µg/m³]		Abweichung [µg/m³]	Prüfgas [µg/m³]		Abweichung [µg/m³]
	ohne	mit		ohne	mit	
H2S	1,2	1,0	<b>-0,2</b>	364,2	364,6	<b>0,4</b>
NH3	1,3	1,2	<b>-0,1</b>	363,9	363,9	<b>0,0</b>
N2O	1,0	1,3	<b>0,3</b>	364,7	365,7	<b>1,0</b>
SO2	1,1	-0,4	<b>-1,5</b>	357,2	356,1	<b>-1,1</b>
NO2	0,9	0,0	<b>-0,9</b>	358,2	356,9	<b>-1,3</b>
CO	0,5	1,0	<b>0,5</b>	363,6	362,8	<b>-0,8</b>
CO2	1,1	1,2	<b>0,1</b>	365,0	365,3	<b>0,3</b>
Toluol	-1,0	1,1	<b>2,1</b>	360,3	363,8	<b>3,5</b>
Xylol	-1,2	-0,7	<b>0,5</b>	362,2	360,0	<b>-2,2</b>
NO	0,8	0,9	<b>0,1</b>	365,3	363,4	<b>-1,9</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-2,7</b>			<b>-7,2</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>3,5</b>			<b>5,3</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>4,0</b>			<b>10,8</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>

**Tabelle 74: Querempfindlichkeiten nach VDI 4202 Bl.1 für die Komponente O<sub>3</sub>, Gerät 2 (1330)**

Störstoff	Nullgas [µg/m³]		Abweichung [µg/m³]	Prüfgas [µg/m³]		Abweichung [µg/m³]
	ohne	mit		ohne	mit	
H2S	0,7	1,0	<b>0,3</b>	358,1	359,7	<b>1,6</b>
NH3	1,1	1,0	<b>-0,1</b>	360,8	360,2	<b>-0,6</b>
N2O	0,9	0,6	<b>-0,3</b>	359,0	359,4	<b>0,4</b>
SO2	0,1	-1,1	<b>-1,2</b>	354,9	353,8	<b>-1,1</b>
NO2	1,0	-0,7	<b>-1,7</b>	354,7	354,9	<b>0,2</b>
CO	0,7	0,7	<b>0,0</b>	359,7	358,9	<b>-0,8</b>
CO2	0,8	1,1	<b>0,3</b>	357,2	360,8	<b>3,6</b>
Toluol	-2,4	-2,1	<b>0,3</b>	356,3	356,0	<b>-0,3</b>
Xylol	-0,8	-0,2	<b>0,6</b>	358,1	358,1	<b>0,0</b>
NO	1,1	1,0	<b>-0,1</b>	360,0	358,4	<b>-1,6</b>
Summe der negativen Abweichungen			<b>-3,5</b>			<b>-4,4</b>
Summe der positiven Abweichungen			<b>1,5</b>			<b>5,8</b>
Maximal erlaubte Abweichung			<b>4,0</b>			<b>10,8</b>
Bestanden ?			<b>ja</b>			<b>ja</b>



## **Bewertung**

Die Querempfindlichkeiten der Messeinrichtungen erfüllen die Mindestanforderungen. Zur Berechnung der Gesamtunsicherheit wird der größte Gesamtwert pro Gerät herangezogen. Dies sind für die Komponente NO<sub>2</sub> 1,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 2,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Dies sind für die Komponente SO<sub>2</sub> 1,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und -2,0 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Dies sind für die Komponente O<sub>3</sub> -7,2 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 1 (1329) und 5,8 µg/m<sup>3</sup> bei Gerät 2 (1330).

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die Prüfergebnisse sind in Tabelle 69 bis Tabelle 74 aufgeführt.

Die Einzelwerte sind der Querempfindlichkeitsuntersuchung sind in Tabelle 75 bis Tabelle 80 aufgeführt.



**Tabelle 75: Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente NO<sub>2</sub>, (Teil 1)**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	20:50 - 21:05	0,4	2,0	06.04.2009	17:50 - 18:05	0,5	1,4
06.04.2009	21:20 - 21:35	0,7	-0,3	06.04.2009	18:20 - 18:35	0,4	1,5
06.04.2009	21:50 - 22:05	0,5	-0,3	06.04.2009	18:50 - 19:05	0,6	2,2
<b>Mittelwert</b>		<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,5</b>	<b>1,7</b>
<b>Nullgas + NH<sub>3</sub> (30 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + N<sub>2</sub>O (500 µg/m³)</b>			
06.04.2009	21:05 - 21:20	0,6	2,3	06.04.2009	18:05 - 18:20	0,3	1,3
06.04.2009	21:35 - 21:50	0,3	-0,3	06.04.2009	18:35 - 18:50	0,3	1,8
06.04.2009	22:05 - 22:20	0,9	-0,3	06.04.2009	19:05 - 19:20	0,5	2,2
<b>Mittelwert</b>		<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>1,8</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
12.05.2009	21:10 - 21:25	410,6	411,9	12.05.2009	22:40 - 22:55	410,7	413,0
12.05.2009	21:40 - 21:55	411,0	410,9	12.05.2009	23:10 - 23:25	411,9	413,3
12.05.2009	22:10 - 22:25	411,2	413,3	12.05.2009	23:40 - 23:55	410,8	413,7
<b>Mittelwert</b>		<b>410,9</b>	<b>412,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>411,1</b>	<b>413,3</b>
<b>Prüfgas + NH<sub>3</sub> (30 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + N<sub>2</sub>O (500 µg/m³)</b>			
12.05.2009	21:25 - 21:40	410,5	411,9	12.05.2009	22:55 - 23:10	411,2	412,6
12.05.2009	21:55 - 22:10	411,9	412,2	12.05.2009	23:25 - 23:40	411,8	413,8
12.05.2009	22:25 - 22:40	410,5	412,6	12.05.2009	23:55 - 00:10	410,4	413,6
<b>Mittelwert</b>		<b>411,0</b>	<b>412,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>411,1</b>	<b>413,3</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	07:05 - 07:20	0,2	0,1	06.04.2009	10:20 - 10:35	0,4	-0,2
06.04.2009	07:35 - 07:50	0,3	0,3	06.04.2009	10:50 - 11:05	0,7	-0,3
06.04.2009	08:05 - 08:20	0,4	0,3	06.04.2009	11:20 - 11:35	0,6	-0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,6</b>	<b>-0,2</b>
<b>Nullgas + SO<sub>2</sub> (700 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + O<sub>3</sub> (360 µg/m³)</b>			
06.04.2009	07:20 - 07:35	0,5	0,3	06.04.2009	10:35 - 10:50	1,0	-0,3
06.04.2009	07:50 - 08:05	0,4	0,1	06.04.2009	11:05 - 11:20	0,8	0,0
06.04.2009	08:20 - 08:35	0,2	0,3	06.04.2009	11:35 - 11:50	0,7	0,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,8</b>	<b>-0,1</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
06.04.2009	07:05 - 07:20	404,2	402,5	07.04.2009	09:05 - 09:20	406,5	402,3
06.04.2009	07:35 - 07:50	404,8	401,5	07.04.2009	09:35 - 09:50	404,3	401,5
06.04.2009	08:05 - 08:20	402,3	402,6	07.04.2009	10:05 - 10:20	404,6	401,6
<b>Mittelwert</b>		<b>403,8</b>	<b>402,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>405,1</b>	<b>401,8</b>
<b>Prüfgas + SO<sub>2</sub> (700 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + O<sub>3</sub> (360 µg/m³)</b>			
06.04.2009	07:20 - 07:35	403,5	401,5	07.04.2009	09:20 - 09:35	405,2	403,2
06.04.2009	07:50 - 08:05	402,8	401,8	07.04.2009	09:50 - 10:05	404,6	402,3
06.04.2009	08:20 - 08:35	402,5	401,6	07.04.2009	10:20 - 10:35	404,8	401,5
<b>Mittelwert</b>		<b>402,9</b>	<b>401,6</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>404,9</b>	<b>402,3</b>

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 139 von 509

**Tabelle 76:** Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente NO<sub>2</sub>, (Teil 2)

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
08.04.2009	07:40 - 07:55	0,2	-0,2	07.04.2009	10:45 - 11:00	0,2	0,2
08.04.2009	08:10 - 08:25	0,1	-0,4	07.04.2009	11:15 - 11:30	0,4	0,1
08.04.2009	08:40 - 08:55	0,6	-0,2	07.04.2009	11:45 - 12:00	0,3	0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,3</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
<b>Nullgas + CO (60 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + CO2 (700 mg/m³)</b>			
08.04.2009	07:55 - 08:10	0,3	-0,2	07.04.2009	11:00 - 11:15	0,1	0,0
08.04.2009	08:25 - 08:40	0,2	-0,1	07.04.2009	11:30 - 11:45	0,2	0,0
08.04.2009	08:55 - 09:10	0,1	0,0	07.04.2009	12:00 - 12:15	-0,1	0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>0,2</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
12.05.2009	15:10 - 15:25	402,1	404,7	12.05.2009	19:40 - 19:55	410,5	411,8
12.05.2009	15:40 - 15:55	403,7	406,1	12.05.2009	20:10 - 20:25	409,6	411,7
12.05.2009	16:10 - 16:25	403,2	407,2	12.05.2009	20:40 - 20:55	410,1	410,6
<b>Mittelwert</b>		<b>403,0</b>	<b>406,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>410,1</b>	<b>411,4</b>
<b>Prüfgas + CO (60 mg/m³)</b>				<b>Prüfgas + CO2 (700 mg/m³)</b>			
12.05.2009	15:25 - 15:40	402,8	406,6	12.05.2009	19:55 - 20:10	410,4	411,1
12.05.2009	15:55 - 16:10	403,5	406,4	12.05.2009	20:25 - 20:40	409,8	412,9
12.05.2009	16:25 - 16:40	403,3	407,1	12.05.2009	20:55 - 21:10	409,8	412,5
<b>Mittelwert</b>		<b>403,2</b>	<b>406,7</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>410,0</b>	<b>412,2</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	16:20 - 16:35	0,3	1,4	06.04.2009	19:20 - 19:35	0,4	1,4
06.04.2009	16:50 - 17:05	0,6	1,8	06.04.2009	19:50 - 20:05	0,4	2,0
06.04.2009	17:20 - 17:35	0,2	1,6	06.04.2009	20:20 - 20:35	1,0	2,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>1,6</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,6</b>	<b>1,8</b>
<b>Nullgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
06.04.2009	16:35 - 16:50	0,5	1,3	06.04.2009	19:35 - 19:50	-0,3	1,8
06.04.2009	17:05 - 17:20	0,0	1,7	06.04.2009	20:05 - 20:20	-0,1	2,0
06.04.2009	17:35 - 17:50	0,4	1,5	06.04.2009	20:35 - 20:50	1,4	1,9
<b>Mittelwert</b>		<b>0,3</b>	<b>1,5</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,3</b>	<b>1,9</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
12.05.2009	16:40 - 16:55	403,0	406,6	12.05.2009	18:10 - 18:25	408,0	409,0
12.05.2009	17:10 - 17:25	404,9	407,5	12.05.2009	18:40 - 18:55	407,7	409,8
12.05.2009	17:40 - 17:55	406,1	408,3	12.05.2009	19:10 - 19:25	408,7	411,0
<b>Mittelwert</b>		<b>404,7</b>	<b>407,5</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>408,1</b>	<b>409,9</b>
<b>Prüfgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Prüfgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
12.05.2009	16:55 - 17:10	403,6	407,5	12.05.2009	18:25 - 18:40	408,2	409,7
12.05.2009	17:25 - 17:40	405,8	407,9	12.05.2009	18:55 - 19:10	408,2	409,5
12.05.2009	17:55 - 18:10	407,3	408,3	12.05.2009	19:25 - 19:40	409,6	410,7
<b>Mittelwert</b>		<b>405,6</b>	<b>407,9</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>408,7</b>	<b>410,0</b>



**Tabelle 77: Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente SO<sub>2</sub>, (Teil 1)**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
07.04.2009	10:45 - 11:00	0,2	0,3	08.04.2009	07:40 - 07:55	-0,5	-0,4
07.04.2009	11:15 - 11:30	0,5	0,6	08.04.2009	08:10 - 08:25	-0,7	-0,5
07.04.2009	11:45 - 12:00	0,4	0,1	08.04.2009	08:40 - 08:55	-1,1	-0,7
<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>
<b>Nullgas + CO<sub>2</sub> (700 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + CO (60 mg/m³)</b>			
07.04.2009	11:00 - 11:15	0,7	0,1	08.04.2009	07:55 - 08:10	-0,5	-0,1
07.04.2009	11:30 - 11:45	0,5	0,5	08.04.2009	08:25 - 08:40	-0,1	-0,2
07.04.2009	12:00 - 12:15	0,2	0,6	08.04.2009	08:55 - 09:10	-0,3	-0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,1</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
13.05.2009	19:45 - 20:00	707,0	695,1	13.05.2009	15:15 - 15:30	706,6	693,3
13.05.2009	20:15 - 20:30	707,2	695,4	13.05.2009	15:45 - 16:00	706,0	693,0
13.05.2009	20:45 - 21:00	706,9	695,3	13.05.2009	16:15 - 16:30	705,6	692,7
<b>Mittelwert</b>		<b>707,0</b>	<b>695,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>706,1</b>	<b>693,0</b>
<b>Prüfgas + CO<sub>2</sub> (700 mg/m³)</b>				<b>13.05.2009</b>			
13.05.2009	20:00 - 20:15	707,0	695,4	13.05.2009	15:30 - 15:45	706,2	693,3
13.05.2009	20:30 - 20:45	707,1	695,3	13.05.2009	16:00 - 16:15	705,7	692,8
13.05.2009	21:00 - 21:15	706,9	695,5	13.05.2009	16:30 - 16:45	705,2	692,7
<b>Mittelwert</b>		<b>707,0</b>	<b>695,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>705,7</b>	<b>692,9</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
07.04.2009	08:45 - 09:00	-0,3	-0,2	06.04.2009	10:20 - 10:35	-0,3	-0,2
07.04.2009	09:15 - 09:30	-0,4	-0,2	06.04.2009	10:50 - 11:05	0,7	-0,1
07.04.2009	09:45 - 10:00	-0,3	-0,4	06.04.2009	11:20 - 11:35	-0,3	-0,4
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,2</b>
<b>Nullgas + NO<sub>2</sub> (400 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + O<sub>3</sub> (360 µg/m³)</b>			
07.04.2009	09:00 - 09:15	-1,1	0,3	06.04.2009	10:35 - 10:50	0,6	0,8
07.04.2009	09:30 - 09:45	-1,3	-0,8	06.04.2009	11:05 - 11:20	0,6	0,8
07.04.2009	10:00 - 10:15	-1,1	0,4	06.04.2009	11:35 - 11:50	0,7	0,9
<b>Mittelwert</b>		<b>-1,2</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,6</b>	<b>0,8</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
06.04.2009	08:45 - 09:00	704,2	703,6	06.04.2009	10:20 - 10:35	705,6	704,6
06.04.2009	09:15 - 09:30	704,6	703,4	06.04.2009	10:50 - 11:05	705,9	705,2
06.04.2009	09:45 - 10:00	705,4	702,9	06.04.2009	11:20 - 11:35	706,4	705,6
<b>Mittelwert</b>		<b>704,7</b>	<b>703,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>706,0</b>	<b>705,1</b>
<b>Prüfgas + NO<sub>2</sub> (400 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + O<sub>3</sub> (360 µg/m³)</b>			
06.04.2009	09:00 - 09:15	704,6	701,5	06.04.2009	10:35 - 10:50	705,4	705,4
06.04.2009	09:30 - 09:45	705,6	701,9	06.04.2009	11:05 - 11:20	705,4	703,9
06.04.2009	10:00 - 10:15	705,4	701,9	06.04.2009	11:35 - 11:50	705,8	704,8
<b>Mittelwert</b>		<b>705,2</b>	<b>701,8</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>705,5</b>	<b>704,7</b>

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 141 von 509

Tabelle 78: Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente SO<sub>2</sub>, (Teil 2)

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	16:20 - 16:35	-0,4	-0,2	06.04.2009	19:20 - 19:35	0,0	0,3
06.04.2009	16:50 - 17:05	-0,4	-0,4	06.04.2009	19:50 - 20:05	0,2	0,0
06.04.2009	17:20 - 17:35	-0,4	-0,2	06.04.2009	20:20 - 20:35	0,0	-0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
<b>Nullgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
06.04.2009	16:35 - 16:50	-0,4	-0,3	06.04.2009	19:35 - 19:50	-0,1	-0,2
06.04.2009	17:05 - 17:20	-0,4	-0,4	06.04.2009	20:05 - 20:20	-0,1	-0,2
06.04.2009	17:35 - 17:50	-0,4	-0,2	06.04.2009	20:35 - 20:50	-0,1	-0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
13.05.2009	16:45 - 17:00	705,3	692,7	13.05.2009	18:15 - 18:30	707,0	694,3
13.05.2009	17:15 - 17:30	705,9	693,6	13.05.2009	18:45 - 19:00	707,0	694,6
13.05.2009	17:45 - 18:00	706,3	694,0	13.05.2009	19:15 - 19:30	706,8	694,9
<b>Mittelwert</b>		<b>705,8</b>	<b>693,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>706,9</b>	<b>694,6</b>
<b>Prüfgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Prüfgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
13.05.2009	17:00 - 17:15	705,6	692,9	13.05.2009	18:30 - 18:45	707,1	694,6
13.05.2009	17:30 - 17:45	706,2	693,8	13.05.2009	19:00 - 19:15	706,8	694,4
13.05.2009	18:00 - 18:15	706,8	694,2	13.05.2009	19:30 - 19:45	706,9	695,0
<b>Mittelwert</b>		<b>706,2</b>	<b>693,6</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>706,9</b>	<b>694,7</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	17:50 - 18:05	-0,3	-0,3	06.04.2009	20:50 - 21:05	-0,2	-0,2
06.04.2009	18:20 - 18:35	-0,3	-0,3	06.04.2009	21:20 - 21:35	-0,2	-0,2
06.04.2009	18:50 - 19:05	-0,3	-0,3	06.04.2009	21:50 - 22:05	-0,2	-0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>
<b>Nullgas + N2O (500 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + NH3 (30 µg/m³)</b>			
06.04.2009	18:05 - 18:20	-0,1	-0,3	06.04.2009	21:05 - 21:20	-0,2	-0,3
06.04.2009	18:35 - 18:50	-0,3	-0,3	06.04.2009	21:35 - 21:50	-0,2	-0,3
06.04.2009	19:05 - 19:20	-0,3	-0,3	06.04.2009	22:05 - 22:20	-0,3	-0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,3</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
13.05.2009	22:45 - 23:00	707,1	696,3	13.05.2009	21:15 - 21:30	706,7	695,6
13.05.2009	23:15 - 23:30	707,3	696,4	13.05.2009	21:45 - 22:00	706,3	695,8
13.05.2009	23:45 - 00:00	707,7	696,9	13.05.2009	22:15 - 22:30	707,2	696,1
<b>Mittelwert</b>		<b>707,4</b>	<b>696,5</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>706,7</b>	<b>695,8</b>
<b>Prüfgas + N2O (500 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + NH3 (30 µg/m³)</b>			
13.05.2009	23:00 - 23:15	706,9	696,4	13.05.2009	21:30 - 21:45	707,1	695,8
13.05.2009	23:30 - 23:45	706,8	696,8	13.05.2009	22:00 - 22:15	707,1	696,1
14.05.2009	00:00 - 00:15	707,5	697,1	13.05.2009	22:30 - 22:45	707,2	696,2
<b>Mittelwert</b>		<b>707,1</b>	<b>696,8</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>707,1</b>	<b>696,0</b>



**Tabelle 79: Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente O<sub>3</sub>, (Teil 1)**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	16:20 - 16:35	0,8	1,3	06.04.2009	19:20 - 19:35	1,1	0,4
06.04.2009	16:50 - 17:05	0,6	1,4	06.04.2009	19:50 - 20:05	1,1	0,7
06.04.2009	17:20 - 17:35	1,0	0,7	06.04.2009	20:20 - 20:35	1,4	1,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,2</b>	<b>0,7</b>
<b>Nullgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
06.04.2009	16:35 - 16:50	0,8	1,4	06.04.2009	19:35 - 19:50	0,9	1,0
06.04.2009	17:05 - 17:20	1,0	1,1	06.04.2009	20:05 - 20:20	1,0	0,9
06.04.2009	17:35 - 17:50	0,8	0,6	06.04.2009	20:35 - 20:50	1,1	1,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
11.05.2009	16:37 - 16:52	364,6	361,0	11.05.2009	18:07 - 18:22	363,8	358,1
11.05.2009	17:07 - 17:22	366,1	359,6	11.05.2009	18:37 - 18:52	364,3	357,1
11.05.2009	17:37 - 17:52	365,1	359,3	11.05.2009	19:07 - 19:22	364,6	359,2
<b>Mittelwert</b>		<b>365,3</b>	<b>360,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>364,2</b>	<b>358,1</b>
<b>Prüfgas + NO (1 mg/m³)</b>				<b>Prüfgas + H2S (30 µg/m³)</b>			
11.05.2009	16:52 - 17:07	362,8	359,4	11.05.2009	18:22 - 18:37	364,6	357,4
11.05.2009	17:22 - 17:37	364,5	357,1	11.05.2009	18:52 - 19:07	364,6	358,3
11.05.2009	17:52 - 18:07	362,9	358,7	11.05.2009	19:22 - 19:37	364,5	360,2
<b>Mittelwert</b>		<b>363,4</b>	<b>358,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>364,6</b>	<b>358,6</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
06.04.2009	17:50 - 18:05	0,5	1,0	06.04.2009	20:50 - 21:05	1,2	1,2
06.04.2009	18:20 - 18:35	0,8	0,6	06.04.2009	21:20 - 21:35	1,4	0,6
06.04.2009	18:50 - 19:05	1,7	1,1	06.04.2009	21:50 - 22:05	1,3	1,6
<b>Mittelwert</b>		<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,3</b>	<b>1,1</b>
<b>Nullgas + N2O (500 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + NH3 (30 µg/m³)</b>			
06.04.2009	18:05 - 18:20	1,4	0,9	06.04.2009	21:05 - 21:20	1,2	0,5
06.04.2009	18:35 - 18:50	1,5	-0,3	06.04.2009	21:35 - 21:50	1,4	1,3
06.04.2009	19:05 - 19:20	1,0	1,1	06.04.2009	22:05 - 22:20	1,0	1,2
<b>Mittelwert</b>		<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
11.05.2009	22:37 - 22:52	363,6	358,2	11.05.2009	21:07 - 21:22	364,4	361,6
11.05.2009	23:07 - 23:22	363,7	358,4	11.05.2009	21:37 - 21:52	363,4	361,0
11.05.2009	23:37 - 23:52	366,9	360,5	11.05.2009	22:07 - 22:22	363,8	359,9
<b>Mittelwert</b>		<b>364,7</b>	<b>359,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>363,9</b>	<b>360,8</b>
<b>Prüfgas + N2O (500 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + NH3 (30 µg/m³)</b>			
11.05.2009	22:52 - 23:07	365,2	357,4	11.05.2009	21:22 - 21:37	363,4	362,7
11.05.2009	23:22 - 23:37	366,4	360,5	11.05.2009	21:52 - 22:07	362,7	358,3
11.05.2009	23:52 - 00:07	365,6	360,2	11.05.2009	22:22 - 22:37	365,5	359,7
<b>Mittelwert</b>		<b>365,7</b>	<b>359,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>363,9</b>	<b>360,2</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
13.05.2009	07:45 - 08:00	0,5	-1,0	13.05.2009	09:20 - 09:35	-1,5	-2,0
13.05.2009	08:15 - 08:30	-1,6	-2,8	13.05.2009	09:50 - 10:05	-1,4	-0,2
13.05.2009	08:45 - 09:00	-2,0	-3,5	13.05.2009	10:20 - 10:35	-0,8	-0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>-1,0</b>	<b>-2,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-1,2</b>	<b>-0,8</b>
<b>Nullgas + Toluol (500 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + Xylol (500 µg/m³)</b>			
13.05.2009	08:00 - 08:15	1,0	-0,9	13.05.2009	09:35 - 09:50	-0,2	0,2
13.05.2009	08:30 - 08:45	-0,2	-3,8	13.05.2009	10:05 - 10:20	-1,5	-0,5
13.05.2009	09:00 - 09:15	2,4	-1,6	13.05.2009	10:35 - 10:50	-0,5	-0,4
<b>Mittelwert</b>		<b>1,1</b>	<b>-2,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,7</b>	<b>-0,2</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
13.05.2009	12:05 - 12:20	360,7	356,8	13.05.2009	13:35 - 13:50	362,1	359,2
13.05.2009	12:35 - 12:50	359,9	357,6	13.05.2009	14:05 - 14:20	361,8	357,4
13.05.2009	13:05 - 13:20	360,2	354,6	13.05.2009	14:35 - 14:50	362,7	357,7
<b>Mittelwert</b>		<b>360,3</b>	<b>356,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>362,2</b>	<b>358,1</b>
<b>Prüfgas + Toluol (500 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + Xylol (500 µg/m³)</b>			
13.05.2009	12:20 - 12:35	365,4	351,4	13.05.2009	13:50 - 14:05	358,1	358,6
13.05.2009	12:50 - 13:05	364,1	358,6	13.05.2009	14:20 - 14:35	360,3	357,4
13.05.2009	13:20 - 13:35	361,9	358,1	13.05.2009	14:50 - 15:05	361,7	358,3
<b>Mittelwert</b>		<b>363,8</b>	<b>356,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>360,0</b>	<b>358,1</b>

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 143 von 509

**Tabelle 80:** Einzelwerte der Querempfindlichkeitsuntersuchungen für die Komponente O<sub>3</sub>, (Teil 2)

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
07.04.2009	10:45 - 11:00	0,9	0,4	08.04.2009	07:40 - 07:55	0,2	0,3
07.04.2009	11:15 - 11:30	1,1	1,1	08.04.2009	08:10 - 08:25	0,5	0,8
07.04.2009	11:45 - 12:00	1,3	1,0	08.04.2009	08:40 - 08:55	0,7	0,9
<b>Mittelwert</b>		<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>0,5</b>	<b>0,7</b>
<b>Nullgas + CO<sub>2</sub> (700 mg/m³)</b>				<b>Nullgas + CO (60 mg/m³)</b>			
07.04.2009	11:00 - 11:15	1,3	1,3	08.04.2009	07:55 - 08:10	0,6	0,6
07.04.2009	11:30 - 11:45	1,1	0,8	08.04.2009	08:25 - 08:40	1,1	0,8
07.04.2009	12:00 - 12:15	1,1	1,3	08.04.2009	08:55 - 09:10	1,2	0,6
<b>Mittelwert</b>		<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,0</b>	<b>0,7</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
11.05.2009	19:37 - 19:52	365,1	359,7	11.05.2009	15:07 - 15:22	365,0	359,8
11.05.2009	20:07 - 20:22	364,4	359,5	11.05.2009	15:37 - 15:52	362,9	359,1
11.05.2009	20:37 - 20:52	365,5	352,3	11.05.2009	16:07 - 16:22	362,9	360,2
<b>Mittelwert</b>		<b>365,0</b>	<b>357,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>363,6</b>	<b>359,7</b>
<b>Prüfgas + CO<sub>2</sub> (700 mg/m³)</b>				<b>Prüfgas + CO (60 mg/m³)</b>			
11.05.2009	19:52 - 20:07	366,5	359,5	11.05.2009	15:22 - 15:37	362,6	359,0
11.05.2009	20:22 - 20:37	364,9	362,9	11.05.2009	15:52 - 16:07	362,6	357,8
11.05.2009	20:52 - 21:07	364,6	359,9	11.05.2009	16:22 - 16:37	363,1	359,9
<b>Mittelwert</b>		<b>365,3</b>	<b>360,8</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>362,8</b>	<b>358,9</b>
<b>Nullgas</b>				<b>Nullgas</b>			
07.04.2009	08:45 - 09:00	1,0	0,9	06.04.2009	07:05 - 07:20	1,1	0,2
07.04.2009	09:15 - 09:30	0,7	1,1	06.04.2009	07:35 - 07:50	1,0	0,5
07.04.2009	09:45 - 10:00	1,1	1,1	06.04.2009	08:05 - 08:20	1,3	-0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Nullgas + NO<sub>2</sub> (400 µg/m³)</b>				<b>Nullgas + SO<sub>2</sub> (700 µg/m³)</b>			
07.04.2009	09:00 - 09:15	-0,2	-0,4	06.04.2009	07:20 - 07:35	-0,4	-1,7
07.04.2009	09:30 - 09:45	-0,2	-0,7	06.04.2009	07:50 - 08:05	-0,6	-0,7
07.04.2009	10:00 - 10:15	0,3	-1,1	06.04.2009	08:20 - 08:35	-0,1	-0,8
<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,7</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-1,1</b>
<b>Prüfgas</b>				<b>Prüfgas</b>			
06.04.2009	14:45 - 15:00	357,3	355,1	06.04.2009	12:15 - 12:30	356,3	355,5
06.04.2009	15:15 - 15:30	358,8	353,8	06.04.2009	12:45 - 13:00	357,1	354,9
06.04.2009	15:45 - 16:00	358,6	355,1	06.04.2009	13:15 - 13:30	358,2	354,3
<b>Mittelwert</b>		<b>358,2</b>	<b>354,7</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>357,2</b>	<b>354,9</b>
<b>Prüfgas + NO<sub>2</sub> (400 µg/m³)</b>				<b>Prüfgas + SO<sub>2</sub> (700 µg/m³)</b>			
06.04.2009	15:00 - 15:15	355,7	354,5	06.04.2009	12:30 - 12:45	351,8	354,6
06.04.2009	15:30 - 15:45	355,6	353,5	06.04.2009	13:00 - 13:15	354,1	349,5
06.04.2009	16:00 - 16:15	359,3	356,8	06.04.2009	13:30 - 13:45	362,5	357,3
<b>Mittelwert</b>		<b>356,9</b>	<b>354,9</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>356,1</b>	<b>353,8</b>

**A 5.2.13 Reproduzierbarkeit**

*Die Reproduzierbarkeit  $R_D$  der Messeinrichtung ist aus Doppelbestimmungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen zu ermitteln und darf den Wert 10 nicht unterschreiten. Als Bezugswert ist  $B_1$  zu verwenden.*

*( $B_1$  für NO<sub>2</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für SO<sub>2</sub> = 40 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_1$  für O<sub>3</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup>)*

**Gerätetechnische Ausstattung**

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

**Durchführung der Prüfung**

Im Labortest wurde dem Gerät abwechselnd Null- und Prüfgas in 10-facher Wiederholung angeboten. Die Konzentrationsniveaus standen jeweils 15 Minuten an. Die letzten 5 Minuten wurden als Mittelwert ausgewertet und für die weiteren Berechnungen verwendet. Es wurde ein Teil des Datensatzes zur Prüfung der Nachweisgrenze (Punkt 5.2.5) verwendet, da die Prüfprozeduren bei beiden Punkten identisch sind.

Für die Berechnung der Reproduzierbarkeit im Feld wurden die Daten im Bereich von  $B_1 \pm 20\%$  (48 – 72 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>, 32 – 48 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub> und 64 – 96 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub>) ausgewählt. Zusätzlich wurde die Reproduzierbarkeit über alle Messwerte im Feldtest berechnet.

Die Umgebungsluftkonzentrationen von NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> lagen erwartungsgemäß bei maximal ca. 30 % des jeweiligen geprüften Messbereiches. Um sicherzustellen, dass die Messeinrichtungen auch bei höheren Gaskonzentrationen reproduzierbar messen, wurden das Proben gas an jeweils 2 Tagen mit höheren NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> Konzentrationen angereichert.

Da die Umgebungsluftkonzentration von SO<sub>2</sub> während des Feldtestes sehr niedrig war, wurde die Probenluft an 8 Tagen mit SO<sub>2</sub> Prüfgasen angereichert.

Zur Anreicherungen wurde jeweils eine Prüfgaszelle vor den Lichtaustritt an der Sende/Empfangseinheit befestigt, und ein geringer Gasfluss (ca. 0,5 – 1,0 l/min) eines höher konzentrierten Prüfgases durchgeleitet. Die Prüfgaszelle wurde zweimal (Hin und Rückweg vom Lichtstrahl durchdrungen). Durch die Messgasanreicherung wurde die Messung der jeweils übrigen Komponenten nicht beeinflusst. Die angereicherten Messwerte wurden in Abbildung 35 bis Abbildung 37 grafisch hervorgehoben.



## Auswertung

Die Reproduzierbarkeit berechnet sich wie folgt:

$$R = \frac{B_1}{U} \geq 10 \quad \text{mit} \quad U = \pm s_D \cdot t_{(n,0,95)} \quad \text{und} \quad s_D = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

- R = Reproduzierbarkeit bei B<sub>1</sub>
- U = Unsicherheit
- B<sub>1</sub> = 60 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>, 40 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub> und 80 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub> (VDI)
- s<sub>D</sub> = Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
- n = Anzahl der Doppelbestimmungen
- t<sub>(n,0,95)</sub> = Studentfaktor für 95%ige Sicherheit
- x<sub>1i</sub> = Messsignal des Gerätes 1 (1329) bei der i-ten Konzentration
- x<sub>2i</sub> = Messsignal des Gerätes 2 (1330) bei der i-ten Konzentration

Daraus ergeben sich für die Laborprüfung, die Prüfung aller Werte im Bereich von B<sub>1</sub> ± 20 % im Feld und die Prüfung aller Messwerte im Feld die folgenden Reproduzierbarkeiten.

*Tabelle 81: Reproduzierbarkeit für die Komponente NO<sub>2</sub>*

	n	S <sub>D</sub>	R <sub>D</sub>
<b>Labor</b>	10	0,207	130
<b>Feld</b>			
Werte um B <sub>1</sub>	14	0,399	<b>70</b>
Alle Werte	2200	1,427	60

*Tabelle 82: Reproduzierbarkeit für die Komponente SO<sub>2</sub>*

	n	S <sub>D</sub>	R <sub>D</sub>
<b>Labor</b>	10	0,226	79
<b>Feld</b>			
Werte um B <sub>1</sub>	26	1,001	<b>19</b>
Alle Werte	2200	1,869	11

*Tabelle 83: Reproduzierbarkeit für die Komponente O<sub>3</sub>*

	n	S <sub>D</sub>	R <sub>D</sub>
<b>Labor</b>	10	0,529	68
<b>Feld</b>			
Werte um B <sub>1</sub>	929	1,494	<b>27</b>
Alle Werte	2200	1,524	27

## Bewertung

Der in der VDI 4202 Blatt 1 geforderte Wert der Reproduzierbarkeit von mindestens 10 wird bei allen geprüften Komponenten eingehalten. Somit sind die Mindestanforderungen erfüllt. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit wird die Reproduzierbarkeit um B<sub>1</sub> (= 25 für NO<sub>2</sub>, 52 für SO<sub>2</sub> und 25 für O<sub>3</sub> herangezogen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Tabelle 84 bis Tabelle 86 zeigen die Einzelwerte der im Labortest erzielten Ergebnisse. In Tabelle 87 bis Tabelle 89 finden sich die statistischen Daten der Auswertung der Reproduzierbarkeit im Labor.

*Tabelle 84: Einzelwerte der Laboruntersuchungen zur Reproduzierbarkeit für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Labortest Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt	
		Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
01.04.2009	02:50 - 03:05	64,9	65,0
01.04.2009	03:20 - 03:35	64,6	64,8
01.04.2009	03:50 - 04:05	64,6	65,1
01.04.2009	04:20 - 04:35	64,6	65,1
01.04.2009	04:50 - 05:05	64,6	64,3
01.04.2009	05:20 - 05:35	64,5	64,6
01.04.2009	05:50 - 06:05	64,6	64,8
01.04.2009	06:20 - 06:35	64,4	64,8
01.04.2009	06:50 - 07:05	64,6	64,9
01.04.2009	07:20 - 07:35	64,6	64,6

*Tabelle 85: Einzelwerte der Laboruntersuchungen zur Reproduzierbarkeit für die Komponente SO<sub>2</sub>*

Labortest Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt	
		Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
31.03.2009	02:30 - 02:45	40,7	40,4
31.03.2009	03:00 - 03:15	40,7	40,4
31.03.2009	03:30 - 03:45	40,7	40,4
31.03.2009	04:00 - 04:15	40,7	40,3
31.03.2009	04:30 - 04:45	40,6	40,3
31.03.2009	05:00 - 05:15	40,4	40,2
31.03.2009	05:30 - 05:45	40,4	40,2
31.03.2009	06:00 - 06:15	40,7	40,3
31.03.2009	06:30 - 06:45	40,6	40,3
31.03.2009	07:00 - 07:15	40,6	40,3

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 147 von 509

**Tabelle 86:** Einzelwerte der Laboruntersuchungen zur Reproduzierbarkeit für die Komponente O<sub>3</sub>

Labortest	Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt	
			Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
			[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
	03.04.2009	01:55 - 02:10	80,7	81,9
	03.04.2009	02:25 - 02:40	80,9	81,3
	03.04.2009	02:55 - 03:10	81,3	81,9
	03.04.2009	03:25 - 03:40	81,8	81,9
	03.04.2009	03:55 - 04:10	81,2	81,3
	03.04.2009	04:25 - 04:40	82,1	81,8
	03.04.2009	04:55 - 05:10	81,9	81,0
	03.04.2009	05:25 - 05:40	80,4	81,7
	03.04.2009	05:55 - 06:10	81,6	81,9
	03.04.2009	06:25 - 06:40	81,0	82,1



**Tabelle 87: Auswertung der Reproduzierbarkeit im Labortest für die Komponente NO<sub>2</sub>**

Stichprobenumfang	n	=	10
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	60 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	2,229
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	0,207
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	130
Standardabweichung	s	=	0,232
Korrelationskoeffizient	r	=	0,3471
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,685
	Ordinatenabstand	c	= 20,563 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	64,604 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	64,808 µg/m <sup>3</sup>

**Tabelle 88: Auswertung der Reproduzierbarkeit im Labortest für die Komponente SO<sub>2</sub>**

Stichprobenumfang	n	=	10
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	40 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	2,229
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	0,226
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	79
Standardabweichung	s	=	0,028
Korrelationskoeffizient	r	=	0,8324
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,347
	Ordinatenabstand	c	= 26,222 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	40,616 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	40,306 µg/m <sup>3</sup>

*Tabelle 89: Auswertung der Reproduzierbarkeit im Labortest für die Komponente O<sub>3</sub>*

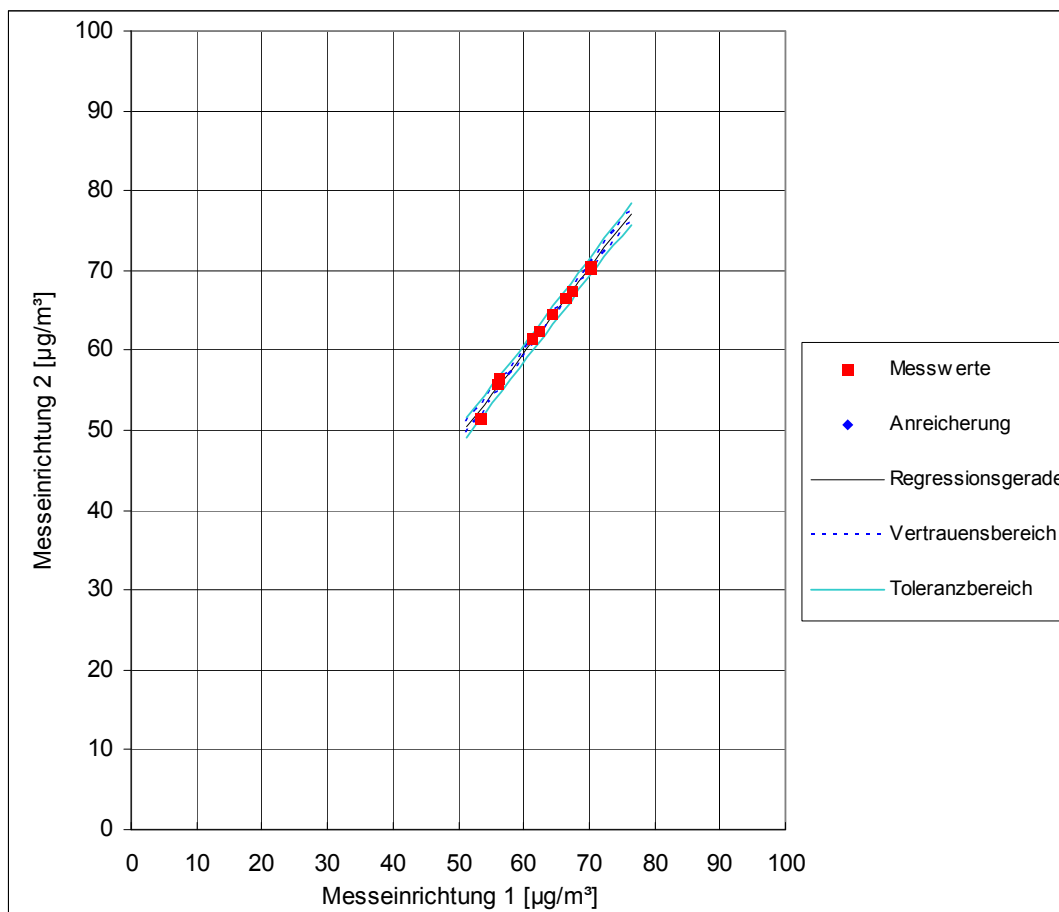
Stichprobenumfang	n	=	10
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	80 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	2,229
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	0,529
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	68
Standardabweichung	s	=	0,349
Korrelationskoeffizient	r	=	0,1625
Y = b* x + c	Steigung	b	= -0,099
	Ordinatenabstand	c	= 89,722 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	81,298 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	81,666 µg/m <sup>3</sup>

Es ergibt sich im Labortest eine Reproduzierbarkeit von 130 für die Komponente NO<sub>2</sub>, 79 für die Komponente SO<sub>2</sub> und 68 für die Komponente O<sub>3</sub>.

In Tabelle 90 bis Tabelle 92 und Abbildung 32 bis Abbildung 34 findet sich die Auswertung der Reproduzierbarkeit mit allen Werten um den Bezugswert B<sub>1</sub>.

*Tabelle 90: Auswertung der Reproduzierbarkeit um B<sub>1</sub> für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Stichprobenumfang	n	=	14
Bezugswert	B <sub>1</sub>		60 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	2,145
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	0,399
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	70
Standardabweichung	s	=	0,476
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9967
Y = b* x + c	Steigung	b	= 1,066
	Ordinatenabstand	c	= -4,307 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	63,854 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	64,808 µg/m <sup>3</sup>



*Abbildung 32: Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten um B<sub>1</sub> für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Tabelle 91: Auswertung der Reproduzierbarkeit um B<sub>1</sub> für die Komponente SO<sub>2</sub>

Stichprobenumfang	n	=	26
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	40 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	2,056
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	1,001
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	19
Standardabweichung	s	=	1,240
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9547
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,887
	Ordinatenabstand	c	= 3,750 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	38,305 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	37,715 µg/m <sup>3</sup>

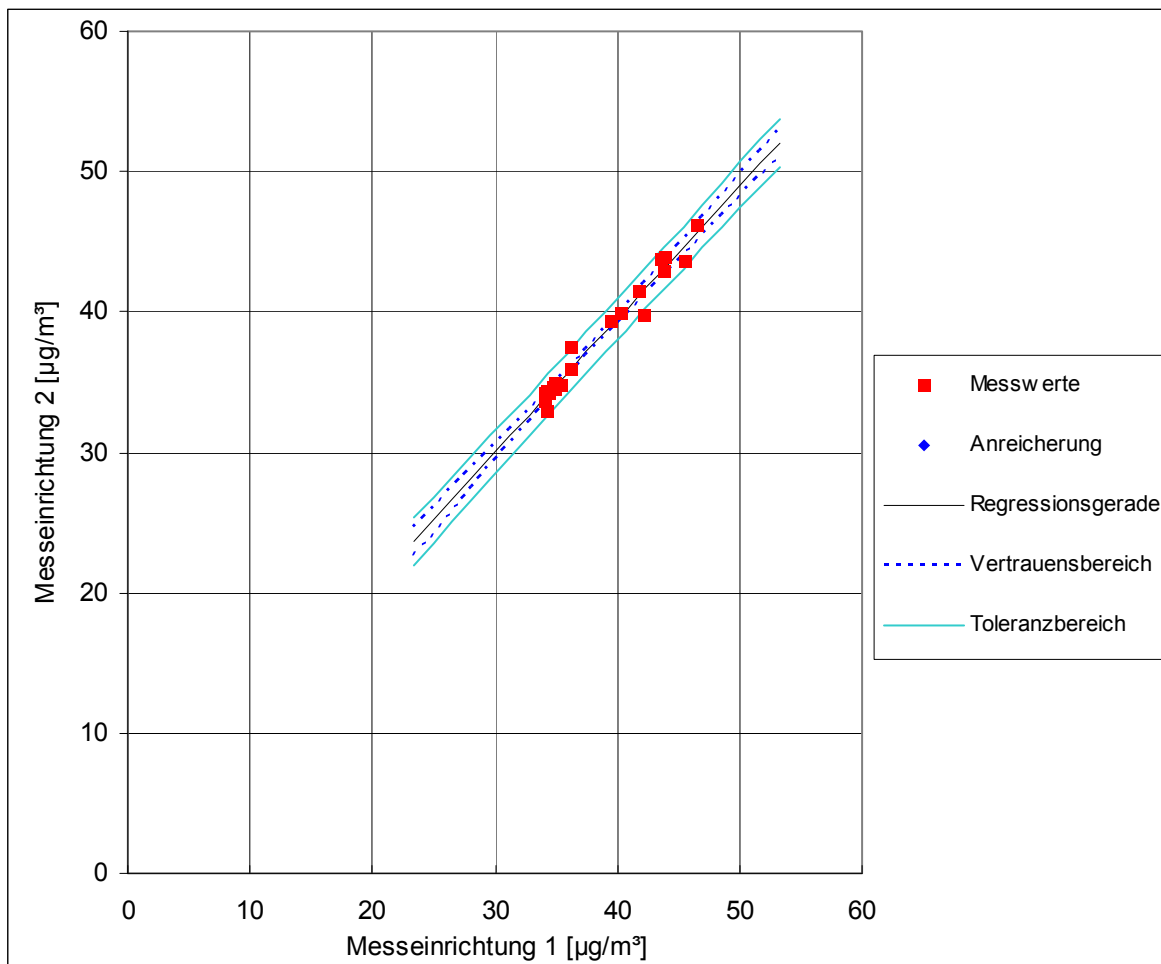
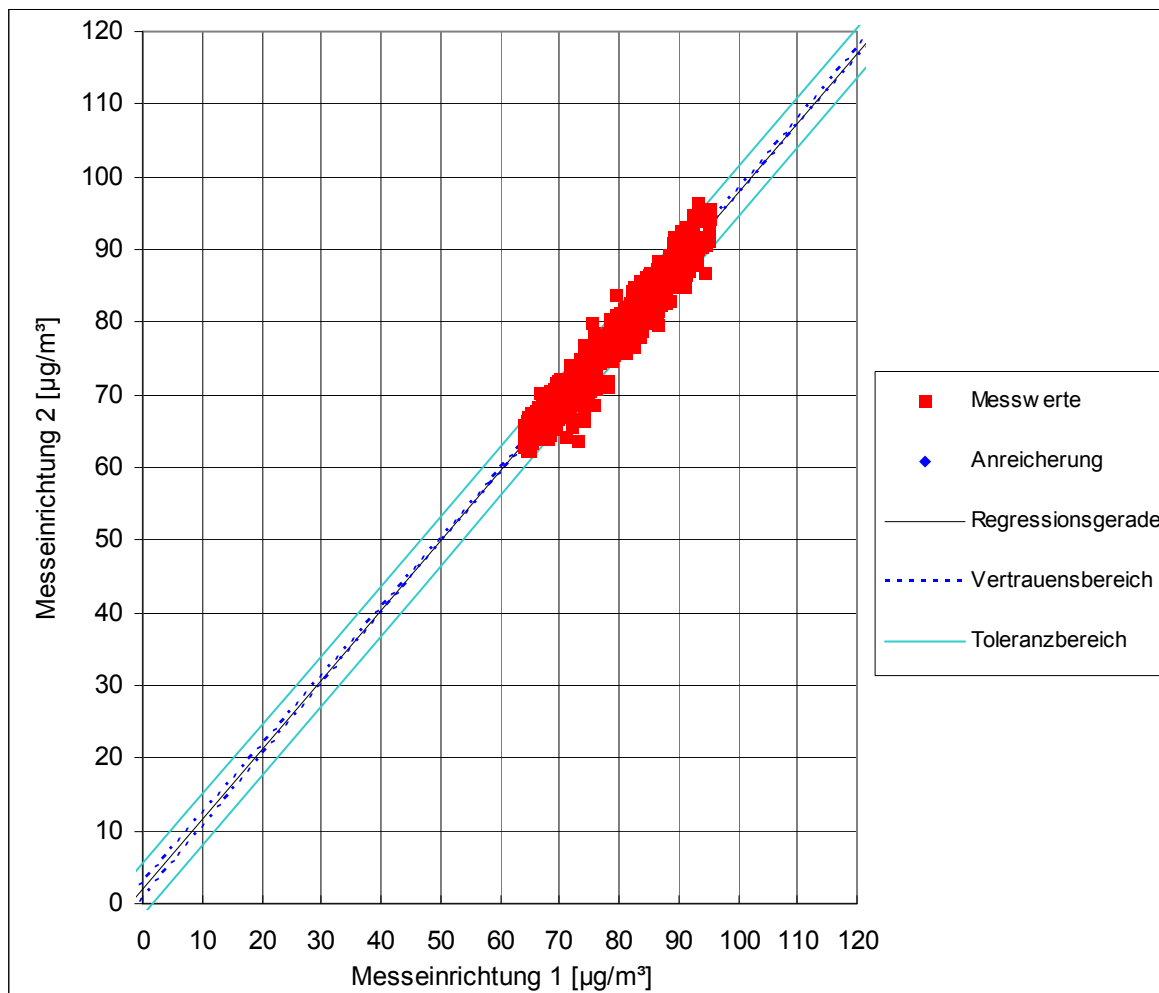


Abbildung 33: Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten um B<sub>1</sub> für die Komponente SO<sub>2</sub>

**Tabelle 92: Auswertung der Reproduzierbarkeit um B<sub>1</sub> für die Komponente O<sub>3</sub>**

Stichprobenumfang	n	=	929
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	80 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	1,963
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	1,494
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	27
Standardabweichung	s	=	1,742
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9792
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,960
	Ordinatenabstand	c	= 1,912 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	76,725 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	75,577 µg/m <sup>3</sup>



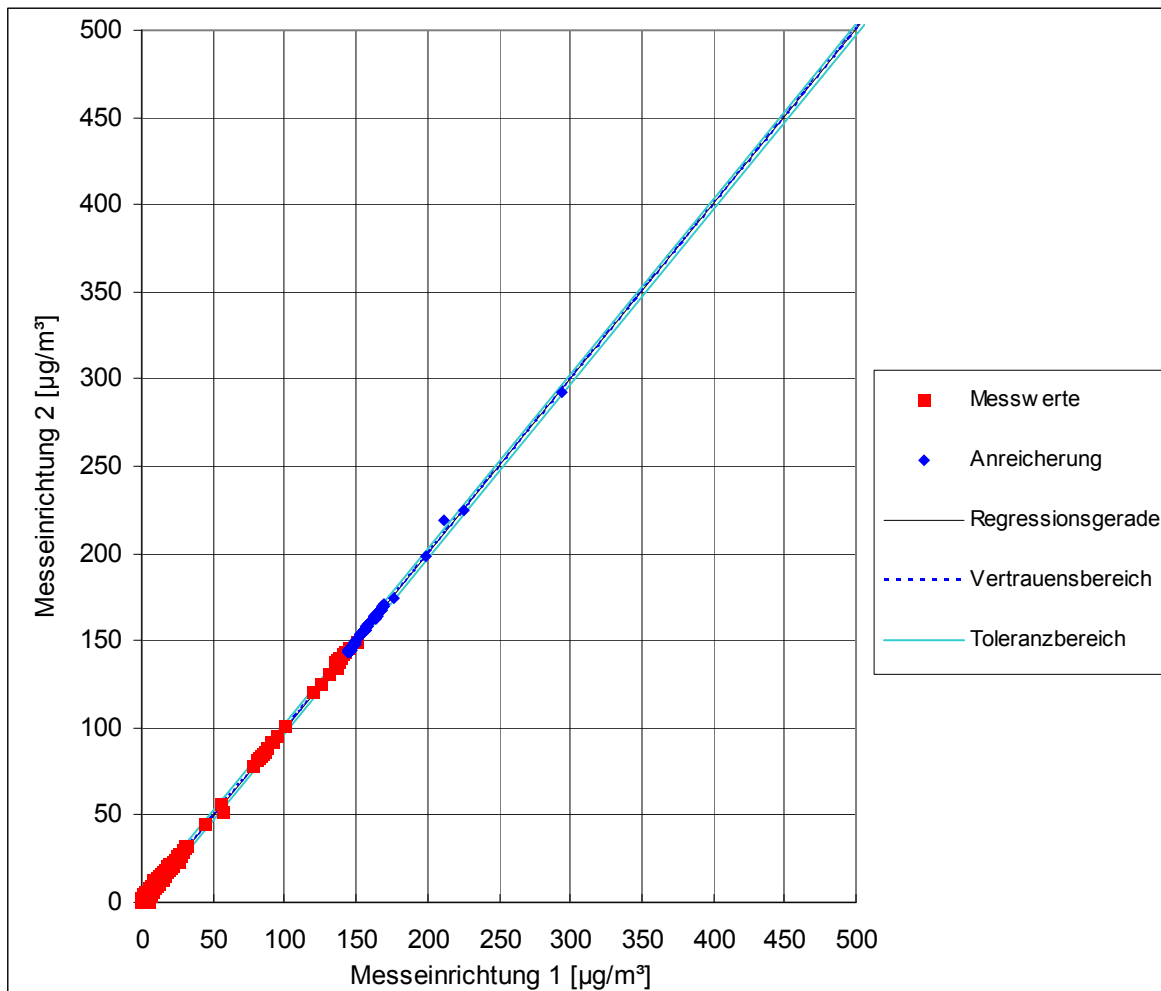
**Abbildung 34: Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten um B<sub>1</sub> für die Komponente O<sub>3</sub>**

In Tabelle 93 bis Tabelle 95 und Abbildung 35 bis Abbildung 37 findet sich eine Auswertung der Reproduzierbarkeit mit allen Werten des Feldtestes.



**Tabelle 93:** Bestimmung der Reproduzierbarkeit auf Basis aller Daten aus dem Feldtest für die Komponente NO<sub>2</sub>

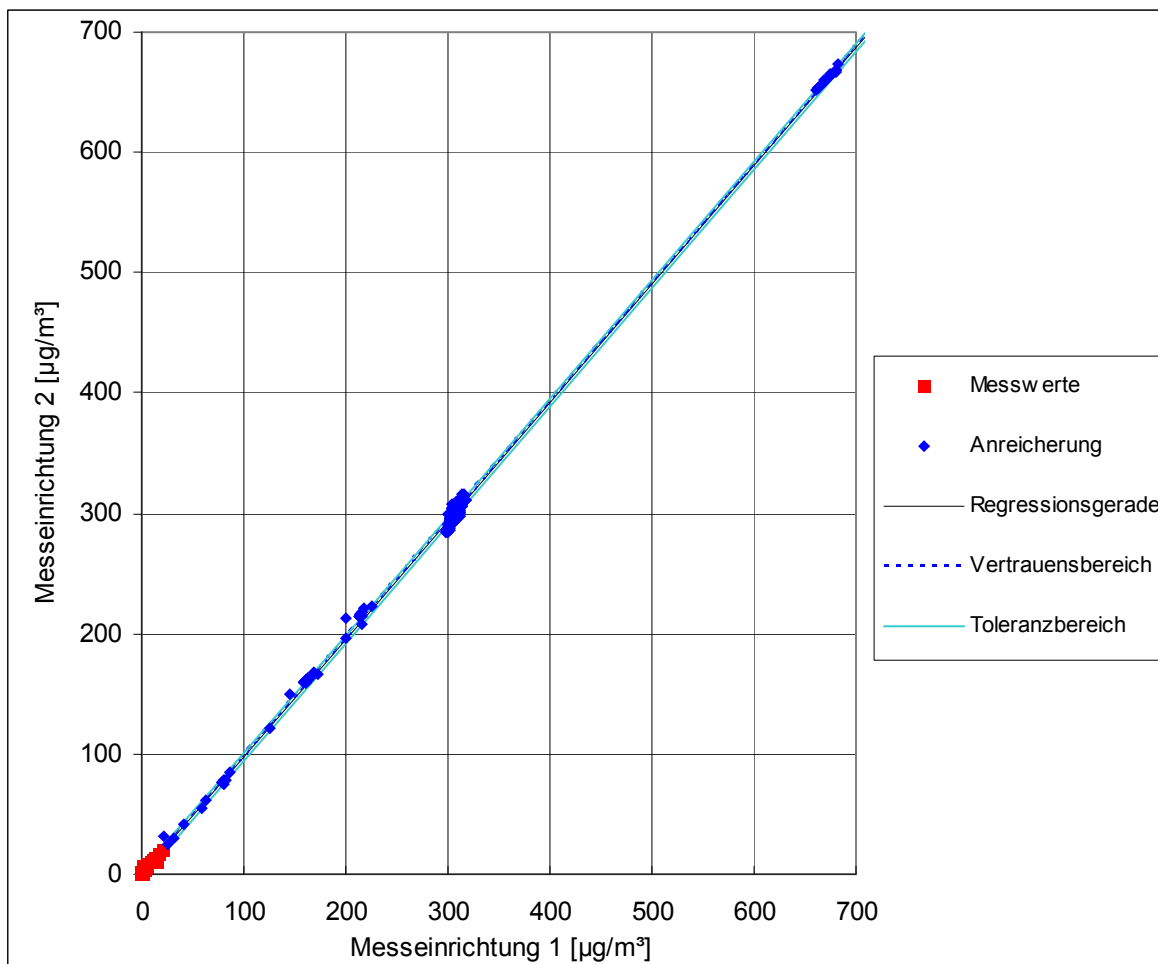
Stichprobenumfang	n	=	2200
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	60 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	1,961
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	1,022
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	30
Standardabweichung	s	=	1,427
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9995
Y = b * x + c	Steigung	b	= 1,001
	Ordinatenabstand	c	= -0,246 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	21,770 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	21,543 µg/m <sup>3</sup>



**Abbildung 35:** Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten aus dem Feldtest auf Basis aller Daten für die Komponente NO<sub>2</sub>

**Tabelle 94:** Bestimmung der Reproduzierbarkeit auf Basis aller Daten aus dem Feldtest für die Komponente SO<sub>2</sub>

Stichprobenumfang	n	=	2200
Bezugswert	B <sub>1</sub>	=	40 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	1,961
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	1,869
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	11
Standardabweichung	s	=	1,688
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9999
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,981
	Ordinatenabstand	c	= 0,137 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	39,247 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	38,652 µg/m <sup>3</sup>



**Abbildung 36:** Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten aus dem Feldtest auf Basis aller Daten für die Komponente SO<sub>2</sub>

Tabelle 95: Bestimmung der Reproduzierbarkeit auf Basis aller Daten aus dem Feldtest für die Komponente O<sub>3</sub>

Stichprobenumfang	n	=	2200
Bezugswert	B <sub>1</sub>		80 µg/m <sup>3</sup>
t-Wert für die gewählte Sicherheit	t <sub>95</sub>	=	1,961
Standardabweichung aus Doppelbestimmung	sd	=	1,524
Reproduzierbarkeit	R(d)	=	27
Standardabweichung	s	=	1,982
Korrelationskoeffizient	r	=	0,9986
Y = b* x + c	Steigung	b	= 0,985
	Ordinatenabstand	c	= 0,360 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 1	=	63,439 µg/m <sup>3</sup>
Mittelwert	Gerät 2	=	62,827 µg/m <sup>3</sup>

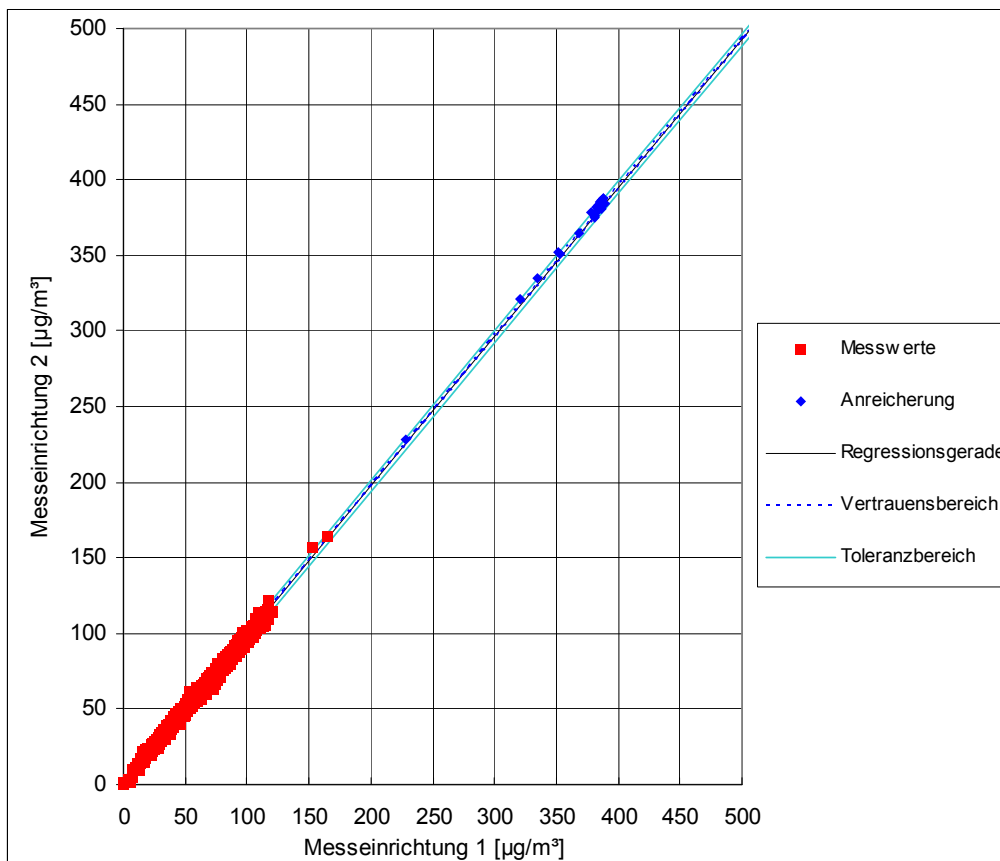


Abbildung 37: Graphische Darstellung der Reproduzierbarkeitsdaten aus dem Feldtest auf Basis aller Daten für die Komponente O<sub>3</sub>



## **A 5.2.14 Stundenwerte**

*Das Messverfahren muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Zur Ansteuerung und Datenaufnahme der AR500 Geräte wurde ein externer PC verwendet.

### **Durchführung der Prüfung**

Im Labor wurde die Bildung von Stundenwerten durch Anschluss des Datenaufzeichnungssystems geprüft. Während des gesamten Feldtestes wurde aus den aufgezeichneten Minutenintegralen die Stundenmittelwertbildung ermittelt.

### **Auswertung**

Die kleinste zeitliche Auflösung der Messsignale sind 1-Minuten Mittelwerte. Diese können aus dem System gelesen und mit gebräuchlicher Tabellenkalkulationssoftware zu Stundenmittelwerten zusammengefasst werden. Außerdem ist es möglich direkt Stundenmittelwerte von der internen Festplatte der Messsysteme herunterzuladen.

### **Bewertung**

Die Messeinrichtung ermöglicht die Bildung von Stundenmittelwerten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## A 5.2.15 Netzspannung und Netzfrequenz

*Die Änderung des Messwertes beim Bezugswert  $B_1$  durch die im elektrischen Netz üblicherweise auftretende Änderung der Spannung im Intervall (230V +15V/-20V) darf nicht mehr als 2 mal  $B_0$  betragen. Weiterhin darf im mobilen Einsatz die Änderung des Messwertes durch Änderung der Netzfrequenz im Intervall (50Hz ± 2Hz) nicht mehr als  $B_0$  betragen.*

*( $B_0$  für NO<sub>2</sub> = 3 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_0$  für SO<sub>2</sub> = 2 µg/m<sup>3</sup>)*

*( $B_0$  für O<sub>3</sub> = 4 µg/m<sup>3</sup>)*

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfgase aus Druckgasflaschen (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) sowie Prüfgas aus einem Ozongenerator (O<sub>3</sub>). Als Trägergas wurde jeweils gereinigte, KW-freie, synthetische Luft verwendet. Zur Prüfung wurden kurze, geschlossene Durchflussküvetten verwendet.

Zur Variation der Netzspannung wurde ein Transformator mit einem Regelbereich von 210 V bis 245 V verwendet.

### Durchführung der Prüfung

Zur Prüfung des Einflusses durch Änderung der Netzspannung wurde ein Transformator in die Stromversorgung der Messeinrichtung geschaltet und am Null- und Referenzpunkt für die Spannungen 210 V und 245 V die Änderung des Messsignals in Bezug auf die übliche Netzspannung von 230 V verglichen.

Nach VDI 4202 Blatt 1 wird diese Prüfung bei einer Konzentration von Null und um den Bezugswert  $B_1$  der jeweiligen Komponente durchgeführt.

Die Überprüfung der Netzfrequenz ist nach VDI 4202 Blatt 1 nur bei Messgeräten nötig, die mobil eingesetzt werden. Da der mobile Einsatz der Messgeräte Punkt 4.2 ausgeschlossen wurde, wurde auf diese Prüfung verzichtet.

### Auswertung

Bei der Variation der Netzspannung ergaben sich folgende Abweichungen:

Die maximal erlaubten Abweichungen von 3 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub> am Null- und Referenzpunkt werden nicht überschritten.

Die für die Berechnung der Gesamtunsicherheiten der Komponente NO<sub>2</sub> relevanten Werte betragen:

0,7 mg/m<sup>3</sup> für Gerät 1 (1329)

-0,7 mg/m<sup>3</sup> für Gerät 2 (1330)

*Tabelle 96: Variation der Netzspannung für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Spannung	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
Nullpunkt		
230 V	-0,1	-0,2
210 V	0,1	0,1
<b>Abw.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>
230 V	-0,7	0,2
245 V	0,0	0,2
<b>Abw.</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>
Referenzpunkt		
230 V	60,7	60,0
210 V	61,2	60,3
<b>Abw.</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>
230 V	61,3	61,1
245 V	61,0	60,4
<b>Abw.</b>	<b>-0,3</b>	<b>-0,7</b>

Die maximal erlaubten Abweichungen von 2 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub> am Null- und Referenzpunkt werden nicht überschritten.

Die für die Berechnung der Gesamtunsicherheiten der Komponente SO<sub>2</sub> relevanten Werte betragen:

0,9 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 1 (1329)

-0,5 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 2 (1330)

*Tabelle 97: Variation der Netzspannung für die Komponente SO<sub>2</sub>*

Spannung	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
Nullpunkt		
230 V	0,1	0,4
210 V	0,2	0,0
<b>Abw.</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,4</b>
230 V	0,0	0,2
245 V	0,2	0,3
<b>Abw.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>
Referenzpunkt		
230 V	39,9	40,8
210 V	40,8	41,2
<b>Abw.</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>
230 V	40,6	40,4
245 V	40,8	39,9
<b>Abw.</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,5</b>

Die maximal erlaubten Abweichungen von 4 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub> am Null- und Referenzpunkt werden nicht überschritten.

Die für die Berechnung der Gesamtunsicherheiten der Komponente O<sub>3</sub> relevanten Werte betragen:

0,8 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 1 (1329)

0,6 µg/m<sup>3</sup> für Gerät 2 (1330)

*Tabelle 98: Variation der Netzspannung für die Komponente O<sub>3</sub>*

Spannung	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
Nullpunkt		
230 V	-0,4	-0,1
210 V	0,4	-0,4
<b>Abw.</b>	<b>0,8</b>	<b>-0,3</b>
230 V	-0,2	-0,2
245 V	-0,6	0,4
<b>Abw.</b>	<b>-0,4</b>	<b>0,6</b>
Referenzpunkt		
230 V	80,3	79,8
210 V	80,5	79,8
<b>Abw.</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>
230 V	80,1	79,7
245 V	80,2	80,2
<b>Abw.</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>

### **Bewertung**

Die Messeinrichtung erfüllt die Mindestanforderung bei der Variation der Netzspannung.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die Einzelwerte sind denfolgenden Tabellen zu entnehmen.



*Tabelle 99: Einzelwerte der Spannungsprüfung für die Komponente NO<sub>2</sub>*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	07:00 - 07:15	-0,2	-0,1	02.10.2009	07:15 - 07:30	60,1	60,2
02.10.2009	09:00 - 09:15	0,0	-0,1	02.10.2009	09:15 - 09:30	60,8	59,6
02.10.2009	11:00 - 11:15	0,0	-0,3	02.10.2009	11:15 - 11:30	61,3	60,1
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>60,7</b>	<b>60,0</b>
<b>Nullgas bei 210 V</b>				<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	07:30 - 07:45	0,0	0,2	02.10.2009	07:45 - 08:00	60,9	59,8
02.10.2009	09:30 - 09:45	0,0	0,1	02.10.2009	09:45 - 10:00	61,4	60,4
02.10.2009	11:30 - 11:45	0,2	0,1	02.10.2009	11:45 - 12:00	61,2	60,8
<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>61,2</b>	<b>60,3</b>
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	08:00 - 08:15	0,0	0,2	02.10.2009	08:15 - 08:30	61,3	61,2
02.10.2009	10:00 - 10:15	-0,2	0,2	02.10.2009	10:15 - 10:30	60,8	60,8
02.10.2009	12:00 - 12:15	-2,0	0,2	02.10.2009	12:15 - 12:30	61,8	61,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,7</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>61,3</b>	<b>61,1</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>				<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	08:30 - 08:45	0,0	0,3	02.10.2009	08:45 - 09:00	61,2	60,6
02.10.2009	10:30 - 10:45	-0,1	0,2	02.10.2009	10:45 - 11:00	61,0	60,3
02.10.2009	12:30 - 12:45	0,0	0,2	02.10.2009	12:45 - 13:00	60,7	60,2
<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>61,0</b>	<b>60,4</b>

*Tabelle 100: Einzelwerte der Spannungsprüfung für die Komponente SO<sub>2</sub>*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329) [µg/m³]	Gerät 2 (1330) [µg/m³]
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	07:00 - 07:15	0,2	0,2	02.10.2009	07:15 - 07:30	39,0	41,2
02.10.2009	09:00 - 09:15	0,0	0,5	02.10.2009	09:15 - 09:30	40,2	40,5
02.10.2009	11:00 - 11:15	0,0	0,4	02.10.2009	11:15 - 11:30	40,5	40,6
<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>39,9</b>	<b>40,8</b>
<b>Nullgas bei 210 V</b>				<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	07:30 - 07:45	0,2	0,1	02.10.2009	07:45 - 08:00	40,5	41,2
02.10.2009	09:30 - 09:45	0,3	-0,2	02.10.2009	09:45 - 10:00	41,2	41,6
02.10.2009	11:30 - 11:45	0,0	0,0	02.10.2009	11:45 - 12:00	40,6	40,8
<b>Mittelwert</b>		<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>40,8</b>	<b>41,2</b>
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	08:00 - 08:15	0,0	0,4	02.10.2009	08:15 - 08:30	40,8	40,6
02.10.2009	10:00 - 10:15	0,0	0,1	02.10.2009	10:15 - 10:30	40,3	40,5
02.10.2009	12:00 - 12:15	0,0	0,2	02.10.2009	12:15 - 12:30	40,6	40,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>40,6</b>	<b>40,4</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>				<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	08:30 - 08:45	0,3	0,4	02.10.2009	09:05 - 09:20	40,6	40,1
02.10.2009	10:30 - 10:45	0,2	0,3	02.10.2009	11:05 - 11:20	40,8	40,2
02.10.2009	12:30 - 12:45	0,0	0,3	02.10.2009	13:05 - 13:20	41,0	39,5
<b>Mittelwert</b>		<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>40,8</b>	<b>39,9</b>



Tabelle 101: Einzelwerte der Spannungsprüfung für die Komponente O<sub>3</sub>

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]			[µg/m <sup>3</sup> ]	[µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	07:00 - 07:15	-0,4	0,2	02.10.2009	07:15 - 07:30	80,2	79,8
02.10.2009	09:00 - 09:15	-0,6	-0,3	02.10.2009	09:15 - 09:30	80,4	79,7
02.10.2009	11:00 - 11:15	-0,2	-0,1	02.10.2009	11:15 - 11:30	80,3	80,0
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>80,3</b>	<b>79,8</b>
<b>Nullgas bei 210 V</b>				<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	07:30 - 07:45	-0,6	-0,1	02.10.2009	07:45 - 08:00	80,6	80,1
02.10.2009	09:30 - 09:45	-0,3	-0,4	02.10.2009	09:45 - 10:00	80,4	79,5
02.10.2009	11:30 - 11:45	-0,2	-0,6	02.10.2009	11:45 - 12:00	80,5	79,8
<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>80,5</b>	<b>79,8</b>
<b>Nullgas bei 230 V</b>				<b>Prüfgas bei 230 V</b>			
02.10.2009	08:00 - 08:15	0,4	-0,2	02.10.2009	08:15 - 08:30	80,2	79,6
02.10.2009	10:00 - 10:15	-0,6	-0,6	02.10.2009	10:15 - 10:30	80,1	79,8
02.10.2009	12:00 - 12:15	-0,3	0,3	02.10.2009	12:15 - 12:30	80,1	79,8
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>80,1</b>	<b>79,7</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>				<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	08:30 - 08:45	-0,4	0,2	02.10.2009	09:05 - 09:20	80,4	80,0
02.10.2009	10:30 - 10:45	-0,6	0,6	02.10.2009	11:05 - 11:20	80,2	80,4
02.10.2009	12:30 - 12:45	-0,8	0,4	02.10.2009	13:05 - 13:20	80,0	80,3
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>80,2</b>	<b>80,2</b>



## **A 5.2.16 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 müssen Messeinrichtungen, die ohne Operator betrieben werden, automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.*

*Wenn die optische Fernmesseinrichtung mit einem Operator betrieben wird, kann auf ein automatisches Wiederanlaufen bei Spannungswiederkehr nach Stromausfall verzichtet werden.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **Durchführung der Prüfung**

Durch Trennung des Netzsteckers während des Messbetriebes über einen Zeitraum von 10 h sowie für einen Zeitraum von 10 min, wurde ein Stromausfall simuliert. Bei der anschließenden Wiederinbetriebnahme liefen die Geräte dabei jedes Mal ohne erkennbare Fehlfunktionen an und nahmen ihren normalen Messbetrieb wieder auf.

### **Auswertung**

Ein Stromausfall wurde durch Unterbrechung der Stromversorgung an beiden Geräten simuliert. Nach Wiederherstellung der Stromversorgung nach 10 h / 10 min schalteten beide Geräte automatisch wieder in den normalen Betriebsmodus.

### **Bewertung**

Ein Stromausfall hat keine negativen Auswirkungen auf die Messeinrichtung. Nach Wiederherstellung der Stromversorgung liefen die Geräte wieder in den normalen Messmodus.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **A 5.2.17 Gerätefunktionen**

*Wenn die optische Fernmesseinrichtung ohne Operator automatisch betrieben wird, müssen die wesentlichen Gerätefunktionen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Externer PC zur Datenaufnahme.

### **Durchführung der Prüfung**

An den Messeinrichtungen wurde ein Datenerfassungssystem angeschlossen und über ein Netzwerk von einem externen Rechner angesteuert. Anschließend wurden die jeweiligen Betriebszustände (Betriebsbereitschaft, Wartung, Störung) an den Messeinrichtungen eingestellt und mittels Datenfernübertragung erfasst.

### **Auswertung**

Die Statussignale wurden von dem nachgeschalteten Datenerfassungssystem richtig erkannt. Alle Systemparameter werden kontinuierlich überwacht. Sobald ein Wert vom eingestellten Sollwert abweicht, wird ein Warn oder Fehlerstatussignal gesetzt.

### **Bewertung**

Eine telemetrische Überwachung der Statussignale (Betriebszustände, Störungen) ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## A 5.2.18 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der optischen Fernmeseinrichtung muss mindestens 90 % betragen.

### Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### Durchführung der Prüfung

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung wird im Feldtest ermittelt. Hierzu wird der Start- und Endzeitpunkt des Feldtests dokumentiert. Weiterhin werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z.B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten dokumentiert.

### Auswertung

Die prozentuale Verfügbarkeit berechnet sich wie folgt:

$$V = \frac{t_E - (t_K + t_A + t_W)}{t_E} * 100\%$$

Dabei sind:

- t<sub>E</sub> Einsatzzeit
- t<sub>K</sub> Kalibrierzeit
- t<sub>A</sub> Ausfallzeit
- t<sub>W</sub> Wartungszeit
- V Verfügbarkeit

Die Zeiten zur Ermittlung der Verfügbarkeit sind für beide Messeinrichtungen der folgenden Tabelle 102 zu entnehmen:

Tabelle 102: Verfügbarkeit der Messeinrichtung AR500

AR500			Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
Einsatzzeit	t <sub>E</sub>	h	2232	2232
Kalibrierzeit	t <sub>K</sub>	h	22,0	22,0
Ausfallzeit	t <sub>A</sub>	h	52	52
Wartungszeit	t <sub>W</sub>	h	---	---
Verfügbarkeit	V	%	<b>96,7 %</b>	<b>96,7 %</b>

Der Feldtest wurde zwischen dem 11.05.2009 und dem 15.05.2009 für 52 Stunden unterbrochen, um einige Querempfindlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei wurden lediglich die Glasfaserkabel der Sender-Empfangseinheit vom Analysator getrennt und die Glasfaserkabel der Kalibrierbank für die Laborversuche angeschlossen. Es wurden keine Justierungen an der Messeinrichtung vorgenommen. Die Messeinrichtungen zeigen sowohl auf der Prüfbank als auch nach Rückbau zum normalen Messbetrieb anforderungsgemäße Messergebnisse. Der Zeitraum der Unterbrechung wurde in der Verfügbarkeitsberechnung mitbewertet. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen. Der Zeitraum der Unterbrechung wird in der Verfügbarkeitsberechnung als Ausfallzeit gewertet.

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

### **Bewertung**

Die Verfügbarkeit beträgt 96,7 %, somit ist die Mindestanforderung erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## A 5.2.19 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall der optischen Fernmessenrichtung ist zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst 28 Tage, muss jedoch mindestens 14 Tage betragen.

### Gerätetechnische Ausstattung

Prüfstandards zur Bestimmung des Driftverhaltens.

### Durchführung der Prüfung

Im Rahmen der Prüfung ist festzustellen, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Soweit gerätetechnisch keine aufwändigen Wartungsarbeiten in kürzeren Zeitabständen notwendig sind, ergibt sich das Wartungsintervall im Wesentlichen aus dem Driftverhalten der Messeinrichtung.

### Auswertung

Das theoretische Wartungsintervall ergibt sich aus der zulässigen Drift von 3 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>, 2 µg/m<sup>3</sup> für SO<sub>2</sub> und 4 µg/m<sup>3</sup> für O<sub>3</sub> dividiert durch die tägliche Drift.

*Tabelle 103: Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Nullpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub>*

	Tägliche Drift [µg/(m <sup>3</sup> *d)]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	-0,0004	7500
Gerät 2 (1330)	0,0032	937

*Tabelle 104: Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Referenzpunkt für die Komponente NO<sub>2</sub>*

	Tägliche Drift [µg/(m <sup>3</sup> *d)]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	-0,0039	769
Gerät 2 (1330)	0,0041	731

*Tabelle 105: Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Nullpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub>*

	Tägliche Drift [µg/(m <sup>3</sup> *d)]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	-0,0013	1538
Gerät 2 (1330)	-0,0061	327

**Tabelle 106:** *Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Referenzpunkt für die Komponente SO<sub>2</sub>*

	Tägliche Drift [ $\mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	0,0029	689
Gerät 2 (1330)	-0,0061	327

**Tabelle 107:** *Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Nullpunkt für die Komponente O<sub>3</sub>*

	Tägliche Drift [ $\mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	-0,0090	444
Gerät 2 (1330)	-0,0058	689

**Tabelle 108:** *Theoretisches Wartungsintervall aus dem Driftverhalten am Referenzpunkt für die Komponente O<sub>3</sub>*

	Tägliche Drift [ $\mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ]	Intervall [Tage]
Gerät 1 (1329)	0,0281	142
Gerät 2 (1330)	0,0446	89

Neben der Drift beeinflussen keine zusätzliche Wartungsarbeiten die Dauer des Wartungsintervalls.

Allein aus den Ergebnissen der Driftuntersuchungen hat die Messeinrichtung damit ein Wartungsintervall von mindestens 89 Tagen erreicht. Das notwendige Intervall ist letztendlich aber standortspezifisch zu ermitteln.

### **Bewertung**

Das Wartungsintervall beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## **A 5.2.20 Optische Weglänge**

*Die möglichen und die geprüften optischen Weglängen sind anzugeben.*

### **Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### **Durchführung der Prüfung**

Die geprüfte Weglänge während des Feldtestes betrug 320 m. Laut Herstellerangaben beträgt die maximale Messweglänge bis zu 1000 m.

### **Auswertung**

Die geprüfte Weglänge während des Feldtestes betrug 320 m. Laut Herstellerangaben beträgt die maximale Messweglänge bis zu 1000 m.

### **Bewertung**

Die geprüfte Weglänge während des Feldtestes betrug 320 m. Laut Herstellerangaben beträgt die maximale Messweglänge bis zu 1000 m.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## A 5.2.21 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochterrichtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.

### Gerätetechnische Ausstattung

Keine zusätzlichen Geräte notwendig.

### Durchführung der Prüfung

Berechnung der Gesamtunsicherheit aus den Daten der durchgeführten Messreihen.

### Auswertung

Die Ermittlung der erweiterten Gesamtunsicherheit  $u_M$  der Messwerte der Messeinrichtung erfolgt nach Anhang C der VDI 4202 Blatt 1 aus den Unsicherheitsbeiträgen  $u_k$  der relevanten Verfahrenskenngrößen.

Tabelle 109: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für NO<sub>2</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert  $I_2$  200 µg/m<sup>3</sup>)

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit u	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	70		0,43	0,18
Linearität	4 µg/m <sup>3</sup>	3,10	µg/m <sup>3</sup>	1,79	3,20
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	3 µg/m <sup>3</sup>	0,2	µg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	0,6	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Drift am Nullpunkt	3 µg/m <sup>3</sup>	0,012	µg/m <sup>3</sup>	0,01	0,00
Drift des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	-0,117	µg/m <sup>3</sup>	-0,07	0,00
Netzspannung	3 µg/m <sup>3</sup>	0,7	µg/m <sup>3</sup>	0,40	0,16
Querempfindlichkeiten	12 µg/m <sup>3</sup>	7,4	µg/m <sup>3</sup>	4,27	18,25
Unsicherheit des Prüfgases	4 µg/m <sup>3</sup>	4,0	µg/m <sup>3</sup>	4,00	16,00
				Σu <sup>2</sup>	37,94
				U(c) = 2u(c)	12,32
				<b>U(c) / Bezug</b>	<b>6,16</b>



**Tabelle 110: Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für NO<sub>2</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert I<sub>1</sub> 40 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	0,43	1 Stunde	7884	0,000
Linearität	1,79	1 Jahr	4	0,801
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,12	1 Jahr	1	0,013
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	0,35	1 Jahr	1	0,120
Drift am Nullpunkt	0,01	4 Wochen	12	0,000
Drift des Messwertes	-0,07	4 Wochen	12	0,000
Netzspannung	0,40	1 Jahr	1	0,163
Querempfindlichkeiten	4,27	3 Monate	4	4,563
$\Sigma u_m^2(c_k)$				5,661
$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$				4,76
<b><math>\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}</math></b>				<b>11,90</b>

**Tabelle 111: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für NO<sub>2</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert I<sub>2</sub> 200 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit u (µg/m <sup>3</sup> )	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	70		0,43	0,18
Linearität	4 µg/m <sup>3</sup>	3,00	µg/m <sup>3</sup>	1,73	3,00
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	3 µg/m <sup>3</sup>	0,4	µg/m <sup>3</sup>	0,23	0,05
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	-0,5	µg/m <sup>3</sup>	-0,29	0,08
Drift am Nullpunkt	3 µg/m <sup>3</sup>	0,096	µg/m <sup>3</sup>	0,06	0,00
Drift des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	0,123	µg/m <sup>3</sup>	0,07	0,01
Netzspannung	3 µg/m <sup>3</sup>	-0,7	µg/m <sup>3</sup>	-0,40	0,16
Querempfindlichkeiten	12 µg/m <sup>3</sup>	8,3	µg/m <sup>3</sup>	4,79	22,96
Unsicherheit des Prüfgases	4 µg/m <sup>3</sup>	4,0	µg/m <sup>3</sup>	4,00	16,00
$\Sigma u^2$					42,46
$U(c) = 2u(c)$					13,03
<b><math>U(c) / \text{Bezug}</math></b>					<b>6,52</b>

Tabelle 112: *Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für NO<sub>2</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert I<sub>1</sub> 40 µg/m<sup>3</sup>)*

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	0,43	1 Stunde	7884	0,000
Linearität	1,73	1 Jahr	4	0,750
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,23	1 Jahr	1	0,053
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	-0,29	1 Jahr	1	0,083
Drift am Nullpunkt	0,06	4 Wochen	12	0,000
Drift des Messwertes	0,07	4 Wochen	12	0,000
Netzspannung	-0,40	1 Jahr	1	0,163
Querempfindlichkeiten	4,79	3 Monate	4	5,741
			$\Sigma u_m^2(c_k)$	6,792
			$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	5,21
			$\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}$	<b>13,03</b>

Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheiten wurden die Einzelergebnisse zu den jeweiligen Prüfpunkten zusammenfassend bewertet. Soweit aus den einzelnen Untersuchungen mehrere unabhängige Ergebnisse zur Verfügung standen, wurde der jeweils ungünstigste Wert eingesetzt.

Die Gesamtunsicherheiten ergeben sich zu 6,16 % bzw. 6,52 % für U(c) und 11,90 % bzw. 13,03 % für U( $\bar{c}$ ).

Für die Berechnung der Messunsicherheit der Mittelwerte (U( $\bar{c}$ )) wurde der Einfluss des Prüfgases nicht berücksichtigt. Die Unsicherheit des Prüfgases darf maximal 1,8 µg/m<sup>3</sup> oder 4,4 % bezogen auf den Bezugswert I<sub>1</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>) für Gerät 1 (1329) beziehungsweise maximal 1,4 µg/m<sup>3</sup> oder 3,6 % bezogen auf den Bezugswert I<sub>1</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>) für Gerät 2 (1330) betragen.

Die geforderte Messunsicherheit der Mittelwerte (U( $\bar{c}$ )) von maximal 15 % wurde von beiden Geräten erfüllt.



**Tabelle 113: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für SO<sub>2</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert I<sub>2</sub> 350 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup>
				u	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	19		1,58	2,49
Linearität	7 µg/m <sup>3</sup>	5,90	µg/m <sup>3</sup>	3,41	11,60
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	2 µg/m <sup>3</sup>	-0,4	µg/m <sup>3</sup>	-0,23	0,05
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	5 % von B <sub>1</sub>	0,6	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Drift am Nullpunkt	2 µg/m <sup>3</sup>	-0,039	µg/m <sup>3</sup>	-0,02	0,00
Drift des Messwertes	5 % von B <sub>1</sub>	0,087	µg/m <sup>3</sup>	0,05	0,00
Netzspannung	2 µg/m <sup>3</sup>	0,9	µg/m <sup>3</sup>	0,52	0,27
Querempfindlichkeiten	21 µg/m <sup>3</sup>	-12,9	µg/m <sup>3</sup>	-7,45	55,47
Unsicherheit des Prüfgases	7 µg/m <sup>3</sup>	7,0	µg/m <sup>3</sup>	7,00	49,00
				Σu <sup>2</sup>	119,01
				U(c) = 2u(c)	21,82
				U(c) / Bezug	<b>6,23</b>

**Tabelle 114: Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für SO<sub>2</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert I<sub>1</sub> 20 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)	
Reproduzierbarkeit	1,58	1 Stunde	7884	0,000	
Linearität	3,41	1 Jahr	1	11,603	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	-0,23	1 Jahr	1	0,053	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	0,35	1 Jahr	1	0,120	
Drift am Nullpunkt	-0,02	4 Wochen	12	0,000	
Drift des Messwertes	0,05	4 Wochen	12	0,000	
Netzspannung	0,52	1 Jahr	1	0,270	
Querempfindlichkeiten	-7,45	3 Monate	4	13,868	
				Σu <sub>m</sub> <sup>2</sup> (C <sub>k</sub> )	25,915
				U(c̄) = 2u(c̄)	10,18
				<b>U(c̄) / Bezug</b>	<b>50,91</b>

**Tabelle 115: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für SO<sub>2</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert I<sub>2</sub> 350 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit u	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	19		1,58	2,49
Linearität	7 µg/m <sup>3</sup>	6,40	µg/m <sup>3</sup>	3,70	13,65
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	2 µg/m <sup>3</sup>	0,2	µg/m <sup>3</sup>	0,12	0,01
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	5 % von B <sub>1</sub>	0,6	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Drift am Nullpunkt	2 µg/m <sup>3</sup>	-0,183	µg/m <sup>3</sup>	-0,11	0,01
Drift des Messwertes	5 % von B <sub>1</sub>	0,183	µg/m <sup>3</sup>	0,11	0,01
Netzspannung	2 µg/m <sup>3</sup>	-0,5	µg/m <sup>3</sup>	-0,29	0,08
Querempfindlichkeiten	21 µg/m <sup>3</sup>	9,7	µg/m <sup>3</sup>	5,60	31,36
Unsicherheit des Prüfgases	7 µg/m <sup>3</sup>	7,0	µg/m <sup>3</sup>	7,00	49,00
				Σu <sup>2</sup>	96,75
				U(c) = 2u(c)	19,67
				U(c) / Bezug	<b>5,62</b>

**Tabelle 116: Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für SO<sub>2</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert I<sub>1</sub> 20 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)	
				(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>	
Reproduzierbarkeit	1,58	1 Stunde	7884	0,000	
Linearität	3,70	1 Jahr	1	13,653	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,12	1 Jahr	1	0,013	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	0,35	1 Jahr	1	0,120	
Drift am Nullpunkt	-0,11	4 Wochen	12	0,001	
Drift des Messwertes	0,11	4 Wochen	12	0,001	
Netzspannung	-0,29	1 Jahr	1	0,083	
Querempfindlichkeiten	5,60	3 Monate	4	7,841	
				Σu <sub>m</sub> <sup>2</sup> (c <sub>k</sub> )	21,713
				U(c̄) = 2u(c̄)	9,32
				<b>U(c̄) / Bezug</b>	<b>46,60</b>

Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheiten wurden die Einzelergebnisse zu den jeweiligen Prüfpunkten zusammenfassend bewertet. Soweit aus den einzelnen Untersuchungen mehrere unabhängige Ergebnisse zur Verfügung standen, wurde der jeweils ungünstigste Wert eingesetzt.

Die Gesamtunsicherheiten ergeben sich zu 6,23 % bzw. 5,62 % für U(c) und 50,91 % bzw. 46,60 % für U(c̄).

Die geforderte Messunsicherheit der Mittelwerte (U(c̄)) von maximal 15 % wurde von beiden Geräten nicht erfüllt. Wie zu sehen, wird die Messunsicherheit maßgeblich von dem Faktor der Linearitätsuntersuchungen beeinflusst. Beide Messgeräte erfüllen die Anforderungen der Linearität jedoch sicher. Unter den gegebenen Bedingungen (Bezugswert von 20 µg/m<sup>3</sup>) ist die Messunsicherheit der Mittelwerte nicht einzuhalten. In der Neuauflage der VDI 4203 (Vorentwurf 04 vom 30.05.2007) wird diese Auswertung vollständig verworfen.



**Tabelle 117: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für O<sub>3</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert I<sub>2</sub> 180 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit u	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	27		1,48	2,19
Linearität	4 µg/m <sup>3</sup>	2,20	µg/m <sup>3</sup>	1,27	1,61
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	4 µg/m <sup>3</sup>	0,9	µg/m <sup>3</sup>	0,52	0,27
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	1,0	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
Drift am Nullpunkt	4 µg/m <sup>3</sup>	-0,270	µg/m <sup>3</sup>	-0,16	0,02
Drift des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	0,843	µg/m <sup>3</sup>	0,49	0,24
Netzspannung	4 µg/m <sup>3</sup>	0,8	µg/m <sup>3</sup>	0,46	0,21
Querempfindlichkeiten	10,8 µg/m <sup>3</sup>	9,1	µg/m <sup>3</sup>	5,25	27,60
Unsicherheit des Prüfgases	3,6 µg/m <sup>3</sup>	3,6	µg/m <sup>3</sup>	3,60	12,96
				Σu <sup>2</sup>	45,45
				U(c) = 2u(c)	13,48
				<b>U(c) / Bezug</b>	<b>7,49</b>

**Tabelle 118: Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für O<sub>3</sub> von Gerät 1 (1329) (Bezugswert B<sub>1</sub> 80 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 1 (1329)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)
				(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	1,48	1 Stunde	7884	0,000
Linearität	1,27	1 Jahr	4	0,403
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,52	1 Jahr	1	0,270
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	0,58	1 Jahr	1	0,333
Drift am Nullpunkt	-0,16	4 Wochen	12	0,002
Drift des Messwertes	0,49	4 Wochen	12	0,020
Netzspannung	0,46	1 Jahr	1	0,213
Querempfindlichkeiten	5,25	3 Monate	4	6,901
				Σu <sub>m</sub> <sup>2</sup> (c <sub>k</sub> )
				8,143
				U(c̄) = 2u(c̄)
				5,71
				<b>U(c̄) / Bezug</b>
				<b>7,13</b>

**Tabelle 119: Erweiterte Messunsicherheit der Einzelwerte für O<sub>3</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert I<sub>2</sub> 180 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit u µg/m <sup>3</sup>	Quadrat der Unsicherheit u <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	10	27		1,48	2,19
Linearität	4 µg/m <sup>3</sup>	2,10	µg/m <sup>3</sup>	1,21	1,47
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	4 µg/m <sup>3</sup>	-1,0	µg/m <sup>3</sup>	-0,58	0,33
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	1,0	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
Drift am Nullpunkt	4 µg/m <sup>3</sup>	-0,174	µg/m <sup>3</sup>	-0,10	0,01
Drift des Messwertes	3 % von B <sub>1</sub>	1,338	µg/m <sup>3</sup>	0,77	0,60
Netzspannung	4 µg/m <sup>3</sup>	0,6	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Querempfindlichkeiten	10,8 µg/m <sup>3</sup>	10,1	µg/m <sup>3</sup>	5,83	34,00
Unsicherheit des Prüfgases	3,6 µg/m <sup>3</sup>	3,6	µg/m <sup>3</sup>	3,60	12,96
Σu <sup>2</sup>					52,02
U(c) = 2u(c)					14,43
<b>U(c) / Bezug</b>					<b>8,01</b>

**Tabelle 120: Erweiterte Messunsicherheit der Mittelwerte für O<sub>3</sub> von Gerät 2 (1330) (Bezugswert B<sub>1</sub> 80 µg/m<sup>3</sup>)**

Verfahrenskenngröße für Gerät 2 (1330)	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert)
				(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	1,48	1 Stunde	7884	0,000
Linearität	1,21	1 Jahr	4	0,368
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	-0,58	1 Jahr	1	0,333
Temperaturabhängigkeit des Messwertes	0,58	1 Jahr	1	0,333
Drift am Nullpunkt	-0,10	4 Wochen	12	0,001
Drift des Messwertes	0,77	4 Wochen	12	0,050
Netzspannung	0,35	1 Jahr	1	0,120
Querempfindlichkeiten	5,83	3 Monate	4	8,501
Σu <sub>m</sub> <sup>2</sup> (c <sub>k</sub> )				9,706
U(c̄) = 2u(c̄)				6,23
<b>U(c̄) / Bezug</b>				<b>7,79</b>

Zur Berechnung der erweiterten Messunsicherheiten wurden die Einzelergebnisse zu den jeweiligen Prüfpunkten zusammenfassend bewertet. Soweit aus den einzelnen Untersuchungen mehrere unabhängige Ergebnisse zur Verfügung standen, wurde der jeweils ungünstigste Wert eingesetzt.

Die Gesamtunsicherheiten ergeben sich zu 7,49 % bzw. 8,01% für U(c) und 7,13 % bzw. 7,79 % für U(c̄).

Da für die Komponente O<sub>3</sub> kein IGW<sub>1</sub> Wert existiert wurde zur Ermittlung der Messunsicherheit der Mittelwerte (U(c̄)) als Bezugswert der Wert B<sub>1</sub> = 80 µg/m<sup>3</sup> verwendet. Für die Berechnung der Messunsicherheit der Mittelwerte (U(c̄)) wurde der Einfluss des Prüfgases nicht berücksichtigt. Die Unsicherheit des Prüfgases darf maximal 5,3 µg/m<sup>3</sup> oder 6,6 % bezogen auf den Bezugswert B<sub>1</sub> (80 µg/m<sup>3</sup>) für Gerät 1 (1329) beziehungsweise maximal 5,1 µg/m<sup>3</sup> oder 6,4 % bezogen auf den Bezugswert B<sub>1</sub> (80 µg/m<sup>3</sup>) für Gerät 2 (1330) betragen.

Die geforderte Messunsicherheit der Mittelwerte (U(c̄)) von maximal 15 % wurde von beiden Geräten erfüllt.



## **Bewertung**

Die ermittelten Gesamtunsicherheiten betragen

6,16 % bzw. 6,52 % für NO<sub>2</sub>

6,23 % bzw. 5,62 % für SO<sub>2</sub>

7,49 % bzw. 8,01 % für O<sub>3</sub>

und unterschreiten damit die geforderte Gesamtunsicherheit von 15 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## A 5.3 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen

*Mehrkomponentenmesseinrichtungen müssen die Anforderungen für jede Einzelkomponente erfüllen, auch bei Simultanbetrieb aller Messkanäle.*

*Bei sequentiell betrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.*

### Gerätetechnische Ausstattung

Hier nicht notwendig.

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung und Auswertung erfolgte gemäß den Prüfvorschriften für jede einzelne Komponente. Während der gesamten Prüfung waren alle geprüften Messkanäle aktiviert.

### Auswertung

Die entsprechenden Auswertungen sind bei den jeweiligen Prüfpunkten dargestellt.

### Bewertung

Bei der Bewertung der Mindestanforderungen lagen die Messergebnisse für alle Kanäle simultan vor.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

# Anhang B

## Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO

Die Prüfanforderungen der EN 14211 beziehen sich auf die Prüfung der Komponente NO, da das vorgeschriebene Messprinzip, die Chemilumineszenz, nur diese Komponente messen kann. Die hier geprüfte Messeinrichtung ist in der Lage NO<sub>2</sub> direkt zu messen. Daher wurde der Messbereich sowie die jeweiligen Referenzgaskonzentrationen bei den einzelnen Tests gemäß EN 14211 auf umgerechnete „NO als NO<sub>2</sub>“-Konzentrationen bezogen (Faktor 1,53).

Zur besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit mit den Mindestanforderungen orientiert sich die Nummerierung der Prüfpunkte im Anhang B an der Nummerierung der Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Labor und Feldprüfung der DIN EN 14211.

## **B [NO] 8.4 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor**

*Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der bei den beschriebenen Prüfverfahren benutzten Materialien und der Ausrüstung muss die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Laborprüfung ist mit mindestens zwei Messgeräten durchzuführen.*

### **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 Prüfungen ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit einzuhalten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, wird eine Mindestzeit von 4 h empfohlen.

Vor der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss das Prüfgassystem ausreichend lange betrieben worden sein, um stabile Konzentrationen liefern zu können.

Die meisten Messsysteme können das Ausgangssignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Systeme passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der gemessenen Komponente an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es ist zu belegen, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder die Verwendung eines aktiven Filters das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit nicht beeinflussen.

Während der Labor- und Feldprüfungen der Eignungsprüfung müssen die Geräteeinstellungen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Falls bei einer Prüfung die Konzentration des 1-Stunden-Grenzwertes erwähnt wird, ist eine NO-Konzentration von 505 nmol/mol zu verwenden, sofern nichts anderes festgelegt ist.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase zu verwenden, sofern in der DIN EN 14211 nichts anderes festgelegt ist.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase zu verwenden, sofern in diesem Dokument nichts anderes festgelegt ist.

Die Unsicherheit der für die Labor- und Feldprüfungen verwendeten Null- und Spangase dürfen nicht signifikant sein.

Die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH ist anerkannte Messstelle nach § 26 BImSchG und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025.

Die Laborprüfung wurde nach den in der DIN EN 14211 vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen mit 2 Messgeräten durchgeführt.

Eine Zusammenfassung der Bewertung ist in Tabelle 146 aufgeführt.



**Tabelle 121: Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien der DIN EN 14211**

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Leistungskriterium
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$S_{r,z}$	8.4.5	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol}$
2	Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$S_{r,ct}$	8.4.5	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol}$
3	„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)		8.4.6	
3a	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentrationen größer Null	$X_l$		$\leq 4 \%$ des Messwertes
3b	Abweichung bei Null	$X_{l,z}$		$\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$b_{gp}$	8.4.7	$\leq 8,0 \text{ nmol/mol/kPa}$
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	$b_{gt}$	8.4.8	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol/K}$
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$b_{st}$	8.4.9	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol/K}$
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$b_v$	8.4.10	$\leq 0,3 \text{ nmol/mol/V}$
8	Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct		8.4.11	
8a	H <sub>2</sub> O Konzentration 19mmol/mol	$X_{H_2O,z,ct}$		H <sub>2</sub> O $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
8b	CO <sub>2</sub> Konzentration 500 $\mu\text{mol/mol}$	$X_{CO_2,z,ct}$		CO <sub>2</sub> $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
8c	O <sub>3</sub> Konzentration 200 nmol/mol	$X_{O_3,z,ct}$		O <sub>3</sub> $\leq 2,0 \text{ nmol/mol}$
8d	NH <sub>3</sub> Konzentration 200 nmol/mol	$X_{NH_3,z,ct}$		NH <sub>3</sub> $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
9	Mittelungseinfluss	$X_{av}$	8.4.12	$\leq 7,0 \%$ des Messwertes
10	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	$S_{r,f}$	8.5.5	$\leq 5,0 \%$ des Mittels über einen Zeitraum von 3 Monaten
11	Langzeitdrift bei Null	$D_{l,z}$	8.5.4	$\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$
12	Langzeitdrift beim Span-Niveau	$D_{l,s}$	8.5.4	$\leq 5,0 \%$ des Maximums des Zertifizierungsbereiches
13	Kurzzeitdrift bei Null	$D_{s,z}$	8.4.4	$\leq 2,0 \text{ nmol/mol}$ über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	$D_{s,s}$	8.4.4	$\leq 6,0 \text{ nmol/mol}$ über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	$t_r$	8.4.3	$\leq 180 \text{ s}$
16	Einstellzeit (Abfall)	$t_f$	8.4.3	$\leq 180 \text{ s}$
17	Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	$t_d$	8.4.3	$\leq 10 \%$ relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist
18	Differenz Proben/Kalibrieringang	$D_{sc}$	8.4.13	$\leq 1 \%$
19	Kontrollintervall		8.5.6	3 Monate oder weniger
20	Verfügbarkeit des Messgerätes	$A_a$	8.5.7	$> 90 \%$
21	Konverterwirkungsgrad	$E_{conv}$	8.5.6	$\geq 98\%$
22	Anstieg der NO <sub>2</sub> -Konzentration durch die Verweilzeit im Messgerät	$\Delta c_{TR}$		$\leq 4,0 \text{ nmol/mol}$

## B [NO] 8.4.3 Einstellzeit

*Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) jeweils ≤ 180 s. Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit ≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem welcher Wert größer ist.*

### Prüfvorschriften

Die Einstellzeit des Messgerätes muss bei dem vom Hersteller angegebenen Nennvolumendurchfluss bestimmt werden.

Der Probendurchfluss ist dementsprechend der Anforderung nach 8.4.2 (± 1 %) während der Prüfung konstant zu halten.

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 Bild 13. 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 38 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

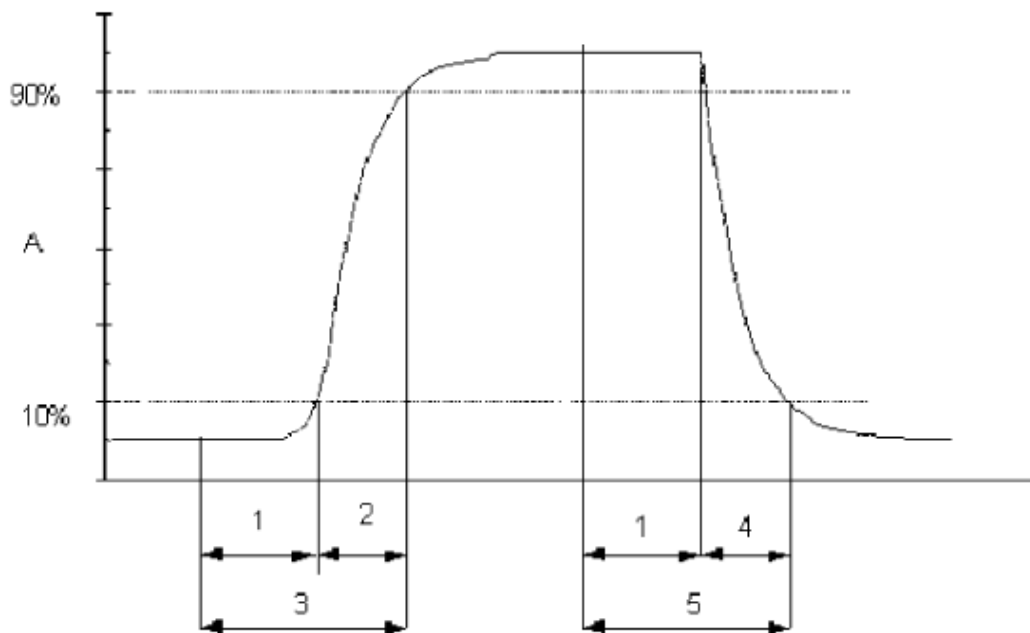
Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgerätes vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten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

Die relative Differenz der Einstellzeit wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$t_d = \left| \frac{t_r - t_f}{t_r} \right| \times 100\%$$

Mit  $t_d$  die relative Differenz zwischen Anstiegszeit und Abfallzeit  
 $t_r$  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 38: Veranschaulichung der Einstellzeit

### Durchführung der Prüfung

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine Mehrkomponentenmeseinrichtung. Soweit sie zur Erfassung mehrerer Komponenten eingesetzt wird, werden diese sequentiell gemessen. Die Einstellzeit bei dem angewandten Messverfahren wird, im Gegensatz zu herkömmlichen Monitoren, nicht durch Gaswege und Dämpfungseinstellungen bestimmt. Die Einstellzeit der Messeinrichtung wird maßgeblich durch die Anzahl der aktivierten Komponenten sowie der Messzeit pro Komponente bestimmt. Während der Eignungsprüfung waren 3 Komponenten aktiviert, die Messzeit pro Komponente betrug 30 Sekunden. Damit ergibt sich eine Gesamtzykluszeit von 90 Sekunden. Somit beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden. Die Gesamtmesszeit pro Stunde beträgt 20 Minuten je Stunde.

### **Auswertung**

Bedingt durch das Messverfahren, die eingestellte Messzeit sowie die Anzahl der gemessenen Komponenten beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden bei allen Komponenten.

### **Bewertung**

Die maximal zulässige Einstellzeit von 180 s wird mit einer maximalen Einstellzeit von 120 s unterschritten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## **B [NO] 8.4.4 Kurzzeitdrift**

*Kurzzeitdrift bei Null  $\leq 2,0$  nmol/mol/12h (entspricht 2 ppb/12h)*

*Kurzzeitdrift beim Span-Niveau  $\leq 6,0$  nmol/mol/12h (entspricht 6 ppb/12h)*

### **Prüfvorschriften**

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

$C_{Z,1}$  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.



## 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.

Die Messeinrichtung arbeitet nicht nach dem Referenzverfahren „Chemilumineszenz“ sondern mittels IR Absorptions Spektroskopie und misst daher direkt die Komponente NO<sub>2</sub>. Daher wurde der Messbereich sowie die jeweiligen Referenzgaskonzentrationen bei den einzelnen Tests gemäß EN 14211 auf umgerechnete „NO als NO<sub>2</sub>“-Konzentrationen bezogen (Faktor 1,53).

## Auswertung

Tabelle 122: Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[ppb]	[ppb]
C <sub>z,1</sub>	0,7	-0,1
C <sub>z,2</sub>	1,0	-0,2
D <sub>s,z</sub>	<b>0,3</b>	<b>-0,1</b>
Anforderung	2 ppb	2 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>
C <sub>s,1</sub>	1344,3	1346,3
C <sub>s,2</sub>	1345,6	1346,8
D <sub>s,s</sub>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>
Anforderung	6 ppb	6 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Nullpunkt ( $D_{s,z}$ )

Gerät 1 (1329): 0,3 ppb/12 h

Gerät 2 (1330): -0,1 ppb/12 h

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Spannpunkt ( $D_{s,s}$ )

Gerät 1 (1329): 0,9 ppb/12 h

Gerät 2 (1330): 0,6 ppb/12 h

Die Anforderungen zur Kurzzeitdrift werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja



### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind der Tabelle 123 und Tabelle 124 zu entnehmen.

*Tabelle 123: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift für Gerät 1 (1329)*

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,9	15:50	1344,6	3:05	0,9	3:50	1344,4
15:09	1,0	15:52	1344,8	3:07	1,1	3:52	1344,2
15:11	0,9	15:54	1342,9	3:09	1,1	3:54	1344,0
15:13	0,6	15:56	1345,0	3:11	1,1	3:56	1345,8
15:15	0,9	15:58	1344,8	3:13	1,2	3:58	1344,2
15:17	1,1	16:00	1345,0	3:15	1,0	4:00	1344,1
15:19	0,1	16:02	1346,0	3:17	1,1	4:02	1348,1
15:21	0,9	16:04	1346,3	3:19	1,1	4:04	1344,5
15:23	0,4	16:06	1341,7	3:21	1,1	4:06	1344,1
15:25	0,8	16:08	1346,1	3:23	1,1	4:08	1345,8
15:27	0,9	16:10	1343,7	3:25	1,2	4:10	1345,6
15:29	1,0	16:12	1342,8	3:27	0,9	4:12	1346,0
15:31	0,4	16:14	1343,6	3:29	0,9	4:14	1346,1
15:33	0,5	16:16	1343,5	3:31	0,8	4:16	1347,1
15:35	0,8	16:18	1344,3	3:33	0,8	4:18	1346,3
15:37	0,0	16:20	1343,5	3:35	1,0	4:20	1345,9
15:39	0,6	16:22	1345,3	3:37	0,8	4:22	1346,5
15:41	0,6	16:24	1343,5	3:39	1,1	4:24	1345,5
15:43	0,8	16:26	1343,2	3:41	1,0	4:26	1345,6
15:45	0,7	16:28	1346,4	3:43	0,7	4:28	1347,6
<b>Mittelwert</b>	<b>0,7</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>1344,3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>1,0</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>1345,6</b>

*Tabelle 124: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift für Gerät 2 (1330)*

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,2	15:50	1343,2	3:05	-0,2	3:50	1350,3
15:09	-0,5	15:52	1346,9	3:07	-0,2	3:52	1348,2
15:11	0,1	15:54	1343,8	3:09	-0,1	3:54	1347,2
15:13	-0,5	15:56	1345,4	3:11	-0,1	3:56	1344,0
15:15	-0,5	15:58	1343,9	3:13	0,2	3:58	1346,7
15:17	-0,4	16:00	1348,6	3:15	-0,1	4:00	1348,3
15:19	-0,3	16:02	1345,0	3:17	-0,2	4:02	1350,6
15:21	-0,3	16:04	1345,1	3:19	-0,1	4:04	1348,5
15:23	-0,4	16:06	1346,1	3:21	-0,1	4:06	1342,3
15:25	-0,4	16:08	1346,4	3:23	-0,2	4:08	1343,0
15:27	0,4	16:10	1346,7	3:25	-0,2	4:10	1345,8
15:29	0,3	16:12	1344,2	3:27	-0,1	4:12	1350,5
15:31	0,1	16:14	1348,6	3:29	-0,3	4:14	1348,6
15:33	0,0	16:16	1349,5	3:31	-0,2	4:16	1347,0
15:35	0,1	16:18	1346,5	3:33	-0,2	4:18	1347,8
15:37	0,1	16:20	1345,1	3:35	-0,4	4:20	1345,4
15:39	0,3	16:22	1348,0	3:37	0,0	4:22	1343,8
15:41	0,1	16:24	1349,5	3:39	-0,3	4:24	1345,7
15:43	0,3	16:26	1346,7	3:41	-0,4	4:26	1346,9
15:45	0,2	16:28	1347,0	3:43	0,1	4:28	1345,9
<b>Mittelwert</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>1346,3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>-0,2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>1346,8</b>

## B [NO] 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

*Wiederholstandardabweichung bei Null ≤ 1,0 nmol/mol (entspricht 1ppb)*

*Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ≤ 3 nmol/mol (entspricht 3 ppb)*

### Prüfvorschriften

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

### Durchführung der Prüfung

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



## Auswertung

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Prüfung der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14211 sind in Tabelle 125 aufgeführt.

*Tabelle 125: Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14211*

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		ppb	ppb	ppb	ppb
Anzahl	n	20	20	20	20
Mittelwert	x	0,2	930,1	0,0	929,6
<b>Standardabweichung</b>	<b>sr</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>
<b>Anforderung nach DIN EN 14211</b>	<b>ppb</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Anforderung erfüllt?</b>		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Beide Geräte halten die Mindestanforderung für die Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt ein.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 126 aufgeführt.

*Tabelle 126: Einzelwerte der Ermittlung der Wiederholstandardabweichung*

Labor		Nullpunkt		Labor		Referenzpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]			[ppb]	[ppb]
01.04.2009	22:40 - 22:55	0,3	0,1	01.04.2009	22:55 - 23:10	930,5	930,5
01.04.2009	23:10 - 23:25	0,2	0,2	01.04.2009	23:25 - 23:40	930,5	930,1
01.04.2009	23:40 - 23:55	0,2	0,0	01.04.2009	23:55 - 00:10	931,0	927,9
02.04.2009	00:10 - 00:25	0,2	0,0	02.04.2009	00:25 - 00:40	930,3	928,4
02.04.2009	00:40 - 00:55	0,3	0,1	02.04.2009	00:55 - 01:10	931,2	928,7
02.04.2009	01:10 - 01:25	0,2	0,1	02.04.2009	01:25 - 01:40	930,8	929,7
02.04.2009	01:40 - 01:55	0,2	0,1	02.04.2009	01:55 - 02:10	930,8	929,6
02.04.2009	02:10 - 02:25	0,2	0,1	02.04.2009	02:25 - 02:40	931,0	929,8
02.04.2009	02:40 - 02:55	0,2	-0,1	02.04.2009	02:55 - 03:10	930,7	929,9
02.04.2009	03:10 - 03:25	0,2	0,1	02.04.2009	03:25 - 03:40	930,6	930,0
02.04.2009	03:40 - 03:55	0,3	-0,1	02.04.2009	03:55 - 04:10	931,6	929,2
02.04.2009	04:10 - 04:25	0,2	-0,2	02.04.2009	04:25 - 04:40	931,1	930,1
02.04.2009	04:40 - 04:55	0,2	0,0	02.04.2009	04:55 - 05:10	931,0	930,4
02.04.2009	05:10 - 05:25	0,2	-0,1	02.04.2009	05:25 - 05:40	922,8	929,5
02.04.2009	05:40 - 05:55	0,1	-0,1	02.04.2009	05:55 - 06:10	929,9	930,0
02.04.2009	06:10 - 06:25	0,1	0,0	02.04.2009	06:25 - 06:40	926,4	931,3
02.04.2009	06:40 - 06:55	0,2	0,1	02.04.2009	06:55 - 07:10	929,4	930,2
02.04.2009	07:10 - 07:25	0,2	0,1	02.04.2009	07:25 - 07:40	930,5	930,1
02.04.2009	07:40 - 07:55	0,2	0,1	02.04.2009	07:55 - 08:10	931,0	927,9
02.04.2009	08:10 - 08:25	0,2	0,1	02.04.2009	08:25 - 08:40	930,3	928,4
Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>	Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>
Mittelwert		<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	Mittelwert		<b>930,1</b>	<b>929,6</b>
Standardabweichung		<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	Standardabweichung		<b>2,0</b>	<b>0,9</b>

## B [NO] 8.4.6 „Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression)

*„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression) 5 nmol/mol (entspricht 5 ppb) am Nullpunkt und ≤ 4 % des Messwertes am Referenzpunkt.*

### Prüfvorschriften

Der „lack of fit“ des Messgerätes 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 einzustellen. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) werden mindestens fünf unabhängige Messungen durchgeführt.

Die Konzentrationen werden in folgender Reihenfolge aufgegeben: 80 %, 40 %, 0 %, 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 B der DIN EN 14211 durchgeführt. Die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion müssen das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Der größte Wert der relativen Abweichungen wird als  $X_1$  angegeben und ist beim Nachweis der Erfüllung der Eignungsprüfungsanforderung 1 zu berücksichtigen. Der Wert der relativen Abweichung beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwertes ist bei der Berechnung der Eignungsprüfungsanforderungen 2 und 4 zu verwenden.

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  $Y_i = A + B * X_i$

$$A = a - B * X_z$$

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

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

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

Dabei ist:

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

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

M die Anzahl der Wiederholungen beim Konzentrationsniveau c

Die Abweichung jedes Mittelwertes ( $d_c$ ) bei jedem Konzentrationsniveau ist:

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

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

$$(d_r)_c = \frac{d_c}{c} \times 100\%$$

### **Durchführung der Prüfung**

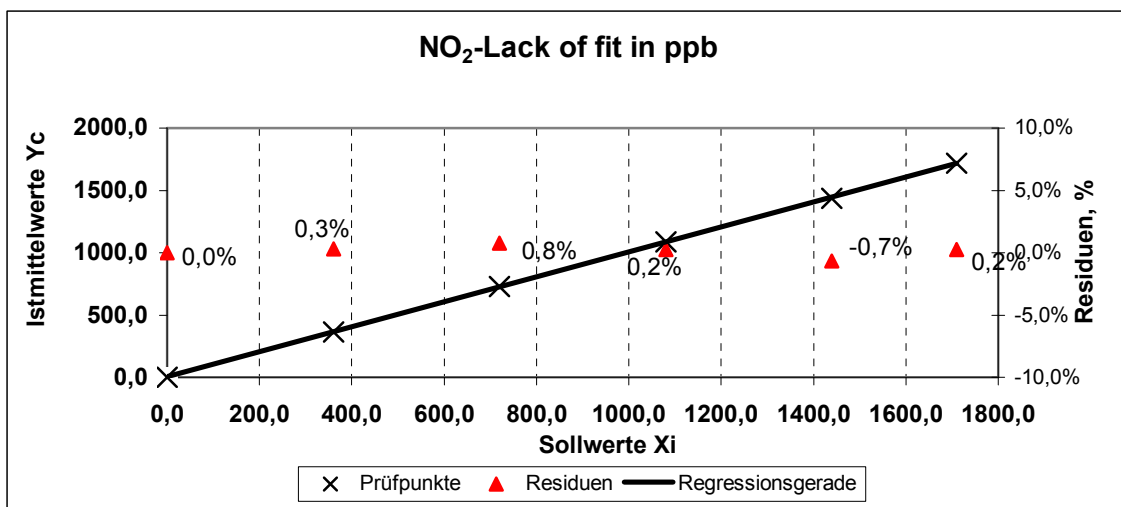
Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt.

## Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 39 und Abbildung 40 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für NO<sub>2</sub> graphisch und tabellarisch dargestellt.

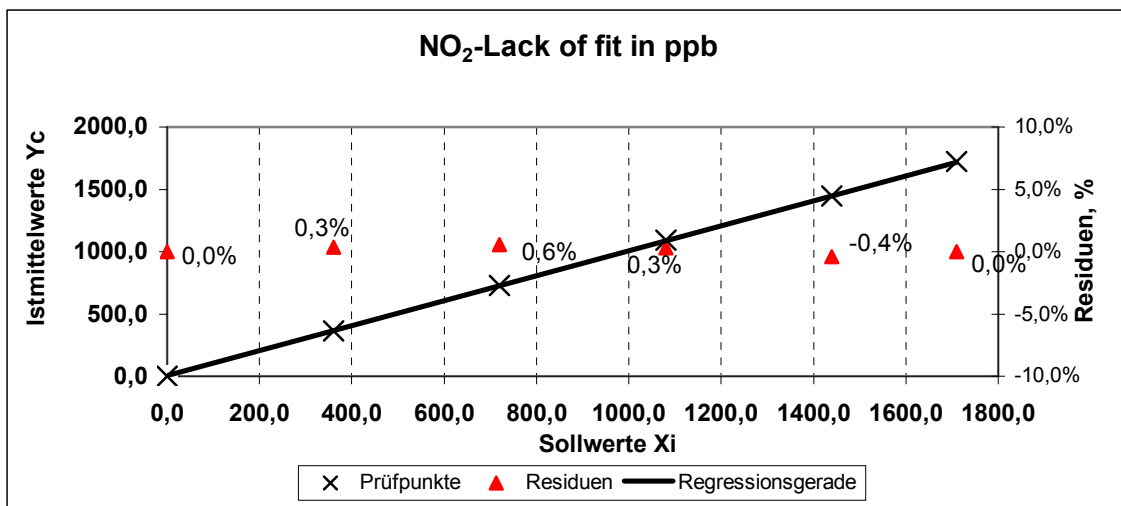
Linearitätsprüfung		Messbereich 1800 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>					
Stufen	NO <sub>2</sub>	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	1440,0	720,0	0,0	1080,0	360,0	1710,0
Istwert Yi 1	ppb	1429,4	728,0	1,0	1081,5	363,1	1717,1
Istwert Yi 2	ppb	1433,7	731,4	0,2	1086,3	373,5	1723,8
Istwert Yi 3	ppb	1437,2	731,1	0,5	1088,8	364,8	1722,3
Istwert Yi 4	ppb	1437,0	732,4	0,5	1089,4	365,2	1713,9
Istwert Yi 5	ppb	1442,2	728,7	0,3	1092,3	362,1	1721,5
Istmittelwert Yc	ppb	1435,9	730,3	0,5	1087,7	365,7	1719,7
Residuen dc	ppb	-9,50	5,47	-3,79	2,54	1,17	4,11
Residuen (d <sub>r</sub> ) <sub>c</sub>	%	-0,7%	0,8%	0,0%	0,2%	0,3%	0,2%



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messbereich.

Abbildung 39: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1, Komponente NO<sub>2</sub>

Linearitätsprüfung		Messbereich 1800 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>					
Stufen	NO <sub>2</sub>	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	1440,0	720,0	0,0	1080,0	360,0	1710,0
Istwert Yi 1	ppb	1433,8	730,4	0,5	1089,3	364,9	1721,7
Istwert Yi 2	ppb	1448,3	730,0	0,4	1091,2	367,0	1720,4
Istwert Yi 3	ppb	1448,2	732,2	0,5	1090,4	369,4	1715,6
Istwert Yi 4	ppb	1442,7	734,8	0,5	1093,2	366,8	1721,4
Istwert Yi 5	ppb	1445,3	725,9	0,2	1094,5	363,5	1726,3
Istmittelwert Yc	ppb	1443,7	730,7	0,4	1091,7	366,3	1721,1
Residuen dc	ppb	-5,97	4,04	-3,18	3,59	1,21	0,31
<b>Residuen (d<sub>r</sub>)<sub>c</sub></b>	<b>%</b>	<b>-0,4%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,3%</b>	<b>0,0%</b>



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messbereich.

Abbildung 40: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2, Komponente NO<sub>2</sub>

### Bewertung

Für Gerät 1 (1329) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,5 ppb am Nullpunkt und maximal 0,8 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Für Gerät 1 (1330) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,4 ppb am Nullpunkt und maximal 0,6 % 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

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 127 und Tabelle 128 zu finden.



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 193 von 509

Tabelle 127: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung Gerät 1 (1329)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	01.04.2009	15:40 - 15:55	1,0	0,0	1,0
1	01.04.2009	16:10 - 16:25	363,1	360,0	3,1
1	01.04.2009	15:25 - 15:40	728,0	720,0	8,0
1	01.04.2009	15:55 - 16:10	1081,5	1080,0	1,5
1	01.04.2009	15:10 - 15:25	1429,4	1440,0	-10,6
1	01.04.2009	16:25 - 16:40	1717,1	1710,0	7,1
2	01.04.2009	17:10 - 17:25	0,2	0,0	0,2
2	01.04.2009	17:40 - 17:55	373,5	360,0	13,5
2	01.04.2009	16:55 - 17:10	731,4	720,0	11,4
2	01.04.2009	17:25 - 17:40	1086,3	1080,0	6,3
2	01.04.2009	16:40 - 16:55	1433,7	1440,0	-6,3
2	01.04.2009	17:55 - 18:10	1723,8	1710,0	13,8
3	01.04.2009	18:40 - 18:55	0,5	0,0	0,5
3	01.04.2009	19:10 - 19:25	364,8	360,0	4,8
3	01.04.2009	18:25 - 18:40	731,1	720,0	11,1
3	01.04.2009	18:55 - 19:10	1088,8	1080,0	8,8
3	01.04.2009	18:10 - 18:25	1437,2	1440,0	-2,8
3	01.04.2009	19:25 - 19:40	1722,3	1710,0	12,3
4	01.04.2009	20:10 - 20:25	0,5	0,0	0,5
4	01.04.2009	20:40 - 20:55	365,2	360,0	5,2
4	01.04.2009	19:55 - 20:10	732,4	720,0	12,4
4	01.04.2009	20:25 - 20:40	1089,4	1080,0	9,4
4	01.04.2009	19:40 - 19:55	1437,0	1440,0	-3,0
4	01.04.2009	20:55 - 21:10	1713,9	1710,0	3,9
5	01.04.2009	21:40 - 21:55	0,3	0,0	0,3
5	01.04.2009	22:10 - 22:25	362,1	360,0	2,1
5	01.04.2009	21:25 - 21:40	728,7	720,0	8,7
5	01.04.2009	21:55 - 22:10	1092,3	1080,0	12,3
5	01.04.2009	21:10 - 21:25	1442,2	1440,0	2,2
5	01.04.2009	22:25 - 22:40	1721,5	1710,0	11,5



**Tabelle 128: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung Gerät 2 (1330)**

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	01.04.2009	15:40 - 15:55	0,5	0,0	0,5
1	01.04.2009	16:10 - 16:25	364,9	360,0	4,9
1	01.04.2009	15:25 - 15:40	730,4	720,0	10,4
1	01.04.2009	15:55 - 16:10	1089,3	1080,0	9,3
1	01.04.2009	15:10 - 15:25	1433,8	1440,0	-6,2
1	01.04.2009	16:25 - 16:40	1721,7	1710,0	11,7
2	01.04.2009	17:10 - 17:25	0,4	0,0	0,4
2	01.04.2009	17:40 - 17:55	367,0	360,0	7,0
2	01.04.2009	16:55 - 17:10	730,0	720,0	10,0
2	01.04.2009	17:25 - 17:40	1091,2	1080,0	11,2
2	01.04.2009	16:40 - 16:55	1448,3	1440,0	8,3
2	01.04.2009	17:55 - 18:10	1720,4	1710,0	10,4
3	01.04.2009	18:40 - 18:55	0,5	0,0	0,5
3	01.04.2009	19:10 - 19:25	369,4	360,0	9,4
3	01.04.2009	18:25 - 18:40	732,2	720,0	12,2
3	01.04.2009	18:55 - 19:10	1090,4	1080,0	10,4
3	01.04.2009	18:10 - 18:25	1448,2	1440,0	8,2
3	01.04.2009	19:25 - 19:40	1715,6	1710,0	5,6
4	01.04.2009	20:10 - 20:25	0,5	0,0	0,5
4	01.04.2009	20:40 - 20:55	366,8	360,0	6,8
4	01.04.2009	19:55 - 20:10	734,8	720,0	14,8
4	01.04.2009	20:25 - 20:40	1093,2	1080,0	13,2
4	01.04.2009	19:40 - 19:55	1442,7	1440,0	2,7
4	01.04.2009	20:55 - 21:10	1721,4	1710,0	11,4
5	01.04.2009	21:40 - 21:55	0,2	0,0	0,2
5	01.04.2009	22:10 - 22:25	363,5	360,0	3,5
5	01.04.2009	21:25 - 21:40	725,9	720,0	5,9
5	01.04.2009	21:55 - 22:10	1094,5	1080,0	14,5
5	01.04.2009	21:10 - 21:25	1445,3	1440,0	5,3
5	01.04.2009	22:25 - 22:40	1726,3	1710,0	16,3

## B [NO] 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

*Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss  $\leq 8,0$  nmol/mol/kPa (entspricht 8 ppb) betragen.*

### Prüfvorschriften

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

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

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probendruckes ergibt sich wie folgt:

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

Dabei ist:

$b_{gp}$  der Einfluss des Probengasdruckes

$C_{P1}$  der Mittelwert der Messung beim Probengasdruck  $P_1$

$C_{P2}$  der Mittelwert der Messung beim Probengasdruck  $P_2$

$P_1$  der Probengasdruck  $P_1$

$P_2$  der Probengasdruck  $P_2$

$b_{gp}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

Der Opsis AR500 analysiert den Stickstoffdioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Somit ist die Messeinrichtung einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

### Auswertung

Der Opsis AR500 analysiert den Stickstoffdioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Somit ist die Messeinrichtung einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.



Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Daraus ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes  $b_{gp}$ :

$b_{gp}$  Gerät 1329 = 0,00 ppb/kPa

$b_{gp}$  Gerät 1330 = 0,00 ppb/kPa

### **Bewertung**

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.

## B [NO] 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

*Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss  $\leq 3,0$  nmol/mol/K (entspricht 3 ppb/K) betragen.*

### 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:

$$b_{gt} = \frac{(C_{T2} - C_{T1})}{(T_2 - T_1)}$$

Dabei ist:

$b_{gt}$  der Einfluss des Probengasdruckes

$C_{T1}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_1$

$C_{T2}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_2$

$T_1$  die Probengastemperatur  $T_1$

$T_2$  die Probengastemperatur  $T_2$

$b_{gt}$  muss das oben genannte Leistungskriterium erfüllen

### Durchführung der Prüfung

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

Zur Prüfung wurde die Kalibrierbank in der Klimakammer aufgebaut. Die Analytoren wurden vor der Klimakammer platziert. Die Prüfung wurde zuerst bei 0 °C und dann bei 30 °C durchgeführt.

## Auswertung

Bei der Prüfung ergaben sich folgende Werte:

$b_{gt}$  Gerät 1329 = 0,026 ppb/K

$b_{gt}$  Gerät 1330 = -0,032 ppb/K

## Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur  $b_{gt}$  ist mit 0,026 für Gerät 1 (1329) und -0,032 für Gerät 2 (1330) kleiner als 1 ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die gemessenen Werte sind in Tabelle 129 angegeben.

*Tabelle 129: Einzelwerte der Prüfung zum Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur*

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[ppb]	[ppb]
01.10.2009	08:45 - 08:55	0	1.202,1	1.203,6
01.10.2009	08:55 - 09:05	0	1.201,1	1.204,2
01.10.2009	09:05 - 09:15	0	1.202,9	1.205,3
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T1</sub></b>	<b>1.202,0</b>	<b>1.204,4</b>
01.10.2009	17:00 - 17:10	30	1.202,6	1.202,4
01.10.2009	17:10 - 17:20	30	1.203,4	1.203,6
01.10.2009	17:20 - 17:30	30	1.202,4	1.204,2
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T2</sub></b>	<b>1.202,8</b>	<b>1.203,4</b>

## B [NO] 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

*Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur  $\leq 3,0$  nmol/mol/K (entspricht 3 ppb/K)*

### Prüfvorschriften

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

- 1) der niedrigsten Temperaturen  $T_{\min} = 273$  K;
- 2) der Labortemperatur  $T_1 = 293$  K;
- 3) der höchsten Temperatur  $T_{\max} = 303$  K;

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

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

Die Messungen werden bezüglich der Temperatur in folgender Reihenfolge durchgeführt:

$T_1, T_{\min}, T_1$  und  $T_1, T_{\max}, T_1$

Bei der ersten Temperatur ( $T_1$ ) wird das Messgerät bei Null- und Span-Niveau (70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches) eingestellt. Dann werden nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei  $T_1, T_{\min}$  und wieder bei  $T_1$  durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird bei der Temperaturfolge  $T_1, T_{\max}$  und  $T_1$  wiederholt.

Um eine auf andere Faktoren als die Temperatur zurückgehende Drift auszuschließen, werden die Messungen bei  $T_1$  gemittelt; diese Mittelung wird in der folgenden Gleichung zur Berechnung des Einflusses der Umgebungstemperatur berücksichtigt:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T - T_1} \right|$$

Dabei ist:

- $b_{st}$  die Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur (ppb)
- $x_T$  der Mittelwert der Messungen bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (ppb)
- $x_1$  der erste Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $x_2$  der zweite Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $T_1$  die Umgebungstemperatur im Labor (K)
- $T$  die Umgebungstemperatur  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (K)



Für die Dokumentation der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird der höhere der Werte der Temperaturabhängigkeit bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  gewählt.

$b_{st}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

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

### Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur

*Tabelle 130: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 1 (1329)*

	T	Mittelwert Gerät 1329	ermitteltes $b_{st}$	erlaubtes $b_{st}$	Kriterium erfüllt? DIN EN 14211
	[°C]	[ppb]	[ppb/K]	[ppb/K]	
$T_1$	20	0,04			
$T_{\min}$	0	-0,04	0,01	1	ja
$T_1$	20	0,09			
$T_1$	20	0,09			
$T_{\max}$	30	0,17	0,01	1	ja
$T_1$	20	0,05			

*Tabelle 131: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 2 (1330)*

	T	Mittelwert Gerät 1330	ermitteltes $b_{st}$	erlaubtes $b_{st}$	Kriterium erfüllt? DIN EN 14211
	[°C]	[ppb]	[ppb/K]	[ppb/K]	
$T_1$	20	0,05			
$T_{\min}$	0	-0,09	0,01	1	ja
$T_1$	20	-0,01			
$T_1$	20	-0,01			
$T_{\max}$	30	0,14	0,01	1	ja
$T_1$	20	-0,02			

Wie in Tabelle 130 und Tabelle 131 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt die Leistungsanforderungen.



**Tabelle 132:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 1 (1329)

	T	Mittelwert Gerät 1329 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14211
	[°C]				
T <sub>1</sub>	20	1201,0			
T <sub>min</sub>	0	1202,8	-0,05	1	ja
T <sub>1</sub>	20	1202,6			
T <sub>1</sub>	20	1202,6			
T <sub>max</sub>	30	1202,8	0,04	1	ja
T <sub>1</sub>	20	1202,2			

**Tabelle 133:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 2 (1330)

	T	Mittelwert Gerät 1330 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14211
	[°C]				
T <sub>1</sub>	20	1203,6			
T <sub>min</sub>	0	1202,8	0,00	1	ja
T <sub>1</sub>	20	1202,0			
T <sub>1</sub>	20	1202,0			
T <sub>max</sub>	30	1202,8	0,00	1	ja
T <sub>1</sub>	20	1203,7			

Wie in Tabelle 132 und Tabelle 133 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt die Leistungsanforderungen.

### Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 3 ppb/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) = -0,05 ppb/K und für Gerät 2 (1330) = 0,00 ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind in Tabelle 134 aufgeführt.



*Tabelle 134: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur*

Datum	Nullpunkt				Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
28.09.2009	08:10 - 08:20	20	0,1	0,1	08:30 - 08:40	20	1200,6	1204,6
28.09.2009	08:50 - 09:00	20	0,0	0,1	09:10 - 09:20	20	1200,8	1204,1
28.09.2009	09:30 - 09:40	20	0,1	0,0	09:50 - 10:00	20	1201,6	1202,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1201,0</b>	<b>1203,6</b>
28.09.2009	16:00 - 16:10	0	0,1	-0,1	16:20 - 16:30	0	1204,5	1201,3
28.09.2009	16:40 - 16:50	0	-0,1	-0,1	17:00 - 17:10	0	1201,6	1202,6
28.09.2009	17:20 - 17:30	0	0,0	0,0	17:40 - 17:50	0	1202,4	1204,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1202,8</b>	<b>1202,8</b>
29.09.2009	07:30 - 07:40	20	0,3	-0,1	07:50 - 08:00	20	1201,5	1201,3
29.09.2009	08:10 - 08:20	20	0,0	0,0	08:30 - 08:40	20	1202,3	1201,3
29.09.2009	08:50 - 09:00	20	0,0	0,2	09:10 - 09:20	20	1204,1	1203,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1202,6</b>	<b>1202,0</b>
29.09.2009	16:00 - 16:10	30	0,1	0,1	16:20 - 16:30	30	1201,0	1204,6
29.09.2009	16:40 - 16:50	30	0,2	0,1	17:00 - 17:10	30	1203,4	1202,5
29.09.2009	17:20 - 17:30	30	0,3	0,3	17:40 - 17:50	30	1204,1	1201,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1202,8</b>	<b>1202,8</b>
30.09.2009	07:50 - 08:00	20	0,1	-0,1	08:10 - 08:20	20	1204,1	1203,6
30.09.2009	08:30 - 08:40	20	0,0	0,1	08:50 - 09:00	20	1201,3	1204,8
30.09.2009	09:10 - 09:20	20	0,0	0,0	09:30 - 09:40	20	1201,3	1202,6
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>1202,2</b>	<b>1203,7</b>

## B [NO] 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung

*Empfindlichkeitskoeffizient der el. Spannung  $\leq 0,30$  nmol/mol/V (entspricht 0,3 ppb/V)*

### 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:

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

Dabei ist:

$b_v$  der Einfluss der 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 Span-Niveau zu wählen.

$b_v$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

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

### Auswertung

Es ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten:

$b_v$  Gerät 1329 RP: -0,021 (ppb/V)

$b_v$  Gerät 1330 RP: 0,073 (ppb/V)



### Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung  $b_v$  überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14211 von maximal 0,3 ppb/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte  $b_v$  gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) = -0,021 ppb/V und für Gerät 2 (1330) = 0,073 ppb/V.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 135 und Tabelle 136 dargestellt.

Tabelle 135: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Nullpunkt

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Nullgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	14:00 - 14:10	0,2	0,4
02.10.2009	14:20 - 14:30	0,4	0,2
02.10.2009	14:40 - 14:50	0,1	0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>0,2</b>	<b>0,3</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	14:10 - 14:20	0,4	0,2
02.10.2009	14:30 - 14:40	0,4	0,1
02.10.2009	14:50 - 15:00	0,5	0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,4</b>	<b>0,1</b>

Tabelle 136: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Referenzpunkt

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	15:10 - 15:20	1102,0	1099,5
02.10.2009	15:30 - 15:40	1106,0	1102,4
02.10.2009	15:50 - 16:00	1104,0	1108,7
<b>Mittelwert</b>		<b>1104,0</b>	<b>1103,5</b>
<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	15:20 - 15:30	1102,0	1103,6
02.10.2009	15:40 - 15:50	1108,0	1110,1
02.10.2009	16:00 - 16:10	1099,8	1104,6
<b>Mittelwert</b>		<b>1103,3</b>	<b>1106,1</b>

## B [NO] 8.4.11 Störungen

*Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration  $c_t$  (beim Niveau des 1-Stunden Grenzwerts). Die erlaubte Abweichung für die Komponente NO ist mit  $\leq 5$  nmol/mol (entspricht 5 ppb) für die Störkomponenten H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> sowie  $\leq 2,0$  nmol/mol (entspricht 2 ppb) für die Störkomponente Ozon.*

### Prüfbedingungen

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

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von kleiner als 5 % aufweisen und auf nationale Standards rückführbar sein. Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in Tabelle 137 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 Span-Niveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 137 angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch wird eine unabhängige Messung, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird mit einem Gemisch der Messgröße bei der Konzentration  $c_t$  und der zu untersuchenden Störkomponente wiederholt. Die Einflussgröße bei Null und der Konzentration  $c_t$  ist:

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

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

Dabei ist:

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

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

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14211 durchgeführt. Die Geräte wurden bei Null und der Konzentration  $c_t$  (ca. 750 nmol/mol NO<sub>2</sub>) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben. Es wurden die in Tabelle 137 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft.

Tabelle 137: Störkomponenten nach DIN EN 14211

Störkomponente	Wert
CO <sub>2</sub>	500 µmol/mol
NH <sub>3</sub>	200 nmol/mol
O <sub>3</sub>	200 nmol/mol

Aufgrund des Messaufbaus im Labor war eine Untersuchung der Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf (90 % relative Feuchte) nicht möglich. Die Feuchte ließ sich im Labortest nicht einstellen, da keine beheizte Messstrecke zur Verfügung stand. Im Feldtest konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 100 % kein Einfluss auf die Messgenauigkeit beobachtet werden. Die Luftfeuchtigkeit wurde während des Feldtests aufgezeichnet und ist in Abbildung 41 dargestellt.

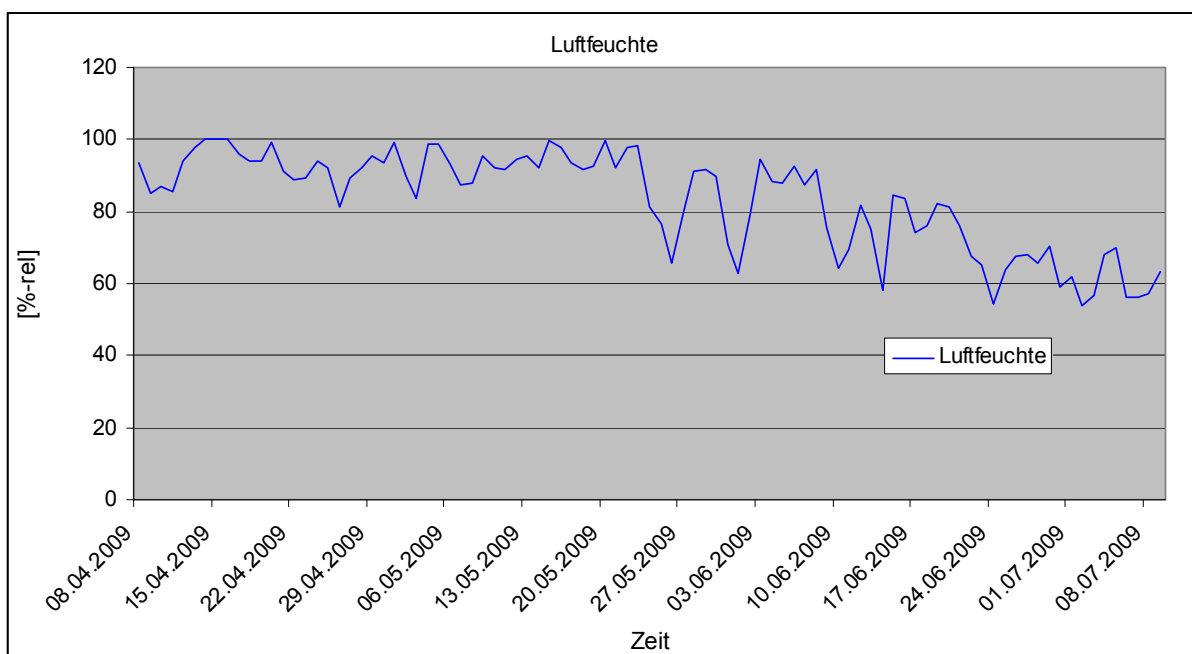


Abbildung 41: Luftfeuchtigkeit während des Feldtests

## Auswertung

In der folgenden Übersicht sind die Einflussgrößen der verschiedenen Störkomponenten aufgelistet.

Tabelle 138: Einfluss der geprüften Störkomponenten ( $c_t = 760$  ppb)

		Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
<b>CO<sub>2</sub></b>	X <sub>z</sub>	-0,1	0,2
	<b>X<sub>int,z</sub></b>	<b>-0,1</b>	<b>0,2</b>
	X <sub>ct</sub>	761,4	762,6
	<b>X<sub>int,ct</sub></b>	<b>1,4</b>	<b>2,6</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>O<sub>3</sub></b>	X <sub>z</sub>	0,1	0,0
	<b>X<sub>int,z</sub></b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
	X <sub>ct</sub>	762,2	762,2
	<b>X<sub>int,ct</sub></b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>
Maximal erlaubte Abweichung		2	2
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>NH<sub>3</sub></b>	X <sub>z</sub>	-0,4	0,3
	<b>X<sub>int,z</sub></b>	<b>-0,4</b>	<b>0,3</b>
	X <sub>ct</sub>	762,3	760,4
	<b>X<sub>int,ct</sub></b>	<b>2,3</b>	<b>0,4</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>

$c_t = 760$  ppb

## Bewertung

Die Querempfindlichkeit der NO- Messung gegen CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> und NH<sub>3</sub> liegt innerhalb der geforderten Unsicherheiten.

Aufgrund des Messaufbaus im Labor war eine Untersuchung der Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf (90 % relative Feuchte) nicht möglich. Im Feldtest konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 100 % kein Einfluss auf die Messgenauigkeit beobachtet werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind der Prüfung sind in Tabelle 139 aufgeführt.

Tabelle 139: Einzelwerte der Prüfung zur Querempfindlichkeit

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Nullgas + O<sub>3</sub> (200 nmol/mol)</b>			
09.07.2008	13:35 - 13:40	0,2	0,1
09.07.2008	13:45 - 13:50	0,1	-0,3
09.07.2008	13:55 - 14:00	0,1	0,3
<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
<b>Prüfgas + O<sub>3</sub> (200 nmol/mol)</b>			
09.07.2008	13:40 - 13:45	762,3	762,3
09.07.2008	13:50 - 13:55	761,4	763,4
09.07.2008	14:00 - 14:05	762,8	761,0
<b>Mittelwert</b>		<b>762,2</b>	<b>762,2</b>
<b>Nullgas + CO<sub>2</sub> (500 µmol/mol)</b>			
09.07.2008	13:00 - 13:05	0,0	0,2
09.07.2008	13:10 - 13:15	-0,1	0,2
09.07.2008	13:20 - 13:25	-0,1	0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,2</b>
<b>Prüfgas + CO<sub>2</sub> (500 µmol/mol)</b>			
09.07.2008	13:05 - 13:10	761,0	762,5
09.07.2008	13:15 - 13:20	760,4	764,1
09.07.2008	13:25 - 13:30	762,8	761,2
<b>Mittelwert</b>		<b>761,4</b>	<b>762,6</b>
<b>Nullgas + NH<sub>3</sub> (200 nmol/mol)</b>			
09.07.2008	14:05 - 14:10	-0,2	0,1
09.07.2008	14:15 - 14:20	-0,3	0,1
09.07.2008	14:25 - 14:30	-0,7	0,6
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>0,3</b>
<b>Prüfgas + NH<sub>3</sub> (200 nmol/mol)</b>			
09.07.2008	14:10 - 14:15	761,1	759,0
09.07.2008	14:20 - 14:25	762,3	758,6
09.07.2008	14:30 - 14:35	763,5	763,5
<b>Mittelwert</b>		<b>762,3</b>	<b>760,4</b>



## B [NO] 8.4.12 Mittelungsprüfung

*Mittelungseinfluss muss bei ≤ 7 % des Messwertes liegen.*

### Prüfbedingungen

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

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

- eine konstante NO<sub>2</sub> 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:

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

Dabei ist:

$X_{av}$  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

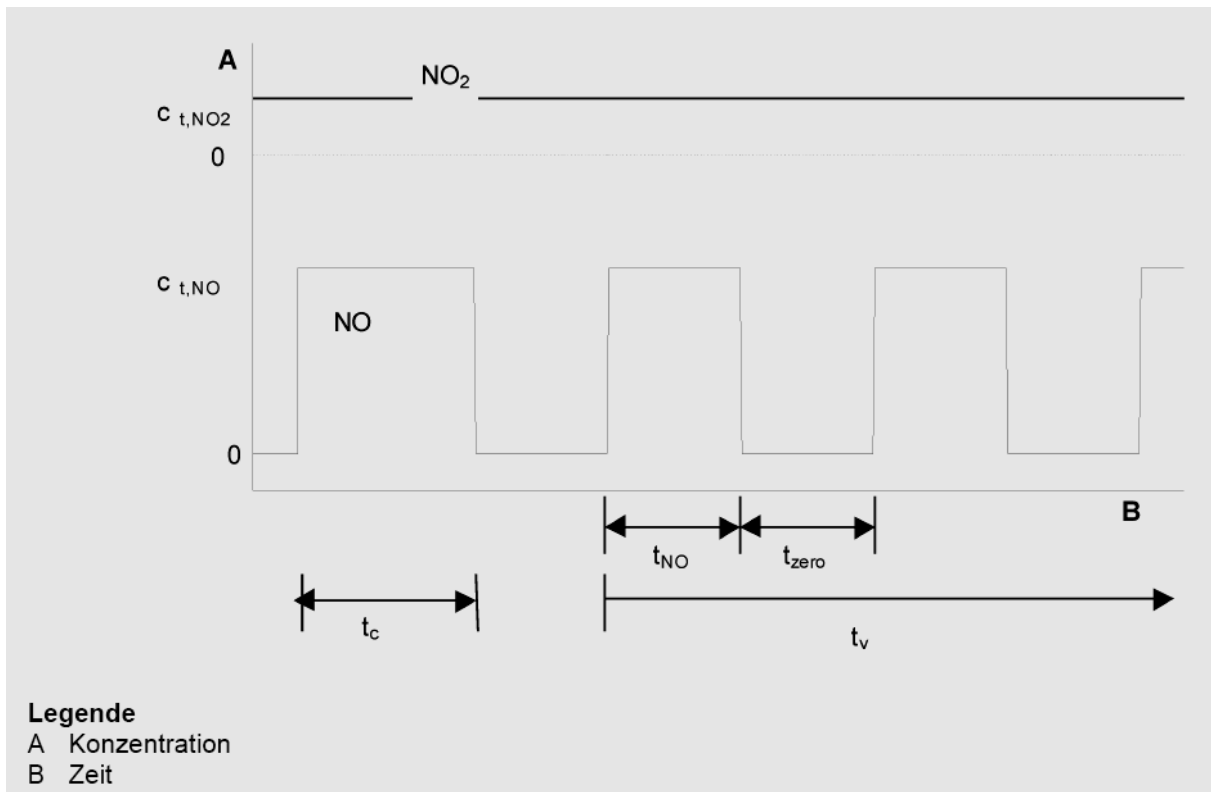


Abbildung 42: Konzentrationsänderung für die Prüfung des Mittelungseinflusses ( $t_{NO} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$ )

### Durchführung der Prüfung

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14211 durchgeführt. Zuerst wurde bei einer konstanten Prüfgaskonzentration der Mittelwert gebildet. Danach wurde mit Hilfe eines Dreiwegeventils im 45 s Takt zwischen Null und Prüfgas hin und her geschaltet. Über die Zeit der wechselnden Prüfgasaufgabe wurde ebenfalls der Mittelwert gebildet.

Da die Messeinrichtung direkt NO<sub>2</sub> misst, wurde die Prüfung bei etwa dem Doppelten des 1-Stunden-Grenzwertes von NO<sub>2</sub> (104,6 ppb) durchgeführt

### Auswertung

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Konstanter Mittelwert		Variabler Mittelwert	
Gerät 1 (1329)	200,4 ppb	Gerät 1 (1329)	100,8 ppb
Gerät 2 (1330)	201,6 ppb	Gerät 2 (1330)	101,1 ppb

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1 (1329): -0,6 %

Gerät 2 (1330): -0,3 %

## Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14211 wird in vollem Umfang eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 140: Einzelwerte der Mittelungsprüfung nach DIN EN 14211*

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
<b>Messung (const)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
Messung 1	200,1	201,4
Messung 2	200,4	201,9
Messung 3	200,9	201,6
Messung 4	200,0	201,5
<b>Mittelwert C (const)</b>	<b>200,4</b>	<b>201,6</b>
<b>Messung (var)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
conz. fallend	201,4	202,1
conz. steigend	0,8	0,1
conz. fallend	200,9	202,2
conz. steigend	0,4	0,0
conz. fallend	200,8	201,4
conz. steigend	0,6	0,3
conz. fallend	201,0	202,0
conz. steigend	0,2	0,4
<b>Mittelwert C (var)</b>	<b>100,8</b>	<b>101,1</b>
<b>Mittlungsfehler X<sub>av</sub> [%]</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,3</b>
erlaubter Fehler	7%	7%
Status	bestanden	bestanden

**B [NO] 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang**

*Differenz Proben-/Kalibrieringang ≤ 1,0 %*

**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:

$$D_{SC} = \frac{x_s - x_c}{c_t} \times 100$$

Dabei ist

- $D_{SC}$  die Differenz Proben-/Kalibrieringang
- $x_s$  der Mittelwert der Messungen über den Probeneingang
- $x_c$  der Mittelwert der Messungen über den Kalibrieringang
- $c_t$  die Konzentration des Prüfgases

$D_{SC}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

**Durchführung der Prüfung**

Da die Messeinrichtung die Messgasproben über eine lange Messwegstrecke (320 m während des Feldtests) ermittelt, konnte kein Vergleich zwischen dem Probenweg und der Kalibriervorrichtung ermittelt werden. Da die Kalibriervorrichtung der Messeinrichtung korrekt arbeitet, konnte bei Vergleichsmessungen mit bereits nach EN14211 zertifizierten Messeinrichtungen dargestellt werden. Die Ergebnisse befinden sich im Anhang E.

**Auswertung**

Hier nicht erforderlich.

**Bewertung**

Nicht zutreffend. In der Berechnung der Gesamtunsicherheit wird  $D_{SC} = 0,0$  angenommen.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

**Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## B [NO] 8.4.14 Konverterwirkungsgrad

*Konverterwirkungsgrad ≥ 98 %*

### Prüfvorschriften

Der Konverterwirkungsgrad wird über Messungen mit bekannten NO<sub>2</sub> Konzentrationen bestimmt. Dies kann durch Gasphasentitration von NO zu NO<sub>2</sub> mit Ozon erfolgen.

Die Prüfung ist bei zwei Konzentrationsniveaus durchzuführen: bei 50 % und bei 95 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches von NO<sub>2</sub>.

Das NO<sub>x</sub> Messgerät ist über den NO- und NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> Kanal durchgeführt. NO wird dann zur Erzeugung einer NO<sub>2</sub> Konzentration mit O<sub>3</sub> umgesetzt. Dieses Gemisch mit einer konstanten NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> Kanal durchgeführt. Die O<sub>3</sub> 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<sub>x</sub>-Kanal geprüft, ob er gleich den ursprünglichen Werten ist, wobei eine Abweichung von 1 % zulässig ist.

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<sub>x</sub>-Kanal bei der anfänglichen NO<sub>x</sub>-Konzentration
- $(NO_x)_f$  der Mittelwert der vier Einzelmessungen am NO<sub>x</sub> Kanal bei der sich einstellenden NO<sub>x</sub>-Konzentration nach Zugabe von O<sub>3</sub>
- $(NO)_i$  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 O<sub>3</sub>

Der niedrigere der beiden Werte für den Konverterwirkungsgrad ist anzugeben.



### **Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtung benötigt keinen Konverter.

### **Auswertung**

Die Messeinrichtung benötigt keinen Konverter.

Hier nicht notwendig.

### **Bewertung**

Die Messeinrichtung benötigt keinen Konverter.

Hier nicht notwendig.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## B [NO] 8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzten Materialien und der Ausrüstung muss die Anforderungen der DIN EN 14211 erfüllen.

Bei der Prüfung im Feld werden zwei Messgeräte über eine Zeitspanne von 3 Monaten hinsichtlich Verfügbarkeit (Kontrollintervall), Vergleichpräzision im Feld und Langzeitdrift geprüft. Die Messgeräte werden parallel an ein und derselben Probenahmestelle an einer ausgewählten Messstation unter spezifischen Außenluftbedingungen betrieben.

### Auswahl der Messstation

Die Auswahl der Messstation beruht auf folgenden Kriterien:

Ort:

- periurbane oder ländliche Station
- Einrichtung der Messstation
- ausreichende Kapazität des Probengasverteilers
- genügend Platz, um zwei Messgeräte mit Prüfgasen und/oder Kalibriereinrichtungen unterzubringen
- Kontrolle der Umgebungstemperatur der Messgeräte bei  $20\text{ °C} \pm 4\text{ °C}$  mit Temperaturofzeichnung
- stabile elektrische Spannung.

Weitere mögliche Kriterien:

- Telemetrie/Telefoneinrichtung zur Fernüberwachung der Einrichtung
- Zugänglichkeit.

### Betriebsanforderungen

Nach dem Einbau der Messgeräte in der Messstation ist deren korrekter Betrieb zu prüfen. Dies umfasst unter anderem den korrekten Anschluss am Probengasverteiler, Probengasflüsse, richtige Temperaturen zum Beispiel der Reaktionskammern, Signal gegenüber Null- und Spangas, Datenübertragung und andere Punkte, die von der benannten Stelle als notwendig beurteilt werden.

Nach Feststellung des korrekten Betriebs werden die Messgeräte auf Null abgeglichen und bei einem Wert von etwa 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches kalibriert.

Während der 3-Monats-Zeitspanne müssen die Anforderungen des Geräteherstellers hinsichtlich der Wartung erfüllt werden.

Messungen mit Null- und Spangas sind alle 2 Wochen durchzuführen. Die Konzentration  $c_t$  des Spangases muss etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches betragen. Bei Null und dem Konzentrationsniveau  $c_t$  werden eine unabhängige Messung und danach vier Einzelmessungen durchgeführt und die Messergebnisse aufgezeichnet.



Um die Verunreinigung des Filters bei der Bestimmung der Drift des Messgerätes auszuschließen, werden Null- und Spangas ohne Passage durch das Filter auf das Messgerät aufgegeben.

Um zu vermeiden, dass die Filterbelegung die Ergebnisse des Vergleichs der beiden Messgeräte beeinflusst, und um sicherzustellen, dass die Filterbelegung nicht die Qualität der Messdaten beeinträchtigt, ist das Filter direkt vor jeder zweiwöchentlichen Kalibrierung auszuwechseln. Filter, die bereits im Labor mit NO/NO<sub>2</sub>-Gasmischungen konditioniert wurden, sind zu verwenden.

Während der Prüfzeitspanne von drei Monaten dürfen an den Messgeräten keine Null- und Spangaseinstellungen durchgeführt werden, da dies die Bestimmung der Langzeitdrift beeinflussen würde. Die Messdaten des Messgerätes dürfen unter Annahme einer linearen Drift seit der letzten Null- und Spanprüfung nur mathematisch korrigiert werden.

Falls das Gerät über eine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion verfügt, kann diese während der Feldprüfung außer Funktion gesetzt werden. Die Größe der Eigenkorrektur muss für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Auto-Null und der Auto-Drift-Korrekturen über das Kontrollintervall (Langzeitdrift) unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.



## B [NO] 8.5.4 Langzeitdrift

*Langzeitdrift bei Null  $\leq 5,0$  nmol/mol (entspricht 5 ppb)*

*Langzeitdrift beim Span-Niveau  $\leq 5$  % des Zertifizierungsbereiches (entspricht 48,0 ppb bei einem Messbereich von 0 bis 960 ppb)*

### Prüfvorschriften

Nach jeder zweiwöchigen Kalibrierung ist die Drift der in der Prüfung befindlichen Messgeräte bei Null und beim Span-Niveau 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 Span-Niveau 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 Span-Niveau durchgeführt (nach einer Wartezeit, die einer unabhängigen Messung entspricht).

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

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

Dabei ist:

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

$C_{Z,1}$  der Mittelwert der Messungen bei Null zu Beginn der Driftzeitspanne

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

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

$$D_{L,S} = \frac{(C_{S,2} - C_{S,1}) - D_{L,Z}}{C_{S,1}} \times 100$$

Dabei ist:

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

$C_{S,1}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{S,2}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau am Ende der Driftzeitspanne

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



### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde so durchgeführt, dass alle 2 Wochen Prüfgas aufgegeben wurde. In Tabelle 141 und Tabelle 142 sind die gefundenen Messwerte der zweiwöchentlichen Prüfungsaufgaben angegeben.

### Auswertung

Tabelle 141: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt Komponente NO<sub>2</sub>

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
C <sub>Z,1</sub> 08.04.2009	0,22	-0,02
C <sub>Z,2</sub> 14.04.2009	0,6	0,6
<b>D<sub>L,Z</sub> 14.04.2009</b>	<b>0,38</b>	<b>0,62</b>
C <sub>Z,2</sub> 28.04.2009	0,2	0,8
<b>D<sub>L,Z</sub> 28.04.2009</b>	<b>-0,02</b>	<b>0,82</b>
C <sub>Z,2</sub> 11.05.2009	0,8	1,4
<b>D<sub>L,Z</sub> 11.05.2009</b>	<b>0,58</b>	<b>1,42</b>
C <sub>Z,2</sub> 15.05.2009	-1,2	1,2
<b>D<sub>L,Z</sub> 15.05.2009</b>	<b>-1,42</b>	<b>1,22</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.06.2009	0,3	1,6
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.06.2009</b>	<b>0,08</b>	<b>1,62</b>
C <sub>Z,2</sub> 25.06.2009	1,6	0,4
<b>D<sub>L,Z</sub> 25.06.2009</b>	<b>1,38</b>	<b>0,42</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.07.2009	0,5	1,1
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.07.2009</b>	<b>0,28</b>	<b>1,12</b>

**Tabelle 142: Ergebnisse der Langzeitdrift am Spanpunkt Komponente NO<sub>2</sub>**

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
C <sub>S,1</sub> 08.04.2009	1140,8	1141,1
C <sub>S,2</sub> 14.04.2009	1143,6	1143,6
<b>D<sub>L,S</sub> 14.04.2009</b>	<b>0,21%</b>	<b>0,16%</b>
C <sub>S,2</sub> 28.04.2009	1145,7	1145,8
<b>D<sub>L,S</sub> 28.04.2009</b>	<b>0,43%</b>	<b>0,34%</b>
C <sub>S,2</sub> 11.05.2009	1138,3	1146,9
<b>D<sub>L,S</sub> 11.05.2009</b>	<b>-0,27%</b>	<b>0,38%</b>
C <sub>S,2</sub> 15.05.2009	1137,2	1145,0
<b>D<sub>L,S</sub> 15.05.2009</b>	<b>-0,19%</b>	<b>0,23%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.06.2009	1136,4	1141,3
<b>D<sub>L,S</sub> 09.06.2009</b>	<b>-0,39%</b>	<b>-0,12%</b>
C <sub>S,2</sub> 25.06.2009	1140,9	1147,2
<b>D<sub>L,S</sub> 25.06.2009</b>	<b>-0,11%</b>	<b>0,50%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.07.2009	1143,8	1146,2
<b>D<sub>L,S</sub> 09.07.2009</b>	<b>0,24%</b>	<b>0,35%</b>

### Bewertung

Es ergeben sich Langzeitdriften der Komponente NO<sub>2</sub> von maximal -1,42 ppb am Nullpunkt und 0,43 % des Zertifizierungsbereiches für Gerät 1 (1329) und von maximal 1,62 ppb am Nullpunkt und 0,50 % des Zertifizierungsbereiches am Referenzpunkt für Gerät 2 (1330).

Das Leistungskriterium nach DIN EN 14211 wird erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

**Tabelle 143: Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift nach DIN EN 14211**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	Nullpunkt			Referenzpunkt		
	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]
08.04.2009	13:30	0,2	0	14:30	1140,0	1142,1
08.04.2009	13:35	0,4	0	14:35	1141,3	1141,0
08.04.2009	13:40	0,3	-0,1	14:40	1141,2	1140,5
08.04.2009	13:45	0,1	0	14:45	1140,8	1140,6
08.04.2009	13:50	0,1	0	14:50	1140,7	1141,3
<b>Mittelwert</b>		<b>0,22</b>	<b>-0,02</b>		<b>1140,8</b>	<b>1141,1</b>
14.04.2009	10:31	0,6	0,6	11:20	1143,6	1143,6
28.04.2009	08:40	0,2	0,8	10:15	1145,7	1145,8
11.05.2009	09:25	0,8	1,4	10:20	1138,3	1146,9
15.05.2009	11:55	-1,2	1,2	12:40	1137,2	1145,0
09.06.2009	09:20	0,3	1,6	10:40	1136,4	1141,3
25.06.2009	09:25	1,6	0,4	10:20	1140,9	1147,2
09.07.2009	12:10	0,5	1,1	13:40	1143,8	1146,2



## B [NO] 8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen

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

### Prüfvorschriften

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

Die Differenz  $d_f$  für jede  $i$ -te Parallelmessung ist:

$$d_{f,i} = (x_{1,f})_i - (x_{2,f})_i$$

Dabei ist:

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

$(x_{2,f})_i$  das  $i$ -te Messergebnis von Messgerät 2 zu selben Zeit wie Messgerät 1

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) ist:

$$s_{r,f} = \frac{\left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{f,i}^2}{2n}} \right)}{av} \times 100$$

Dabei ist:

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

$n$  die Anzahl der Parallelmessungen

$av$  der Mittelwert in der Feldprüfung

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

## Durchführung der Prüfung

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

## Auswertung

Tabelle 144: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung auf Basis aller Daten aus dem Feldtest

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest				
Stichprobenumfang	n	=	2232	
Mittelwert beider Geräte		=	11,34	ppb
Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	sd	=	0,283	
<b>Vergleichsstandardabweichung (%)</b>	<b>Sr,f</b>	<b>=</b>	<b>4,72</b>	<b>%</b>

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 4,72 % des Mittelwertes.

## Bewertung

Die Anforderungen der DIN EN 14211 werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



## **B [NO] 8.5.6 Kontrollintervall**

*Wartungsintervall mindestens 14 Tage*

### **Prüfvorschriften**

Das Kontrollintervall ist die Zeitspanne, in der die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt, sofern nicht der Gerätehersteller eine kürzere Zeitspanne festlegt. Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, ist die Feldprüfung neu zu starten, um festzustellen, ob die Fehlfunktion zufällig war oder auf einen Gerätefehler zurückzuführen ist.

### **Durchführung der Prüfung**

Das Leistungskriterium der Langzeitdrift (Punkt 8.5.4) wurde während des 3-monatigen Feldtestes nicht überschritten. Allerdings wurde der geräteinterne Teflonfilter monatlich gewechselt.

### **Auswertung**

Aufgrund der Daten aus der Langzeitdriftuntersuchung (siehe Tabelle 141 und Tabelle 142) und den monatlich durchgeführten Wartungsarbeiten ergibt sich ein Kontrollintervall von 4 Wochen.

### **Bewertung**

Das Wartungsintervall beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.

## B [NO] 8.5.7 Verfügbarkeit

*Verfügbarkeit des Messgerätes > 90 %.*

### 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.

### 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 145 aufgelistet.

*Tabelle 145: Ausfallzeiten während des Feldtests*

			Gerät 1329	Gerät 1330
Gesamtzeit	$t_t$	h	2232	2232
Kalibrierung/Wartung	--	h	74	74
Einsatzzeit	$t_u$	h	2158	2158
Verfügbarkeit	$A_a$	%	96,7 %	96,7 %



Der Feldtest wurde zwischen dem 11.05.2009 und dem 15.05. 2009 für 52 Stunden unterbrochen um einige Querempfindlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei wurden lediglich die Glasfaserkabel der Sender/Empfangseinheit vom Analysator getrennt und die Glasfaserkabel der Kalibrierbank für die Laborversuche angeschlossen. Es wurden keine Justierungen an der Messeinrichtung vorgenommen. Die Messeinrichtungen zeigen sowohl auf der Prüfbank als auch nach Rückbau zum normalen Messbetrieb anforderungsgemäße Messergebnisse. Der Zeitraum der Unterbrechung wurde in der Verfügbarkeitsberechnung mitbewertet. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen. Der Zeitraum der Unterbrechung wird in der Verfügbarkeitsberechnung als Ausfallzeit gewertet.

### **Bewertung**

Die Verfügbarkeit beträgt 96,7 %, somit ist die Mindestanforderung erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## B [NO] Anhang A der DIN EN 14211 (normativ) Berechnung der Verweilzeiten für eine maximal zulässige NO<sub>2</sub>-Zunahme in der Probenahmeleitung

Anstieg der NO<sub>2</sub>-Konzentration durch die Verweilzeit im Messgerät ≤ 4,0 nmol/mol  
(entspricht 4 ppb)

### Prüfvorschriften

Die Zunahme von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) im Probengas ist auf die Reaktion des Ozons (O<sub>3</sub>) der Luft mit Stickstoffmonoxid (NO) in der Probenahmeleitung zurückzuführen.

Mit folgenden Gleichungen lässt sich der Einfluss der Verweilzeit auf die NO<sub>2</sub>-Zunahme in der Probenahmeleitung abschätzen:

$$[O_3]_0 = \frac{b \times [O_3]_t}{[O_3]_t - [NO]_t \times e^{(b \times k \times t)}}$$

Dabei ist:

- [O<sub>3</sub>]<sub>0</sub> die Ozonkonzentration am Probeneinlass
- [O<sub>3</sub>]<sub>t</sub> die Ozonkonzentration nach einer Verweilzeit von t Sekunden in der Probenahmeleitung
- [NO]<sub>t</sub> die Stickstoffmonoxidkonzentration nach einer Verweilzeit von t Sekunden in der Probenahmeleitung
- b die Differenz der Konzentration [O<sub>3</sub>]<sub>t</sub> und [NO]<sub>t</sub> mit b ≠ 0  
b = [O<sub>3</sub>]<sub>t</sub> - [NO]<sub>t</sub>
- k die Geschwindigkeitskonstante der Reaktion von O<sub>3</sub> mit NO  
k = 4,43 x 10<sup>-4</sup> nmol/mol<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> bei 298 K
- t die Verweilzeit in Sekunden

Die Zunahme von NO<sub>2</sub> aus der Reaktion von Ozon und Stickstoffmonoxid wird aus der Ozon-Abnahme berechnet:

$$NO_2 = [O_3]_0 - [O_3]_t$$

Unter Annahme bestimmter Konzentrationen von [O<sub>3</sub>]<sub>t</sub> und [NO]<sub>t</sub> und einer bestimmten Verweilzeit kann die Zunahme von NO<sub>2</sub> berechnet werden.

### Durchführung der Prüfung

Die geprüfte Messeinrichtung verfügt über keine Probengasleitungen in der NO<sub>2</sub> umgewandelt werden könnte. Daher ist dieser Prüfpunkt hier nicht relevant.

### Auswertung

Die geprüfte Messeinrichtung verfügt über keine Probengasleitungen in der NO<sub>2</sub> umgewandelt werden könnte. Daher ist dieser Prüfpunkt hier nicht relevant.



### **Bewertung**

Die geprüfte Messeinrichtung verfügt über keine Probengasleitungen in der NO<sub>2</sub> umgewandelt werden könnte. Daher ist dieser Prüfpunkt hier nicht relevant.

Mindestanforderungen erfüllt? entfällt

### **Umfassende Darstellung**

Hier nicht erforderlich.

## Eignungsanerkennung nach DIN EN 14211 für die Komponente NO

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14211).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14625 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14211).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14211 angegeben.*

## Prüfvorschriften

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14211.

## Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14211 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang B aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

## Auswertung

- Zu 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngrößen erfüllt das in Tabelle 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 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.



## **Bewertung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte, sowie der Messergebnisse sind im Anhang B aufgeführt. Die Mindestanforderungen werden eingehalten.

Mindestanforderungen erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang B aufgeführt.

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 146 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 147 und Tabelle 149 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 148 und Tabelle 150 zu finden.

**Tabelle 146: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14211 für die Komponente NO**

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei null	$\leq 1,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,1 ppb	ja	254
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$\leq 3,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 2,0 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,9 ppb	ja	254
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regressionsfunktion)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als null $\leq 4$ % des Messwertes  Abweichung bei null $\leq 5,0$ nmol/mol	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP 0,5 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 0,8 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP 0,4 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP 0,6 %	ja	256
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 8,0$ nmol/mol/kPa	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	262
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 3,0$ nmol/mol/K	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,026 ppb b <sub>gt</sub> Gerät 1330: -0,032 ppb	ja	264
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$\leq 3,0$ nmol/mol/K	b <sub>st</sub> Gerät 1329: -0,05 ppb b <sub>st</sub> Gerät 1330: 0,00 ppb	ja	266
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,3$ nmol/mol/V	b <sub>v</sub> Gerät 1329: RP -0,021 ppb b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP 0,073 ppb	ja	270
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct	CO <sub>2</sub> $\leq 5,0$ nmol/mol O <sub>3</sub> $\leq 2,0$ nmol/mol NH <sub>3</sub> $\leq 5,0$ nmol/mol	CO <sub>2</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP -0,1 ppb / RP 1,4 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,2 ppb / RP 2,6 ppb O <sub>3</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP 0,1 ppb / RP 2,2 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,0 ppb / RP 2,2 ppb NH <sub>3</sub> X <sub>int,z</sub> Gerät 1329: NP -0,4 ppb / RP 2,3 ppb X <sub>int,ct</sub> Gerät 1330: NP 0,3 ppb / RP 0,4 ppb	ja	272



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	≤ 7,0 % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: -0,6 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,3 %	ja	275
8.4.13 Differenz Proben/ Kalibriereingang	≤ 1,0 %	D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 % D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 %	entfällt	278
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s (NO <sub>2</sub> )	ja	246
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s (NO <sub>2</sub> )	ja	246
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s (NO <sub>2</sub> ) t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s (NO <sub>2</sub> )	ja	246
8.4.14 Konverterwirkungsgrad	≥ 98%	E <sub>conv</sub> Gerät 1329: --- E <sub>conv</sub> Gerät 1330: ---	entfällt	280
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	290
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	291
8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 4,72 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 4,72 %	ja	288
8.5.4 Langzeitdrift bei null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: -1,42 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: 1,62 ppb	ja	285
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. 0,43 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. 0,50 %	ja	285
8.4.4 Kurzzeitdrift bei null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: 0,3 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,1 ppb	ja	251
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 0,9 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 0,6 ppb	ja	251

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 231 von 509

Tabelle 147: *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) Für Gerät 1329*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		1h-Grenzwert: 104,6		nmol/mol			
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		Anforderung		Ergebnis		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	≤		≤		U <sub>z</sub>	U <sub>h</sub>	U <sub>z</sub> <sup>2</sup>	U <sub>h</sub> <sup>2</sup>
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤	1,0 nmol/mol	≤	0,000	0,00	0,00	0,0000	0,0000
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤	3,0 nmol/mol	≤	2,000	0,04	0,04	0,0015	0,0015
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤	4,0% des Messwertes	≤	0,800	0,48	0,48	0,2334	0,2334
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤	8,0 nmol/mol/kPa	≤	0,000	0,00	0,00	0,0000	0,0000
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤	3,0 nmol/mol/K	≤	0,026	0,04	0,04	0,0016	0,0016
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤	3,0 nmol/mol/K	≤	-0,050	-0,06	-0,06	0,0036	0,0036
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤	0,30 nmol/mol/V	≤	-0,021	-0,07	-0,07	0,0046	0,0046
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,000	0,00	0,00	0,0000	0,0000
8b	Störkomponente CO <sub>2</sub> mit 500 µmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,001	U <sub>Opsis</sub>	0,48	0,2304	0,2304
8c	Störkomponente O <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤	2,0 nmol/mol	≤	0,002	U <sub>Interlag</sub>			
8d	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤	5,0 nmol/mol	≤	0,002	U <sub>Interlag</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤	7,0% des Messwertes	≤	-0,600	U <sub>av</sub>	-0,56	0,1313	0,1313
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤	1,0%	≤	0,000	U <sub>sc</sub>	0,00	0,0000	0,0000
21	Konvertierungswinkel	≥	98	≥	100,000	U <sub>GE</sub>	0,00	0,0000	0,0000
22	Ansieg der NO <sub>2</sub> -Konz. durch Verzweitung im Gerät	≤	4,0 nmol/mol	≤	0,000	U <sub>Str</sub>	0,00	0,0000	0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤	3,0%	≤	2,000	U <sub>g</sub>	1,05	1,0941	1,0941
Kombinierte Standardunsicherheit				U <sub>c</sub>		U <sub>c</sub>		1,3046	
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>		U <sub>c</sub>		2,6092	
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>		U <sub>c,rel</sub>		2,49	
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel,erl.</sub>		U <sub>rel,erl.</sub>		15	

**Tabelle 148: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		104.6		nmol/mol	
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		Ergebnis		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	1h-Grenzwert	Ergebnis	Quadrat der Teilunsicherheit
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>r,z</sub>	0,00	0,000	0,0000
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	2,000	u <sub>r,h</sub>	nicht berücksichtigt, da u <sub>r,h</sub> = 0,075 < u <sub>r,f</sub>	-	-
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,800	u <sub>f,h</sub>	0,48	0,2334	0,2334
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/molPa	0,000	u <sub>dp</sub>	0,00	0,0000	0,0000
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/molK	0,028	u <sub>dt</sub>	0,04	0,0016	0,0016
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/molK	-0,050	u <sub>et</sub>	-0,06	0,0036	0,0036
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/molV	-0,021	u <sub>v</sub>	-0,07	0,0046	0,0046
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>H2O</sub>	0,00	0,0000	0,0000
8b	Störkomponente CO <sub>2</sub> mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>CO2</sub>	0,48	0,2304	0,2304
8c	Störkomponente O <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002	u <sub>O3</sub>	0,48	0,2304	0,2304
8d	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,002	u <sub>NH3</sub>	0,48	0,2304	0,2304
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,600	u <sub>av</sub>	-0,36	0,1313	0,1313
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,720	u <sub>r,j</sub>	4,94	24,3752	24,3752
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-1,420	u <sub>d,z</sub>	-0,82	0,6721	0,6721
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	0,430	u <sub>d,h</sub>	0,26	0,0674	0,0674
18	Differenz Proben-/Kalibergasgang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>dx</sub>	0,00	0,0000	0,0000
21	Konvertierungsgrad	≤ 98	100,000	u <sub>CE</sub>	0,00	0,0000	0,0000
22	Anstieg der NO <sub>2</sub> -Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>er</sub>	0,00	0,0000	0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>cg</sub>	1,05	1,0941	1,0941
G35	Kombinierte Standardunsicherheit			u <sub>c</sub>		7,1546	7,1546
G6	Erweiterte Unsicherheit			U <sub>c</sub>		14,3093	14,3093
G7	Relative erweiterte Unsicherheit			U <sub>rel</sub>		13,68	13,68
	Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit			U <sub>rel,max</sub>		15	15



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 233 von 509

Tabelle 149: *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14211 (Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1330*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät z (1330)		104,6		nmol/mol	
Messkomponente: NO2		1h-Grenzwert:					
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	u <sub>z</sub> 0,02	0,0003		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,900	u <sub>rh</sub> 0,02	0,0004		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,600	u <sub>lin</sub> 0,36	0,1313		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub> 0,00	0,0000		
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,032	u <sub>gt</sub> -0,05	0,0025		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,000	u <sub>gt</sub> 0,00	0,0000		
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,073	u <sub>y</sub> 0,24	0,0553		
8a	Störkomponente H2O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>H2O</sub> 0,00	0,0000		
8b	Störkomponente CO2 mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>CO2</sub> 0,42	0,1764		
8c	Störkomponente O3 mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002				
8d	Störkomponente NH3 mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>NH3</sub> 0,00	0,0000		
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>av</sub> -0,18	0,0328		
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>sc</sub> 0,00	0,0000		
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	u <sub>ce</sub> 0,00	0,0000		
22	Anstieg der NO2-Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>dr</sub> 0,00	0,0000		
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>cg</sub> 1,05	1,0941		
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>	1,2222		nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>	2,4445		nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>	<b>2,34</b>		%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>	15		%

**Tabelle 150: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfung nach DIN EN 14211(Komponente NO<sub>2</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1046		nmol/mol	
Messkomponente: NO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	u <sub>r,z</sub>	0,02	0,0003	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,900	u <sub>r,ln</sub>	nicht berücksichtigt, da ur,ln = 0,034 < ur,f	-	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	0,600	u <sub>ln</sub>	0,36	0,1313	
4	Änderung des Probegasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 8,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	-0,032	u <sub>g</sub>	-0,05	0,0025	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/K	0,000	u <sub>st</sub>	0,00	0,0000	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,073	u <sub>v</sub>	0,24	0,0553	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>st,co</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente CO <sub>2</sub> mit 500 µmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,001	u <sub>st,co2</sub>			
8c	Störkomponente O <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 2,0 nmol/mol	0,002	oder	0,42	0,1764	
8d	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,000	u <sub>st,nh3</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>av</sub>	-0,18	0,0328	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,720	u <sub>r,f</sub>	4,94	24,3752	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	1,620	u <sub>l,z</sub>	0,94	0,8748	
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zeitbereichs	0,500	u <sub>l,ln</sub>	0,30	0,0912	
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>1,sc</sub>	0,00	0,0000	
21	Konvertierungsgrad	≥ 98	100,000	u <sub>ce</sub>	0,00	0,0000	
22	Anstieg der NO <sub>2</sub> -Konz. durch Verweilzeit im Gerät	≤ 4,0 nmol/mol	0,000	u <sub>tr</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>g</sub>	1,05	1,0941	
<b>G35</b>	Kombinierte Standardunsicherheit			u <sub>c</sub>		7,1561	nmol/mol
<b>G6</b>	Erweiterte Unsicherheit			u <sub>c</sub>		14,3121	nmol/mol
<b>G7</b>	Relative erweiterte Unsicherheit			u <sub>c,rel</sub>		<b>13,68</b>	%
	Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit			u <sub>er,rel</sub>		15	%

# Anhang C

## Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>

Zur besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit mit den Mindestanforderungen orientiert sich die Nummerierung der Prüfpunkte im Anhang C an der Nummerierung der Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Labor und Feldprüfung der DIN EN 14212.



## **C [SO<sub>2</sub>] 8.4 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor**

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der bei den beschriebenen Prüfverfahren benutzten Materialien und der Ausrüstung muss die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Laborprüfung ist mit mindestens zwei Messgeräten durchzuführen.

### **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 Prüfungen ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit einzuhalten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, wird eine Mindestzeit von 4 h empfohlen.

Vor der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss das Prüfgassystem ausreichend lange betrieben worden sein, um stabile Konzentrationen liefern zu können.

Die meisten Messsysteme können das Ausgangssignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Systeme passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der gemessenen Komponente an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es ist zu belegen, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder die Verwendung eines aktiven Filters das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit nicht beeinflussen.

Während der Labor- und Feldprüfungen der Eignungsprüfung müssen die Geräteeinstellungen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase zu verwenden, sofern in der DIN EN 14212 nichts anderes festgelegt ist.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase (Luft mit einer bestimmten SO<sub>2</sub>-Konzentration) zu verwenden, sofern in diesem Dokument nichts anderes festgelegt ist. Die Unsicherheit der für die Labor- und Feldprüfungen verwendeten Null- und Spangase dürfen nicht signifikant sein.

Die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH ist anerkannte Messstelle nach § 26 BImSchG und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025.

Die Laborprüfung wurde nach den in der DIN EN 14212 vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen mit 2 Messgeräten durchgeführt.

**Tabelle 151: Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien der DIN EN 14212**

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Leistungskriterium
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	$S_{r,z}$	8.4.5	$\leq 1,0$ nmol/mol
2	Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$S_{r,ct}$	8.4.5	$\leq 3,0$ nmol/mol
3	„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)		8.4.6	
3a	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentrationen größer Null	$X_l$		$\leq 4$ % des Messwertes
3b	Abweichung bei Null	$X_{l,z}$		$\leq 5,0$ nmol/mol
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$b_{gp}$	8.4.7	$\leq 3,0$ nmol/mol/kPa
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	$b_{gt}$	8.4.8	$\leq 1,0$ nmol/mol/K
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	$b_{st}$	8.4.9	$\leq 1,0$ nmol/mol/K
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$b_v$	8.4.10	$\leq 0,3$ nmol/mol/V
8	Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct		8.4.11	
8a	H <sub>2</sub> O Konzentration 19mmol/mol	$X_{H_2O,z,ct}$		H <sub>2</sub> O $\leq 10$ nmol/mol
8b	H <sub>2</sub> S Konzentration 200 $\mu$ mol/mol	$X_{H_2S,z,ct}$		H <sub>2</sub> S $\leq 5,0$ nmol/mol
8c	NH <sub>3</sub> Konzentration 200 nmol/mol	$X_{NH_3,z,ct}$		NH <sub>3</sub> $\leq 5,0$ nmol/mol
8d	NO Konzentration 500 nmol/mol	$X_{NO,z,ct}$		NO $\leq 5,0$ nmol/mol
8e	NO <sub>2</sub> Konzentration 200 nmol/mol	$X_{NO_2,z,ct}$		NO <sub>2</sub> $\leq 5,0$ nmol/mol
8f	m-Xylol Konzentration 1 $\mu$ mol/mol	$X_{xyl,z,ct}$		m-Xylol $\leq 10,0$ nmol/mol
9	Mittelungseinfluss	$X_{av}$	8.4.12	$\leq 7,0$ % des Messwertes
10	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	$S_{r,f}$	8.5.5	$\leq 5,0$ % des Mittels über einen Zeitraum von 3 Monaten
11	Langzeitdrift bei Null	$D_{l,z}$	8.5.4	$\leq 5,0$ nmol/mol
12	Langzeitdrift beim Span-Niveau	$D_{l,s}$	8.5.4	$\leq 5,0$ % des Maximums des Zertifizierungsbereiches
13	Kurzzeitdrift bei Null	$D_{s,z}$	8.4.4	$\leq 2,0$ nmol/mol über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	$D_{s,s}$	8.4.4	$\leq 6,0$ nmol/mol über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	$t_r$	8.4.3	$\leq 180$ s
16	Einstellzeit (Abfall)	$t_f$	8.4.3	$\leq 180$ s
17	Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	$t_d$	8.4.3	$\leq 10$ % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist
18	Differenz Proben/Kalibriereingang	$D_{sc}$	8.4.13	$\leq 1,0$ %
19	Kontrollintervall		8.5.6	3 Monate oder weniger
20	Verfügbarkeit des Messgerätes	$A_a$	8.5.7	$> 90$ %



## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.3 Einstellzeit

*Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) jeweils ≤ 180 s. Differenz zwischen Anstiegs- und Abfallzeit ≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem welcher Wert größer ist.*

### Prüfvorschriften

Die Einstellzeit des Messgerätes muss bei dem vom Hersteller angegebenen Nennvolumendurchfluss bestimmt werden.

Der Probendurchfluss ist dementsprechend der Anforderung nach 8.4.2 (± 1 %) während der Prüfung konstant zu halten.

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 (siehe Abbildung 43).

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 43. 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 43 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

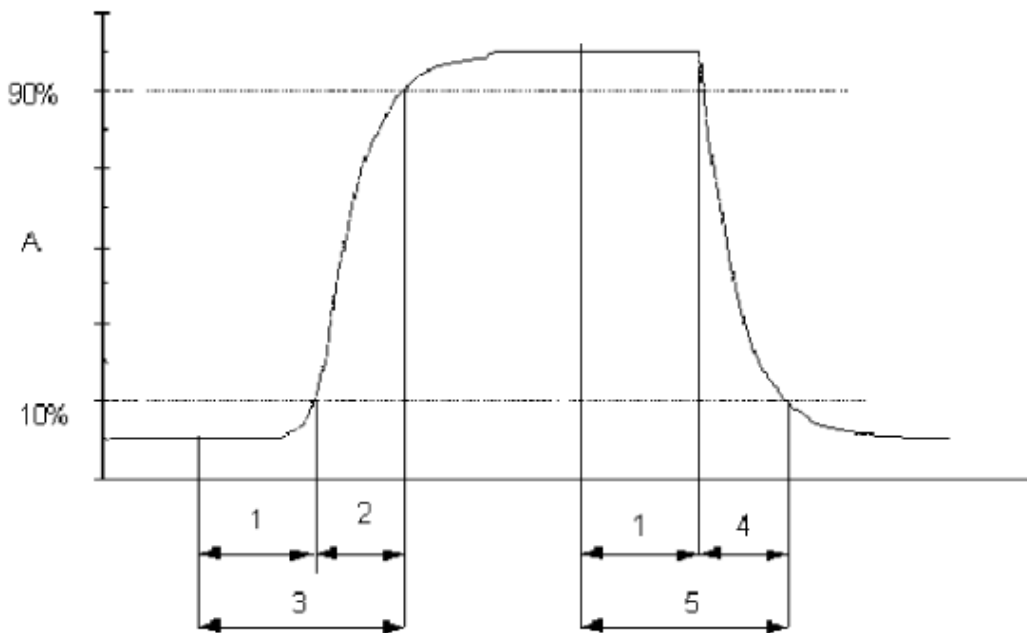
Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgerätes vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten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

Die relative Differenz der Einstellzeit wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$t_d = \left| \frac{t_r - t_f}{t_r} \right| \times 100\%$$

Mit  $t_d$  die relative Differenz zwischen Anstiegszeit und Abfallzeit  
 $t_r$  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 43: Veranschaulichung der Einstellzeit

### Durchführung der Prüfung

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine Mehrkomponentenmeseinrichtung. Soweit sie zur Erfassung mehrerer Komponenten eingesetzt wird, werden diese sequentiell gemessen. Die Einstellzeit bei dem angewandten Messverfahren wird, im Gegensatz zu herkömmlichen Monitoren, nicht durch Gaswege und Dämpfungseinstellungen bestimmt. Die Einstellzeit der Messeinrichtung wird maßgeblich durch die Anzahl der aktivierten Komponenten sowie der Messzeit pro Komponente bestimmt. Während der Eignungsprüfung waren 3 Komponenten aktiviert, die Messzeit pro Komponente betrug 30 Sekunden. Damit ergibt sich eine Gesamtzykluszeit von 90 Sekunden. Somit beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden. Die Gesamtmesszeit pro Stunde beträgt 20 Minuten für je Stunde.

### Auswertung

Bedingt durch das Messverfahren, die eingestellte Messzeit sowie die Anzahl der gemessenen Komponenten beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden bei allen Komponenten.



## **Bewertung**

Die maximal zulässige Einstellzeit von 180 s wird mit einer maximalen Einstellzeit von 120 s unterschritten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.4 Kurzzeitdrift

*Kurzzeitdrift bei Null ≤ 2,0 nmol/mol/12h (entspricht 2 ppb/12h)*

*Kurzzeitdrift beim Span-Niveau ≤ 6,0 nmol/mol/12h (entspricht 6 ppb/12h)*

### Prüfvorschriften

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 Span-Niveau 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

$C_{Z,1}$  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.

## Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14212 durchgeführt.

## Auswertung

Tabelle 152 Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[ppb]	[ppb]
C <sub>z,1</sub>	0,5	-0,1
C <sub>z,2</sub>	0,6	0,8
D <sub>s,z</sub>	<b>0,1</b>	<b>0,9</b>
Anforderung	2 ppb	2 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>
C <sub>s,1</sub>	298,9	302,2
C <sub>s,2</sub>	297,4	302,5
D <sub>s,s</sub>	<b>0,0</b>	<b>-0,5</b>
Anforderung	6 ppb	6 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Nullpunkt ( $D_{s,z}$ )

Gerät 1: 0,0 (ppb)/12 h

Gerät 2: -0,1(ppb)/12 h

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Spannpunkt ( $D_{s,s}$ )

Gerät 1: 0,0 (ppb)/12 h

Gerät 2: 0,0 (ppb)/12 h

Die Anforderungen zur Kurzzeitdrift werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind der Tabelle 153 und Tabelle 154 zu entnehmen.

**Tabelle 153: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift nach DIN EN 14212, Gerät 1 (1329)**

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,5	16:35	298,7	3:05	0,5	4:35	297,3
15:09	0,6	16:37	298,9	3:07	0,5	4:37	296,7
15:11	0,5	16:39	299,1	3:09	0,5	4:39	297,3
15:13	0,5	16:41	299,2	3:11	0,6	4:41	296,9
15:15	0,6	16:43	299,2	3:13	0,4	4:43	297,5
15:17	0,5	16:45	299,3	3:15	0,5	4:45	297,2
15:19	0,6	16:47	299,9	3:17	0,7	4:47	297,6
15:21	0,6	16:49	299,9	3:19	0,5	4:49	297,2
15:23	0,5	16:51	300,0	3:21	0,6	4:51	297,4
15:25	0,5	16:53	299,8	3:23	0,6	4:53	297,2
15:27	0,5	16:55	300,0	3:25	0,7	4:55	297,0
15:29	0,6	16:57	299,8	3:27	0,7	4:57	298,0
15:31	0,6	16:59	300,2	3:29	0,6	4:59	297,4
15:33	0,7	17:01	300,1	3:31	0,7	5:01	297,4
15:35	0,6	17:03	297,3	3:33	0,6	5:03	298,0
15:37	0,6	17:05	297,5	3:35	0,6	5:05	297,5
15:39	0,6	17:07	297,5	3:37	0,7	5:07	297,3
15:41	0,5	17:09	297,5	3:39	0,8	5:09	298,0
15:43	0,5	17:11	297,6	3:41	0,8	5:11	297,3
15:45	0,5	17:13	297,6	3:43	0,8	5:13	297,4
<b>Mittelwert</b>	<b>0,5</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>298,9</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>0,6</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>297,4</b>



**Tabelle 154: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift nach DIN EN 14212, Gerät 2 (1330)**

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,0	16:35	300,8	3:05	0,7	4:35	302,0
15:09	0,0	16:37	300,9	3:07	0,6	4:37	302,2
15:11	-0,2	16:39	301,1	3:09	0,7	4:39	301,9
15:13	-0,3	16:41	301,5	3:11	0,8	4:41	302,3
15:15	-0,1	16:43	301,5	3:13	0,8	4:43	302,1
15:17	0,1	16:45	301,8	3:15	0,8	4:45	302,6
15:19	0,1	16:47	301,8	3:17	0,9	4:47	302,3
15:21	-0,1	16:49	302,0	3:19	0,8	4:49	302,8
15:23	-0,3	16:51	302,0	3:21	0,7	4:51	302,4
15:25	-0,3	16:53	302,0	3:23	0,7	4:53	302,2
15:27	-0,4	16:55	303,3	3:25	0,8	4:55	302,9
15:29	-0,3	16:57	303,5	3:27	0,8	4:57	302,5
15:31	-0,3	16:59	303,6	3:29	0,9	4:59	302,7
15:33	-0,2	17:01	302,3	3:31	0,9	5:01	302,8
15:35	-0,2	17:03	303,5	3:33	0,8	5:03	302,4
15:37	0,2	17:05	303,1	3:35	0,7	5:05	302,8
15:39	0,0	17:07	302,0	3:37	0,8	5:07	303,1
15:41	-0,1	17:09	302,1	3:39	0,8	5:09	302,7
15:43	-0,2	17:11	302,2	3:41	0,7	5:11	302,6
15:45	-0,2	17:13	302,2	3:43	0,8	5:13	303,1
<b>Mittelwert</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>302,2</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>0,8</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>302,5</b>

## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

*Wiederholstandardabweichung bei Null ≤ 1,0 nmol/mol (entspricht 1 ppb)*

*Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ≤ 3 nmol/mol (entspricht 3 ppb)*

### Prüfvorschriften

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14212 durchgeführt.

## Auswertung

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Prüfung der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14212 sind in Tabelle 155 aufgeführt.

*Tabelle 155: Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14212*

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		ppb	ppb	ppb	ppb
Anzahl	n	20	20	20	20
Mittelwert	x	0,1	132,5	0,0	133,0
<b>Standardabweichung</b>	<b>sr</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>
<b>Anforderung nach DIN EN 14212</b>	<b>ppb</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Anforderung erfüllt?</b>		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Beide Geräte halten die Mindestanforderung für die Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt ein.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 156 aufgeführt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 247 von 509

*Tabelle 156: Einzelwerte der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14212*

Labor		Nullpunkt		Labor		Referenzpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]			[ppb]	[ppb]
30.03.2009	22:15 - 22:20	0,2	0,0	30.03.2009	22:20 - 22:25	132,7	133,2
30.03.2009	22:25 - 22:30	0,1	0,1	30.03.2009	22:30 - 22:35	132,5	133,1
30.03.2009	22:35 - 22:40	0,1	0,0	30.03.2009	22:40 - 22:45	132,6	133,0
30.03.2009	22:45 - 22:50	0,2	0,0	30.03.2009	22:50 - 22:55	132,6	132,9
30.03.2009	22:55 - 23:00	0,2	0,1	30.03.2009	23:00 - 23:05	132,6	133,0
30.03.2009	23:05 - 23:10	0,2	0,0	30.03.2009	23:10 - 23:15	132,5	133,0
30.03.2009	23:15 - 23:20	0,2	0,0	30.03.2009	23:20 - 23:25	132,5	133,0
30.03.2009	23:25 - 23:30	0,2	0,0	30.03.2009	23:30 - 23:35	132,5	133,0
30.03.2009	23:35 - 23:40	0,2	0,0	30.03.2009	23:40 - 23:45	132,6	133,0
30.03.2009	23:45 - 23:50	0,1	0,0	30.03.2009	23:50 - 23:55	132,5	133,0
30.03.2009	23:55 - 00:00	0,1	0,0	30.03.2009	00:00 - 00:05	132,4	133,0
30.03.2009	00:05 - 00:10	0,1	0,0	30.03.2009	00:10 - 00:15	132,5	133,0
30.03.2009	00:15 - 00:20	0,1	0,1	30.03.2009	00:20 - 00:25	132,5	133,0
30.03.2009	00:25 - 00:30	0,1	0,0	30.03.2009	00:30 - 00:35	132,5	133,0
30.03.2009	00:35 - 00:40	0,1	0,0	30.03.2009	00:40 - 00:45	132,4	133,0
30.03.2009	00:45 - 00:50	0,1	0,0	30.03.2009	00:50 - 00:55	132,5	133,0
30.03.2009	00:55 - 01:00	-0,1	0,0	30.03.2009	01:00 - 01:05	132,5	133,0
30.03.2009	01:05 - 01:10	0,1	0,1	30.03.2009	01:10 - 01:15	132,5	133,0
30.03.2009	01:15 - 01:20	0,1	0,0	30.03.2009	01:20 - 01:25	132,5	133,1
30.03.2009	01:25 - 01:30	0,1	0,0	30.03.2009	01:30 - 01:35	132,4	133,0
Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>	Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>
Mittelwert		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	Mittelwert		<b>132,5</b>	<b>133,0</b>
Standardabweichung		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	Standardabweichung		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>

## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.6 „Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression)

„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression) 5 nmol/mol (entspricht 5 ppb) am Nullpunkt und ≤ 4 % des Messwertes am Referenzpunkt.

### Prüfvorschriften

Der „lack of fit“ des Messgerätes 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 einzustellen. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) werden mindestens fünf unabhängige Messungen durchgeführt.

Die Konzentrationen werden in folgender Reihenfolge aufgegeben: 80 %, 40 %, 0 %, 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 B der DIN EN 14212 durchgeführt. Die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion müssen das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Der größte Wert der relativen Abweichungen wird als  $X_1$  angegeben und ist beim Nachweis der Erfüllung der Eignungsprüfungsanforderung 1 zu berücksichtigen. Der Wert der relativen Abweichung beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwerts ist bei der Berechnung der Eignungsprüfungsanforderungen 2 und 4 zu verwenden.

Erstellung der Regressionsgeraden:

Eine Regressionsgerade der Form  $Y_i = A + B \cdot X_i$  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  $Y_i = A + B * X_i$

$$A = a - B * X_z$$

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

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

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

Dabei ist:

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

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

M die Anzahl der Wiederholungen beim Konzentrationsniveau c

Die Abweichung jedes Mittelwertes ( $d_c$ ) bei jedem Konzentrationsniveau ist:

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

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

$$(d_t)_c = \frac{d_c}{c} \times 100\%$$

## Durchführung der Prüfung

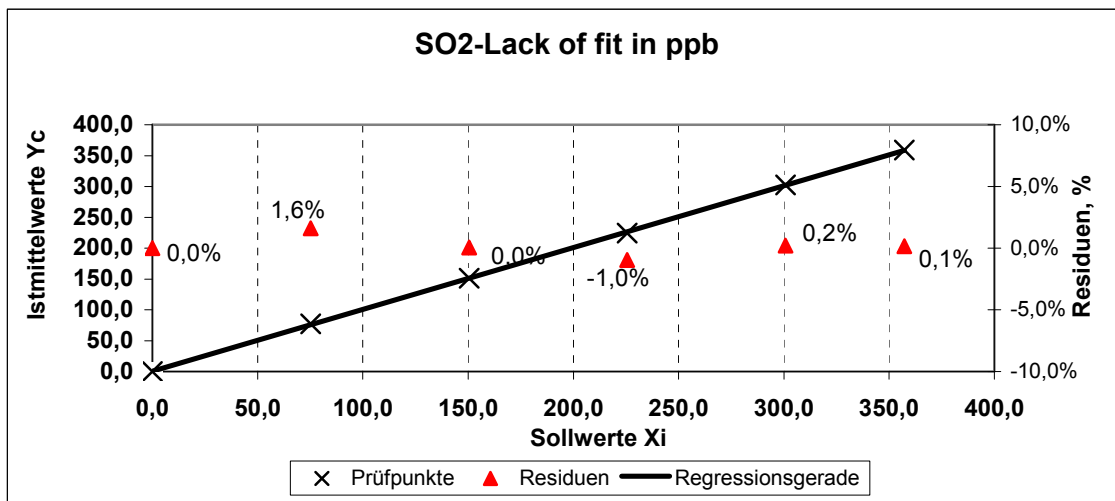
Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14212 durchgeführt. Allerdings wurde die Anzahl der geprüften Konzentrationsstufen auf 11 inklusive Nullpunkt erweitert.

## Auswertung

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 44 und Abbildung 45 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend graphisch und tabellarisch dargestellt.

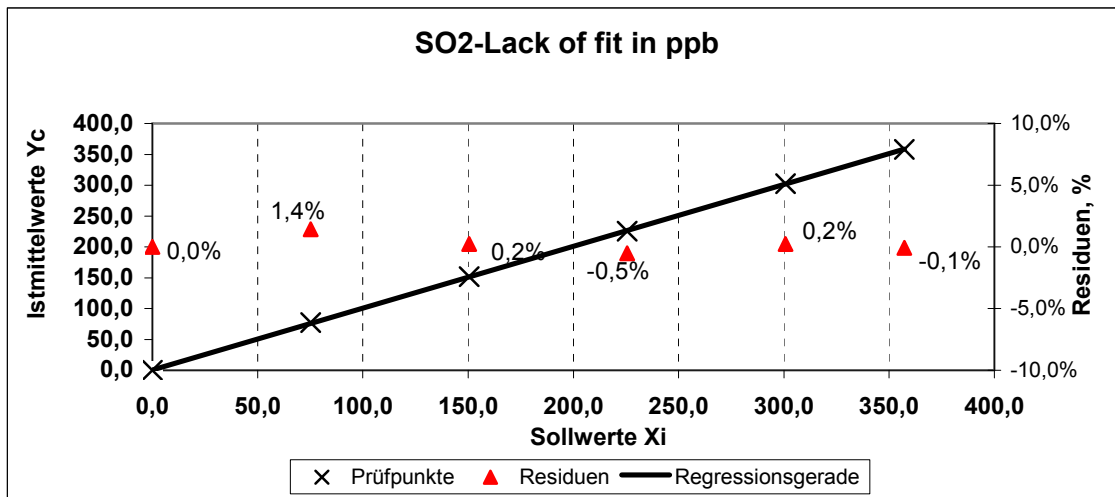
Linearitätsprüfung		Messbereich 375 ppb SO <sub>2</sub>					
Stufen	SO <sub>2</sub>	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	300,8	150,4	0,0	225,6	75,2	357,2
Istwert Yi 1	ppb	302,7	150,4	0,0	224,1	76,5	358,9
Istwert Yi 2	ppb	303,1	151,3	0,2	224,5	76,9	359,7
Istwert Yi 3	ppb	302,4	151,7	0,2	224,9	77,5	358,9
Istwert Yi 4	ppb	303,1	151,3	0,2	224,5	77,3	359,2
Istwert Yi 5	ppb	302,7	152,2	0,3	224,8	77,3	359,6
Istmittelwert Yc	ppb	302,8	151,4	0,2	224,6	77,1	359,3
Residuen dc	ppb	0,64	0,07	-0,28	-2,18	1,22	0,53
Residuen (d <sub>r</sub> ) <sub>c</sub>	%	0,2%	0,0%	0,0%	-1,0%	1,6%	0,1%



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messwert.

Abbildung 44: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1, Komponente SO<sub>2</sub>

Linearitätsprüfung		Messbereich 375 ppb SO <sub>2</sub>					
Stufen	SO <sub>2</sub>	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	300,8	150,4	0,0	225,6	75,2	357,2
Istwert Yi 1	ppb	302,6	151,0	0,0	224,8	76,8	357,3
Istwert Yi 2	ppb	302,6	151,3	0,0	224,9	76,9	356,9
Istwert Yi 3	ppb	302,3	151,9	0,0	225,8	77,2	359,3
Istwert Yi 4	ppb	303,1	152,2	-0,2	225,6	77,1	358,9
Istwert Yi 5	ppb	302,6	151,7	-0,1	226,1	77,0	358,3
Istmittelwert Yc	ppb	302,6	151,6	-0,1	225,4	77,0	358,1
Residuen dc	ppb	0,69	0,35	-0,64	-1,17	1,08	-0,31
<b>Residuen (d<sub>r</sub>)<sub>c</sub></b>	%	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>-0,5%</b>	<b>1,4%</b>	<b>-0,1%</b>



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messwert.

Abbildung 45: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2, Komponente SO<sub>2</sub>

## Bewertung

Für Gerät 1 (1329) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,28 ppb am Nullpunkt und maximal 1,6 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Für Gerät 2 (1330) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von -0,64 ppb am Nullpunkt und maximal 1,4 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Die Abweichungen von der idealen Regressionsgeraden überschreiten nicht die in der DIN EN 14212 geforderten Grenzwerte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 157 und Tabelle 158 zu finden.



*Tabelle 157: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung, Gerät 1 (1329)*

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	30.03.2009	14:15 - 14:30	0,0	0,0	0,0
1	30.03.2009	14:45 - 15:00	76,5	75,2	1,3
1	30.03.2009	14:00 - 14:15	150,4	150,4	0,0
1	30.03.2009	14:30 - 14:45	224,1	225,6	-1,5
1	30.03.2009	15:00 - 15:15	357,7	357,1	0,5
2	30.03.2009	16:45 - 17:00	0,2	0,0	0,2
2	30.03.2009	17:15 - 17:39	76,9	75,2	1,7
2	30.03.2009	16:30 - 16:45	151,3	150,4	0,9
2	30.03.2009	17:00 - 17:15	224,5	225,6	-1,1
2	30.03.2009	17:30 - 17:45	357,6	357,1	0,4
3	30.03.2009	19:15 - 19:30	0,2	0,0	0,2
3	30.03.2009	19:45 - 20:00	77,1	75,2	1,9
3	30.03.2009	19:00 - 19:15	151,7	150,4	1,3
3	30.03.2009	19:30 - 19:45	224,9	225,6	-0,7
3	30.03.2009	20:00 - 20:15	358,7	357,1	1,6
4	30.03.2009	21:45 - 22:00	0,2	0,0	0,2
4	30.03.2009	22:15 - 22:30	77,3	75,2	2,1
4	30.03.2009	21:30 - 21:45	151,3	150,4	0,9
4	30.03.2009	22:00 - 22:15	224,5	225,6	-1,0
4	30.03.2009	22:30 - 22:45	360,6	357,1	3,5
5	31.03.2009	00:15 - 00:30	0,3	0,0	0,3
5	31.03.2009	00:45 - 01:00	77,3	75,2	2,1
5	31.03.2009	00:00 - 00:15	152,2	150,4	1,8
5	31.03.2009	00:30 - 00:45	224,8	225,6	-0,8
5	31.03.2009	01:00 - 01:15	359,5	357,1	2,4

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 253 von 509

Tabelle 158: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung, Gerät 2 (1330)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	30.03.2009	14:15 - 14:30	0,0	0,0	0,0
1	30.03.2009	14:45 - 15:00	76,8	75,2	1,6
1	30.03.2009	14:00 - 14:15	151,0	150,4	0,6
1	30.03.2009	14:30 - 14:45	224,8	225,6	-0,7
1	30.03.2009	15:00 - 15:15	357,3	357,1	0,1
2	30.03.2009	16:45 - 17:00	0,0	0,0	0,0
2	30.03.2009	17:15 - 17:39	76,9	75,2	1,7
2	30.03.2009	16:30 - 16:45	151,3	150,4	0,9
2	30.03.2009	17:00 - 17:15	224,9	225,6	-0,7
2	30.03.2009	17:30 - 17:45	356,9	357,1	-0,3
3	30.03.2009	19:15 - 19:30	0,0	0,0	0,0
3	30.03.2009	19:45 - 20:00	77,2	75,2	2,0
3	30.03.2009	19:00 - 19:15	151,9	150,4	1,5
3	30.03.2009	19:30 - 19:45	225,8	225,6	0,2
3	30.03.2009	20:00 - 20:15	359,3	357,1	2,1
4	30.03.2009	21:45 - 22:00	-0,2	0,0	-0,2
4	30.03.2009	22:15 - 22:30	77,1	75,2	1,9
4	30.03.2009	21:30 - 21:45	152,2	150,4	1,8
4	30.03.2009	22:00 - 22:15	225,6	225,6	0,0
4	30.03.2009	22:30 - 22:45	358,9	357,1	1,8
5	31.03.2009	00:15 - 00:30	-0,1	0,0	-0,1
5	31.03.2009	00:45 - 01:00	77,0	75,2	1,8
5	31.03.2009	00:00 - 00:15	151,7	150,4	1,3
5	31.03.2009	00:30 - 00:45	226,1	225,6	0,5
5	31.03.2009	01:00 - 01:15	358,3	357,1	1,2



## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss  $\leq 3,0$  nmol/mol/kPa (entspricht 3 ppb) betragen.

### 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:

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

Dabei ist:

$b_{sp}$  der Einfluss 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.

### Durchführung der Prüfung

Der Opsi AR500 analysiert den Stickstoffdioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Die Prüfgastests wurden mit Hilfe von Messgaszellen durchgeführt, die mit Prüfgas aus Druckgasflaschen durchströmt wurden. Diese Prüfgaszellen sind auf der Ausgangsseite offen, daher sind die Druckbedingungen auf Umgebungsdrukkniveau. Die Messeinrichtung ist somit einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.

Während des 3-monatigen Feldtests herrschten Umgebungsluftdruckbedingungen zwischen 996 mbar und 1034 mbar. In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analytoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsluftdrucks und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüfgases festgestellt werden.

## **Auswertung**

Der Opsis AR 500 analysiert den Schwefeldioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Somit ist die Messeinrichtung einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Daraus ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes  $b_{gp}$ :

$b_{gp}$  Gerät 1329 = 0,00 ppb/kPa

$b_{gp}$  Gerät 1330 = 0,00 ppb/kPa

## **Bewertung**

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht zutreffend.



## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

*Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss  $\leq 1,0$  nmol/mol/K (entspricht 1 ppb/K) betragen.*

### 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:

$$b_{gt} = \frac{(C_{T2} - C_{T1})}{(T_2 - T_1)}$$

Dabei ist:

$b_{gt}$  der Einfluss des Probengasdruckes

$C_{T1}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_1$

$C_{T2}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_2$

$T_1$  die Probengastemperatur  $T_1$

$T_2$  die Probengastemperatur  $T_2$

$b_{gt}$  muss das oben genannte Leistungskriterium erfüllen

### Durchführung der Prüfung

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

Zur Prüfung wurde die Kalibrierbank in der Klimakammer aufgebaut. Die Analytoren wurden vor der Klimakammer platziert. Die Prüfung wurde zuerst bei 0 °C und dann bei 30 °C durchgeführt.



## Auswertung

Bei der Prüfung ergaben sich folgende Werte:

$b_{gt}$  Gerät 1329 = 0,021 ppb/K

$b_{gt}$  Gerät 1330 = 0,011 ppb/K

## Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur ist kleiner als 1ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die gemessenen Werte sind in Tabelle 159 angegeben.

*Tabelle 159: Einzelwerte der Prüfung zum Empfindlichkeitskoeffizient des Prüfgases*

Datum	Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (188) [ppb]	Gerät 2 (208) [ppb]
11.06.2008	09:00 - 09:05	0	300,1	300,0
11.06.2008	09:05 - 09:10	0	300,4	300,5
11.06.2008	09:10 - 09:15	0	300,6	300,9
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T1</sub></b>	<b>300,4</b>	<b>300,5</b>
11.06.2008	15:05 - 15:10	30	301,4	300,4
11.06.2008	15:10 - 15:15	30	301,2	300,9
11.06.2008	15:15 - 15:20	30	301,8	300,8
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T2</sub></b>	<b>301,5</b>	<b>300,7</b>

## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

*Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur ≤ 1,0 nmol/mol/K (entspricht 1 ppb/K)*

### Gerätetechnische Ausstattung

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

- 1) der niedrigsten Temperaturen  $T_{\min} = 273$  K;
- 2) der Labortemperatur  $T_1 = 293$  K;
- 3) der höchsten Temperatur  $T_{\max} = 303$  K;

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

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

Die Messungen werden bezüglich der Temperatur in folgender Reihenfolge durchgeführt:

$T_1, T_{\min}, T_1$  und  $T_1, T_{\max}, T_1$

Bei der ersten Temperatur ( $T_1$ ) wird das Messgerät bei Null- und Span-Niveau (70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches) eingestellt. Dann werden nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei  $T_1, T_{\min}$  und wieder bei  $T_1$  durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird bei der Temperaturfolge  $T_1, T_{\max}$  und  $T_1$  wiederholt.

Um eine auf andere Faktoren als die Temperatur zurückgehende Drift auszuschließen, werden die Messungen bei  $T_1$  gemittelt; diese Mittelung wird in der folgenden Gleichung zur Berechnung des Einflusses der Umgebungstemperatur berücksichtigt:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T - T_1} \right|$$

Dabei ist:

- $b_{st}$  die Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur (ppb)
- $x_T$  der Mittelwert der Messungen bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (ppb)
- $x_1$  der erste Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $x_2$  der zweite Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $T_1$  die Umgebungstemperatur im Labor (K)
- $T$  die Umgebungstemperatur  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (K)

Für die Dokumentation der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird der höhere der Werte der Temperaturabhängigkeit bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  gewählt.

$b_{st}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14212 durchgeführt.

### Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur:

Tabelle 160: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 1329

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1329 [ppb]	ermitteltes $b_{st}$ [ppb/K]	erlaubtes $b_{st}$ [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14212
$T_1$	20	0,08			
$T_{\min}$	0	-0,04	0,01	1	ja
$T_1$	20	0,11			
$T_1$	20	0,11			
$T_{\max}$	30	-0,03	-0,01	1	ja
$T_1$	20	0,10			

Tabelle 161: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 1330

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1330 [ppb]	ermitteltes $b_{st}$ [ppb/K]	erlaubtes $b_{st}$ [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14212
$T_1$	20	0,20			
$T_{\min}$	0	0,11	0,00	1	ja
$T_1$	20	0,03			
$T_1$	20	0,03			
$T_{\max}$	30	0,03	0,00	1	ja
$T_1$	20	0,10			

Wie in Tabelle 160 und Tabelle 161 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt die Leistungsanforderungen.

**Tabelle 162:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 1329

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1329 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14212
T <sub>1</sub>	20	302,8			
T <sub>min</sub>	0	302,8	-0,01	1	ja
T <sub>1</sub>	20	302,5			
T <sub>1</sub>	20	302,5			
T <sub>max</sub>	30	302,0	-0,03	1	ja
T <sub>1</sub>	20	302,2			

**Tabelle 163:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 1330

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1330 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14212
T <sub>1</sub>	20	300,6			
T <sub>min</sub>	0	301,2	-0,01	1	ja
T <sub>1</sub>	20	301,5			
T <sub>1</sub>	20	301,5			
T <sub>max</sub>	30	301,5	-0,06	1	ja
T <sub>1</sub>	20	302,7			

Wie in Tabelle 162 und Tabelle 163 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt die Leistungsanforderungen.

### Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 1 ppb/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) -0,03 ppb/K und für Gerät 2 (1330) -0,06 ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind in Tabelle 164 aufgeführt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 261 von 509

*Tabelle 164: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur nach DIN EN 14212*

Datum	Nullpunkt				Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
28.09.2009	08:10 - 08:20	20	0,2	0,2	08:40 - 08:50	20	303,2	300,6
28.09.2009	08:50 - 09:00	20	0,0	0,1	09:20 - 09:30	20	302,5	300,8
28.09.2009	09:30 - 09:40	20	0,0	0,2	10:00 - 10:10	20	302,6	300,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>302,8</b>	<b>300,6</b>
28.09.2009	16:00 - 16:10	0	0,1	0,1	16:30 - 16:40	0	302,1	301,5
28.09.2009	16:40 - 16:50	0	0,1	0,1	17:10 - 17:20	0	304,1	301,6
28.09.2009	17:20 - 17:30	0	-0,2	0,1	17:50 - 18:00	0	302,1	300,5
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>302,8</b>	<b>301,2</b>
29.09.2009	07:30 - 07:40	20	0,2	-0,1	08:00 - 08:10	20	302,6	301,8
29.09.2009	08:10 - 08:20	20	0,1	0,0	08:40 - 08:50	20	302,5	301,4
29.09.2009	08:50 - 09:00	20	0,1	0,2	09:20 - 09:30	20	302,5	301,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>302,5</b>	<b>301,5</b>
29.09.2009	16:00 - 16:10	30	0,0	0,1	16:30 - 16:40	30	301,4	301,6
29.09.2009	16:40 - 16:50	30	0,0	0,0	17:10 - 17:20	30	301,8	301,5
29.09.2009	17:20 - 17:30	30	-0,1	0,0	17:50 - 18:00	30	302,9	301,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>302,0</b>	<b>301,5</b>
30.09.2009	07:50 - 08:00	20	0,1	0,1	08:20 - 08:30	20	301,5	303,1
30.09.2009	08:30 - 08:40	20	0,2	0,2	09:00 - 09:10	20	302,5	302,5
30.09.2009	09:10 - 09:20	20	0,0	0,1	09:40 - 09:50	20	302,6	302,4
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>302,2</b>	<b>302,7</b>



## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung

*Empfindlichkeitskoeffizient der el. Spannung ≤ 0,30 nmol/mol/V (entspricht 0,3 ppb/V)*

### Gerätetechnische Ausstattung

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 14212 ergibt sich wie folgt:

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

Dabei ist:

$b_v$  der Einfluss der 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 Span-Niveau zu wählen.

$b_v$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### 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 Ergebnisse wurden mit den oben angegebenen Anforderungen verglichen.

### Auswertung

Daraus ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten

$b_v$  Gerät 1329 RP: -0,01(ppb/V)

$b_v$  Gerät 1330 RP: 0,01 (ppb/V)

## Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung  $b_v$  überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14212 von maximal 0,3 ppb/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient  $b_v$  gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) = -0,01 ppb/V und für Gerät 2 (1330) = 0,01 ppb/V.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 165 und Tabelle 166 dargestellt.

*Tabelle 165: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Nullpunkt*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Nullgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	15:05 - 15:15	0,1	0,0
02.10.2009	15:25 - 15:35	0,2	0,0
02.10.2009	15:45 - 15:55	0,1	0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,0</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	16:15 - 16:25	0,1	0,1
02.10.2009	16:35 - 16:45	0,0	0,1
02.10.2009	16:55 - 17:05	0,2	0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>0,1</b>

*Tabelle 166: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Referenzpunkt*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	15:15 - 15:25	299,5	300,5
02.10.2009	15:35 - 15:45	298,4	300,0
02.10.2009	15:55 - 16:05	298,6	300,8
<b>Mittelwert</b>		<b>298,8</b>	<b>300,4</b>
<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	16:25 - 16:35	298,1	301,4
02.10.2009	16:45 - 16:55	299,4	301,2
02.10.2009	17:05 - 17:15	299,4	300,6
<b>Mittelwert</b>		<b>299,0</b>	<b>301,1</b>

## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.11 Störungen

*Störkomponenten - erlaubte Abweichungen bei H<sub>2</sub>O und m-Xylol jeweils ≤ 10 nmol/mol (entspricht 10 ppb); bei H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO und NO<sub>2</sub>, jeweils ≤ 5 nmol/mol (entspricht 5 ppb)*

### Prüfbedingungen

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

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von kleiner als 5 % aufweisen und auf nationale Standards rückführbar sein. Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in Tabelle 167 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 Span-Niveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 167 angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch werden eine unabhängige, gefolgt von zwei Einzelmessungen durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird mit einem Gemisch der Messgröße bei der Konzentration  $c_t$  und der zu untersuchenden Störkomponente wiederholt. Die Einflussgröße bei Null und der Konzentration  $c_t$  ist:

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

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

Dabei ist:

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

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



### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14212 durchgeführt. Die Geräte wurden bei Null und der Konzentration c<sub>t</sub> (130 ppb) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben. Es wurden die in Tabelle 167 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft.

Tabelle 167: Störkomponenten nach DIN EN 14212

Störkomponente	Wert
H <sub>2</sub> S	200 nmmol/mol
NH <sub>3</sub>	200 nmmol/mol
NO	200 nmmol/mol
NO <sub>2</sub>	500 nmmol/mol
m-Xylol	1 µmmol/mol

Aufgrund des Messaufbaus im Labor war eine Untersuchung der Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf nicht möglich. Die Feuchte ließ sich im Labortest nicht einstellen, da keine beheizte Messstrecke zur Verfügung stand. Im Feldtest konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 100 % kein Einfluss auf die Messgenauigkeit beobachtet werden. Die Luftfeuchtigkeit wurde während des Feldtests aufgezeichnet und ist in Abbildung 46 dargestellt.

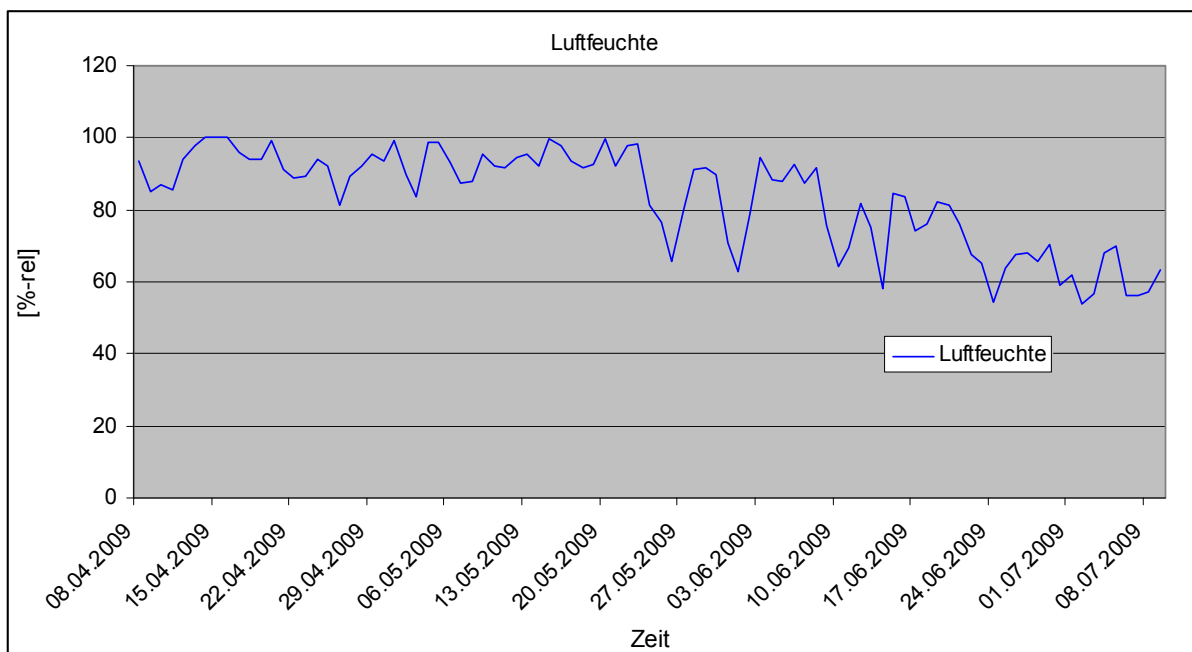


Abbildung 46: Luftfeuchtigkeit während des Feldtests

## Auswertung

In der folgenden Übersicht sind die Einflussgrößen der verschiedenen Störkomponenten aufgelistet.

Tabelle 168: Einfluss der geprüften Störkomponenten ( $c_t = 130 \text{ ppb}$ )

		Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
<b>H2S</b>	$X_z$	-0,3	-0,4
	$X_{int,z}$	<b>-0,3</b>	<b>-0,4</b>
	$X_{ct}$	130,3	130,5
	$X_{int,ct}$	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>NH3</b>	$X_z$	-0,2	-0,3
	$X_{int,z}$	<b>-0,2</b>	<b>-0,3</b>
	$X_{ct}$	130,4	130,2
	$X_{int,ct}$	<b>0,4</b>	<b>0,2</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>NO</b>	$X_z$	-0,3	0,0
	$X_{int,z}$	<b>-0,3</b>	<b>0,0</b>
	$X_{ct}$	129,4	130,2
	$X_{int,ct}$	<b>-0,6</b>	<b>0,2</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>NO2</b>	$X_z$	-0,1	0,3
	$X_{int,z}$	<b>-0,1</b>	<b>0,3</b>
	$X_{ct}$	129,6	130,4
	$X_{int,ct}$	<b>-0,4</b>	<b>0,4</b>
Maximal erlaubte Abweichung		5	5
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>
<b>m-Xylol</b>	$X_z$	-0,4	-0,4
	$X_{int,z}$	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>
	$X_{ct}$	131,4	130,8
	$X_{int,ct}$	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>
Maximal erlaubte Abweichung		10	10
Bestanden?		<b>ja</b>	<b>ja</b>

## **Bewertung**

Die Querempfindlichkeit der SO<sub>2</sub> Messung gegen H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub> und Xylol liegt innerhalb der geforderten Unsicherheiten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die Einzelwerte sind in Tabelle 169 aufgeführt.



**Tabelle 169: Einzelwerte der Prüfung zur Querempfindlichkeit nach DIN EN 14212**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Nullgas + H2S</b>			
09.07.2008	09:45 - 09:50	-0,4	-0,5
09.07.2008	09:55 - 10:00	-0,2	-0,6
09.07.2008	10:05 - 10:10	-0,2	-0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,4</b>
<b>Prüfgas + H2S</b>			
09.07.2008	09:50 - 09:55	130,1	130,4
09.07.2008	10:00 - 10:05	130,4	130,5
09.07.2008	10:10 - 10:15	130,5	130,5
<b>Mittelwert</b>		<b>130,3</b>	<b>130,5</b>
<b>Nullgas + NH3</b>			
09.07.2008	10:20 - 10:25	-0,1	-0,8
09.07.2008	10:30 - 10:35	-0,2	-0,2
09.07.2008	10:40 - 10:45	-0,3	0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,3</b>
<b>Prüfgas + NH3</b>			
09.07.2008	10:25 - 10:30	130,5	130,2
09.07.2008	10:35 - 10:40	130,4	130,2
09.07.2008	10:45 - 10:50	130,2	130,2
<b>Mittelwert</b>		<b>130,4</b>	<b>130,2</b>
<b>Nullgas + NO</b>			
09.07.2008	10:55 - 11:00	-0,2	-0,1
09.07.2008	11:05 - 11:10	-0,4	0,0
09.07.2008	11:15 - 11:20	-0,2	0,0
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>0,0</b>
<b>Prüfgas + NO</b>			
09.07.2008	11:00 - 11:05	130,1	129,9
09.07.2008	11:10 - 11:15	129,8	130,2
09.07.2008	11:20 - 11:25	128,4	130,5
<b>Mittelwert</b>		<b>129,4</b>	<b>130,2</b>
<b>Nullgas + NO2</b>			
09.07.2008	11:40 - 11:45	-0,2	0,2
09.07.2008	11:50 - 11:55	-0,1	0,3
09.07.2008	12:00 - 12:05	0,1	0,4
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,3</b>
<b>Prüfgas + NO2</b>			
09.07.2008	11:45 - 11:50	129,8	130,5
09.07.2008	11:55 - 12:00	129,5	130,5
09.07.2008	12:05 - 12:10	129,4	130,1
<b>Mittelwert</b>		<b>129,6</b>	<b>130,4</b>
<b>Nullgas + m-Xylol</b>			
09.07.2008	12:20 - 12:25	-0,2	-0,4
09.07.2008	12:30 - 12:35	-0,5	-0,6
09.07.2008	12:40 - 12:45	-0,4	-0,2
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>
<b>Prüfgas + m-Xylol</b>			
09.07.2008	12:25 - 12:30	131,6	131,2
09.07.2008	12:35 - 12:40	131,4	130,5
09.07.2008	12:45 - 12:50	131,1	130,7
<b>Mittelwert</b>		<b>131,4</b>	<b>130,8</b>

## C [SO<sub>2</sub>] 8.4.12 Mittelungsprüfung

*Mittelungseinfluss muss bei ≤ 7 % des Messwertes liegen.*

### Prüfbedingungen

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

Zur Bestimmung der auf die Mittelung zurückgehenden Unsicherheit werden die folgenden Konzentrationen auf das Messgerät aufgegeben und die entsprechenden Messwerte registriert: eine sprunghafte Änderung der SO<sub>2</sub>-Konzentration zwischen Null und der Konzentration  $c_t$  (70 % bis 80 % des Maximums der Zertifizierungsbereiches).

Die Zeitspanne ( $t_c$ ) der konstanten SO<sub>2</sub>-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne ( $t_v$ ) der geänderten SO<sub>2</sub>-Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne ( $t_{SO_2}$ ) 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  $t_{SO_2}$ - und  $t_{zero}$ -Paare (mindestens drei Paare).

Der Wechsel von  $t_{SO_2}$  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:

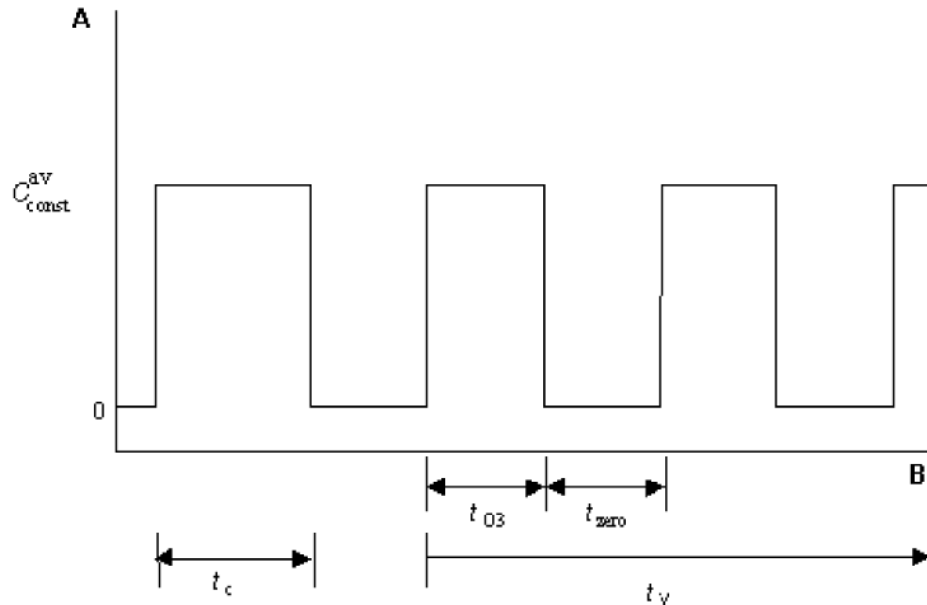
$$X_{av} = \frac{C_{const}^{av} - 2C_{var}^{av}}{C_{const}^{av}} * 100$$

Dabei ist:

$X_{av}$  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**

- A Konzentration
- B Zeit

Abbildung 47: Konzentrationsänderung für die Prüfung des Mittelungseinflusses ( $t_{O_3} = t_{zero} = 45 \text{ s.}$ )

**Durchführung der Prüfung**

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14212 durchgeführt. Zuerst wurde bei einer konstanten Prüfgaskonzentration der Mittelwert gebildet. Danach wurde mit Hilfe eines Dreiwegeventils im 45 s Takt zwischen Null und Prüfgas hin und her geschaltet. Über die Zeit der wechselnden Prüfgasaufgabe wurde ebenfalls der Mittelwert gebildet.

**Auswertung**

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Konstanter Mittelwert		Variabler Mittelwert	
Gerät 1 (1329)	210,9 ppb	Gerät 1 (1329)	105,6 ppb
Gerät 2 (1330)	209,2 ppb	Gerät 2 (1330)	104,7 ppb

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1 (1329): -0,1 %

Gerät 2 (1330): -0,1 %

## Bewertung

Das Leistungskriterium der DIN EN 14212 wird in vollem Umfang eingehalten.  
Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind Tabelle 170 zu entnehmen.

Tabelle 170: Einzelwerte der Mittelungsprüfung nach DIN EN 14212

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
<b>Messung (const)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
Messung 1	210,3	208,9
Messung 2	211,3	209,3
Messung 3	211,0	209,4
Messung 4	211,1	209,1
<b>Mittelwert C (const)</b>	<b>210,9</b>	<b>209,2</b>
<b>Messung (var)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
conz. fallend	210,8	209,2
conz. steigend	0,0	-0,1
conz. fallend	211,0	209,6
conz. steigend	0,1	-0,1
conz. fallend	211,4	209,4
conz. steigend	0,2	-0,3
conz. fallend	211,0	210,1
conz. steigend	0,1	0,1
<b>Mittelwert C (var)</b>	<b>105,6</b>	<b>104,7</b>
<b>Mittlungsfehler X<sub>av</sub> [%]</b>	<b>-0,1</b>	<b>-0,1</b>
erlaubter Fehler	7%	7%
Status	bestanden	bestanden

## **C [SO<sub>2</sub>] 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibriereingang**

*Differenz Proben-/Kalibriereingang ≤ 1,0 %*

### **Prüfvorschriften**

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

$$D_{SC} = \frac{x_s - x_c}{c_t} \times 100$$

Dabei ist

- $D_{SC}$  die Differenz Proben-/Kalibriereingang
- $x_s$  der Mittelwert der Messungen über den Probeneingang
- $x_c$  der Mittelwert der Messungen über den Kalibriereingang
- $c_t$  die Konzentration des Prüfgases

$D_{SC}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### **Durchführung der Prüfung**

Da die Messeinrichtung die Messgasproben über eine lange Messwegstrecke (320 m während des Feldtests) ermittelt, konnte kein Vergleich zwischen dem Probenweg und der Kalibrierküvette ermittelt werden. Da die Kalibriervorrichtung der Messeinrichtung korrekt arbeitet, konnte bei Vergleichsmessungen mit bereits nach EN14211 zertifizierten Messeinrichtungen dargestellt werden. Die Ergebnisse befinden sich im Anhang E.

### **Auswertung**

Hier nicht erforderlich.

### **Bewertung**

Nicht zutreffend. In der Berechnung der Gesamtunsicherheit wird  $D_{SC} = 0$  angenommen.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## **C [SO<sub>2</sub>] 8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung**

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzten Materialien und der Ausrüstung muss die Anforderungen der DIN EN 14212 erfüllen.

Bei der Prüfung im Feld werden zwei Messgeräte über eine Zeitspanne von 3 Monaten hinsichtlich Verfügbarkeit (Kontrollintervall), Vergleichpräzision im Feld und Langzeitdrift geprüft. Die Messgeräte werden parallel an ein und derselben Probenahmestelle an einer ausgewählten Messstation unter spezifischen Außenluftbedingungen betrieben.

### **Auswahl der Messstation**

Die Auswahl der Messstation beruht auf folgenden Kriterien:

Ort:

- periurbane oder ländliche Station
- Einrichtung der Messstation
- ausreichende Kapazität des Probengasverteilers
- genügend Platz, um zwei Messgeräte mit Prüfgasen und/oder Kalibriereinrichtungen unterzubringen
- Kontrolle der Umgebungstemperatur der Messgeräte bei 20 °C ± 4 °C mit Temperatureaufzeichnung
- stabile elektrische Spannung.

Weitere mögliche Kriterien:

- Telemetrie/Telefoneinrichtung zur Fernüberwachung der Einrichtung
- Zugänglichkeit.

### **Betriebsanforderungen**

Nach dem Einbau der Messgeräte in der Messstation ist deren korrekter Betrieb zu prüfen. Dies umfasst unter anderem den korrekten Anschluss am Probengasverteiler, Probengasflüsse, richtige Temperaturen zum Beispiel der Reaktionskammern, Signal gegenüber Null- und Spangas, Datenübertragung und andere Punkte, die von der benannten Stelle als notwendig beurteilt werden.

Nach Feststellung des korrekten Betriebs werden die Messgeräte auf Null abgeglichen und bei einem Wert von etwa 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches kalibriert.

Während der 3-Monats-Zeitspanne müssen die Anforderungen des Geräteherstellers hinsichtlich der Wartung erfüllt werden.

Messungen mit Null- und Spangas sind alle 2 Wochen durchzuführen. Die Konzentration  $c_t$  des Spangases muss etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches betragen. Bei Null und dem Konzentrationsniveau  $c_t$  werden eine unabhängige Messung und danach vier Einzelmessungen durchgeführt und die Messergebnisse aufgezeichnet.

Um die Verunreinigung des Filters bei der Bestimmung der Drift des Messgerätes auszuschließen, werden Null- und Spangas ohne Passage durch das Filter auf das Messgerät aufgegeben.



Um zu vermeiden, dass die Filterbelegung die Ergebnisse des Vergleichs der beiden Messgeräte beeinflusst, und um sicherzustellen, dass die Filterbelegung nicht die Qualität der Messdaten beeinträchtigt, ist das Filter direkt vor jeder zweiwöchentlichen Kalibrierung auszuwechseln. Filter, die bereits im Labor mit SO<sub>2</sub>-Gasmischungen konditioniert wurden, sind zu verwenden.

Während der Prüfzeitspanne von drei Monaten dürfen an den Messgeräten keine Null- und Spangaseinstellungen durchgeführt werden, da dies die Bestimmung der Langzeitdrift beeinflussen würde. Die Messdaten des Messgerätes dürfen unter Annahme einer linearen Drift seit der letzten Null- und Spanprüfung nur mathematisch korrigiert werden.

Falls das Gerät über eine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion verfügt, kann diese während der Feldprüfung außer Funktion gesetzt werden. Die Größe der Eigenkorrektur muss für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Auto-Null und der Auto-Drift-Korrekturen über das Kontrollintervall (Langzeitdrift) unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.

## C [SO<sub>2</sub>] 8.5.4 Langzeitdrift

*Langzeitdrift bei Null ≤ 5,0 nmol/mol (entspricht 5 ppb)*

*Langzeitdrift beim Span-Niveau ≤ 5 % des Zertifizierungsbereiches (entspricht 18,8 ppb bei einem Messbereich von 0 bis 376 ppb)*

### Prüfvorschriften

Nach jeder zweiwöchigen Kalibrierung ist die Drift der in der Prüfung befindlichen Messgeräte bei Null und beim Span-Niveau 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 Span-Niveau 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 Span-Niveau durchgeführt (nach einer Wartezeit, die einer unabhängigen Messung entspricht).

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

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

Dabei ist:

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

$C_{Z,1}$  der Mittelwert der Messungen bei Null zu Beginn der Driftzeitspanne

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

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

$$D_{L,S} = \frac{(C_{S,2} - C_{S,1}) - D_{L,Z}}{C_{S,1}} \times 100$$

Dabei ist:

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

$C_{S,1}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{S,2}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau am Ende der Driftzeitspanne

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



### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde so durchgeführt, dass alle 2 Wochen Prüfgas aufgegeben wurde. In Tabelle 171 und Tabelle 172 sind die gefundenen Messwerte der zweiwöchentlichen Prüfgasaufgaben angegeben.

### Auswertung

Tabelle 171: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (208) [ppb]
C <sub>Z,1</sub> 08.04.2009	0,12	-0,06
C <sub>Z,2</sub> 14.04.2009	-0,30	0,50
<b>D<sub>L,Z</sub> 14.04.2009</b>	<b>-0,42</b>	<b>0,56</b>
C <sub>Z,2</sub> 28.04.2009	-0,50	0,20
<b>D<sub>L,Z</sub> 28.04.2009</b>	<b>-0,62</b>	<b>0,26</b>
C <sub>Z,2</sub> 11.05.2009	-0,40	0,40
<b>D<sub>L,Z</sub> 11.05.2009</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,46</b>
C <sub>Z,2</sub> 15.05.2009	-0,80	0,80
<b>D<sub>L,Z</sub> 15.05.2009</b>	<b>-0,92</b>	<b>0,86</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.06.2009	-0,60	0,40
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.06.2009</b>	<b>-0,72</b>	<b>0,46</b>
C <sub>Z,2</sub> 25.06.2009	0,30	0,50
<b>D<sub>L,Z</sub> 25.06.2009</b>	<b>0,18</b>	<b>0,56</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.07.2009	-0,40	1,10
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.07.2009</b>	<b>-0,52</b>	<b>1,16</b>

*Tabelle 172: Ergebnisse der Langzeitdrift am Spanpunkt*

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
C <sub>S,1</sub> 08.04.2009	299,9	301,7
C <sub>S,2</sub> 14.04.2009	299,6	303,2
<b>D<sub>L,S</sub> 14.04.2009</b>	<b>0,03%</b>	<b>0,32%</b>
C <sub>S,2</sub> 28.04.2009	298,1	301,4
<b>D<sub>L,S</sub> 28.04.2009</b>	<b>-0,41%</b>	<b>-0,18%</b>
C <sub>S,2</sub> 11.05.2009	298,5	299,5
<b>D<sub>L,S</sub> 11.05.2009</b>	<b>-0,31%</b>	<b>-0,88%</b>
C <sub>S,2</sub> 15.05.2009	302,6	296,3
<b>D<sub>L,S</sub> 15.05.2009</b>	<b>1,19%</b>	<b>-2,07%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.06.2009	303,7	298,6
<b>D<sub>L,S</sub> 09.06.2009</b>	<b>1,49%</b>	<b>-1,17%</b>
C <sub>S,2</sub> 25.06.2009	301,1	302,4
<b>D<sub>L,S</sub> 25.06.2009</b>	<b>0,33%</b>	<b>0,05%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.07.2009	303,6	301,1
<b>D<sub>L,S</sub> 09.07.2009</b>	<b>1,39%</b>	<b>-0,58%</b>

### Bewertung

Es ergeben sich Langzeitdriften von maximal -0,92 ppb am Nullpunkt und 1,49 % des Zertifizierungsbereiches für Gerät 1 (1329) und von maximal 1,16 ppb am Nullpunkt und -2,07 % des Zertifizierungsbereiches am Referenzpunkt für Gerät 2 (1330).

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



**Tabelle 173: Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift nach DIN EN 14212**

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	Nullpunkt			Referenzpunkt		
	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]
08.04.2009	13:30	0,10	0,00	15:00	300,5	301,5
08.04.2009	13:35	0,20	0,00	15:05	300,1	301,9
08.04.2009	13:40	0,20	-0,10	15:10	299,5	301,7
08.04.2009	13:45	0,10	-0,10	15:15	299,6	301,4
08.04.2009	13:50	0,00	-0,10	15:20	300,0	301,9
<b>Mittelwert</b>		<b>0,12</b>	<b>-0,06</b>		<b>299,9</b>	<b>301,7</b>
14.04.2009	10:31	-0,30	0,50	11:30	299,6	303,2
28.04.2009	08:40	-0,50	0,20	10:25	298,1	301,4
11.05.2009	09:25	-0,40	0,40	10:30	298,5	299,5
15.05.2009	11:55	-0,80	0,80	12:50	302,6	296,3
09.06.2009	09:20	-0,60	0,40	10:50	303,7	298,6
25.06.2009	09:25	0,30	0,50	10:30	301,1	302,4
09.07.2009	12:10	-0,40	1,10	13:50	303,6	301,1

## C [SO<sub>2</sub>] 8.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen

*Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen ≤ 5 % des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten.*

### Prüfvorschriften

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

Die Differenz  $d_f$  für jede  $i$ -te Parallelmessung ist:

$$d_{f,i} = (x_{1,f})_i - (x_{2,f})_i$$

Dabei ist:

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

$(x_{2,f})_i$  das  $i$ -te Messergebnis von Messgerät 2 zu selben Zeit wie Messgerät 1

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) ist:

$$s_{r,f} = \frac{\left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{f,i}^2}{2n}} \right)}{av} \times 100$$

Dabei ist:

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

$n$  die Anzahl der Parallelmessungen

$av$  der Mittelwert in der Feldprüfung

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

### Durchführung der Prüfung

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

## Auswertung

*Tabelle 174: Bestimmung der Reproduzierbarkeit auf Basis aller Daten aus dem Feldtest*

<b>Vergleichsstandardabweichung im Feldtest</b>				
Stichprobenumfang	n	=	2232	
Mittelwert beider Geräte		=	14,7	ppb
Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	sd	=	0,501	
<b>Vergleichsstandardabweichung (%)</b>	<b>Sr,f</b>	<b>=</b>	<b>4,83</b>	<b>%</b>

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 4,83 % des Mittelwertes.

## Bewertung

Die Anforderungen der DIN EN 14212 werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



## **C [SO<sub>2</sub>] 8.5.6 Kontrollintervall**

*Wartungsintervall mindestens 14 Tage*

### **Prüfvorschriften**

Das Kontrollintervall ist die Zeitspanne, in der die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt, sofern nicht der Gerätehersteller eine kürzere Zeitspanne festlegt. Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, ist die Feldprüfung neu zu starten, um festzustellen, ob die Fehlfunktion zufällig war oder auf einen Gerätefehler zurückzuführen ist.

### **Durchführung der Prüfung**

Das Leistungskriterium der Langzeitdrift (Punkt 8.5.4) wurde während des 3-monatigen Feldtestes nicht überschritten. Allerdings wurde der geräteinterne Teflonfilter monatlich gewechselt.

### **Auswertung**

Aufgrund der Daten aus der Langzeitdriftuntersuchung (siehe Tabelle 171 und Tabelle 172) und den monatlich durchgeführten Wartungsarbeiten ergibt sich ein Kontrollintervall von 4 Wochen.

### **Bewertung**

Das Wartungsintervall beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.

## C [SO<sub>2</sub>] 8.5.7 Verfügbarkeit

Verfügbarkeit des Messgerätes > 90 %.

### 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.

### 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 175 aufgelistet:

Tabelle 175 Ausfallzeiten während des Feldtestes

			Gerät 1329	Gerät 1330
Gesamtzeit	$t_t$	h	2232	2232
Kalibrierung/Wartung	--	h	74	74
Einsatzzeit	$t_u$	h	2158	2158
Verfügbarkeit	$A_a$	%	96,7 %	96,7 %

Der Feldtest wurde zwischen dem 11.05.2009 und dem 15.05.2009 für 52 Stunden unterbrochen, um einige Querempfindlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei wurden lediglich die Glasfaserkabel der Sender-Empfangseinheit vom Analysator getrennt und die Glasfaserkabel der Kalibrierbank für die Laborversuche angeschlossen. Es wurden keine Justierungen an der Messeinrichtung vorgenommen. Die Messeinrichtungen zeigen sowohl auf der Prüfbank als auch nach Rückbau zum normalen Messbetrieb anforderungsgemäße Messergebnisse. Der Zeitraum der Unterbrechung wurde in der Verfügbarkeitsberechnung mitbewertet. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen. Der Zeitraum der Unterbrechung wird in der Verfügbarkeitsberechnung als Ausfallzeit gewertet.

### **Bewertung**

Die Verfügbarkeit beträgt 96,3 %, somit ist die Mindestanforderung erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



## **Eignungsanerkennung nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>**

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14212).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. 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 G der DIN EN 14212 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14212).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. 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 G der DIN EN 14212 angegeben.*

### **Prüfvorschriften**

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14212.

### **Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14212 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang C aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

### **Auswertung**

- Zu 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngrößen erfüllt das in Tabelle 1 der DIN EN 14212 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 1 der DIN EN 14212 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.

## **Bewertung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang C aufgeführt. Die Mindestanforderungen werden eingehalten.

Mindestanforderungen erfüllt? Ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang C aufgeführt.

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 176 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 177 und Tabelle 179 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 178 und Tabelle 180 zu finden.



**Tabelle 176: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14212 für die Komponente SO<sub>2</sub>**

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei Null	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol}$	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,1 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb	ja	315
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	$\leq 3,0 \text{ nmol/mol}$	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,1 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,1 ppb	ja	315
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als Null $\leq 4\%$ des Messwertes  Abweichung bei Null $\leq 5,0 \text{ nmol/mol}$	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP -0,28 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 1,6 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP -0,64 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP 1,4 %	ja	318
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 2,0 \text{ nmol/mol/kPa}$	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 ppk/kPa b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb/kPa	entfällt	324
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,071 ppb/K b <sub>gt</sub> Gerät 1330: 0,011 ppb/K	ja	326
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungs-temperatur	$\leq 1,0 \text{ nmol/mol/K}$	b <sub>st</sub> Gerät 1329: -0,03 ppb/K b <sub>st</sub> Gerät 1330: -0,06 ppb/K	ja	328
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 0,30 \text{ nmol/mol/V}$	b <sub>v</sub> Gerät 1329: NP -0,01 ppb/V b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP 0,01 ppb/V	ja	332
8.4.11 Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct	H <sub>2</sub> S $\leq 5 \text{ nmol/mol}$ NH <sub>3</sub> $\leq 5 \text{ nmol/mol}$ NO $\leq 5 \text{ nmol/mol}$ NO <sub>2</sub> $\leq 5 \text{ nmol/mol}$ m-Xylol $\leq 10 \text{ nmol/mol}$	H <sub>2</sub> S Gerät 1329: NP 0,3 ppb / RP 0,3 ppb Gerät 1330: NP -0,4 ppb / RP 0,5 ppb NH <sub>3</sub> Gerät 1329: NP -0,2 ppb / RP -0,3 ppb Gerät 1330: NP 0,4 ppb / RP 0,2 ppb NO Gerät 1329: NP -0,3 ppb / RP 0,0 ppb Gerät 1330: NP -0,6 ppb / RP 0,2 ppb NO <sub>2</sub> Gerät 1329: NP -0,1 ppb / RP 0,3 ppb Gerät 1330: NP -0,4 ppb / RP 0,4 ppb m-Xylol Gerät 1329: NP -0,4 ppb / RP -0,4 ppb Gerät 1330: NP 1,4 ppb / RP 0,8 ppb	ja	334

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.12 Mittelungseinfluss	≤ 7,0 % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: -0,1 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,1 %	ja	338
8.4.13 Differenz Proben/Kalibrieringang	≤ 1,0 %	D <sub>SC</sub> Gerät 1329: 0,0 D <sub>SC</sub> Gerät 1330: 0,0	ent- fällt	341
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	308
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	308
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s	ja	308
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	350
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	351
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 4,83 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 4,83 %	ja	348
8.5.4 Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: -0,92 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: 1,16 ppb	ja	345
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. 1,49 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. -2,07 %	ja	345
8.4.4 Kurzzeitdrift bei Null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,1 ppb	ja	312
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 0,0 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 0,0 ppb	ja	312

**Tabelle 177: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		132		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	u <sub>1,z</sub>	0,02	0,0003	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	u <sub>1,y</sub>	0,02	0,0003	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,600	u <sub>1,v</sub>	1,22	1,4868	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>1,p</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,071	u <sub>1,t</sub>	0,54	0,2908	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,030	u <sub>1,t</sub>	-0,23	0,0523	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>1,y</sub>	-0,10	0,0103	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>1,z</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,409	u <sub>1,pois</sub>			
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,406	oder	0,40	0,1600	
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,604				
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,404				
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	1,421	u <sub>1,lin</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,100	u <sub>1,v</sub>	-0,08	0,0058	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>1,bc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	u <sub>1,cg</sub>	1,32	1,7424	
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		1,9363	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>		3,8726	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>		<b>2,93</b>	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>rel,erl.</sub>		15	%



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 289 von 509

**Tabelle 178: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		132		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	U <sub>i,z</sub>	U <sub>i,v</sub>	U <sub>i,f</sub>	U <sub>i,ges</sub>
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,100	0,02			0,0003
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	U <sub>i,v</sub>	U <sub>i,v</sub>	U <sub>i,f</sub>	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,600	U <sub>i,v</sub>	U <sub>i,v</sub>	1,22	1,4868
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	U <sub>gp</sub>	U <sub>gp</sub>	0,00	0,0000
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,071	U <sub>gt</sub>	U <sub>gt</sub>	0,54	0,2908
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,030	U <sub>ut</sub>	U <sub>ut</sub>	-0,23	0,0523
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	-0,010	U <sub>v</sub>	U <sub>v</sub>	-0,10	0,0103
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	U <sub>geo</sub>	U <sub>geo</sub>	0,00	0,0000
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,409	U <sub>h,loes</sub>	U <sub>h,loes</sub>		
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,406				
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,604				
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	-0,404			0,40	0,1600
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	1,421	U <sub>h,mes</sub>	U <sub>h,mes</sub>		
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	-0,100	U <sub>av</sub>	U <sub>av</sub>	-0,08	0,0058
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,830	U <sub>z</sub>	U <sub>z</sub>	6,38	40,6483
11	Langzeleffekt bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	-0,920	U <sub>z,z</sub>	U <sub>z,z</sub>	-0,53	0,2821
12	Langzeleffekt beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zert.bereichs	1,490	U <sub>z,liv</sub>	U <sub>z,liv</sub>	1,14	1,2894
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	≤ 1,0%	0,000	U <sub>bc</sub>	U <sub>bc</sub>	0,00	0,0000
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	U <sub>cg</sub>	U <sub>cg</sub>	1,32	1,7424
				Kombinierte Standardunsicherheit		U <sub>c</sub>	
				Erweiterte Unsicherheit		U <sub>e</sub>	
				Relative erweiterte Unsicherheit		U <sub>e,rel</sub>	
				Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		U <sub>e,rel,max</sub>	
						nmol/mol	6,7800
						nmol/mol	13,5600
						%	10,27
						%	15

**Tabelle 179: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		132		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilsicherheit	Quadrat der Teilsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>zz</sub> 0,00	0,0000		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	u <sub>rv</sub> 0,02	0,0003		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,400	u <sub>lv</sub> 1,07	1,1384		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub> 0,00	0,0000		
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,011	u <sub>gt</sub> 0,08	0,0070		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,060	u <sub>st</sub> -0,46	0,2091		
7	Änderung der ei. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>y</sub> 0,10	0,0103		
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>z2b</sub> 0,00	0,0000		
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,503	u <sub>st, pos</sub>	1,5129		
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,203	1,23			
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,202				
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,401				
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,809				
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	0,100		u <sub>av</sub> 0,08	0,0058	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>dsc</sub> 0,00	0,0000		
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	0	1,7424		
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>	2,1509	nmol/mol	
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>	4,3017	nmol/mol	
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>	3,26	%	
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>	15	%	

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 291 von 509

**Tabelle 180: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14212 (Komponente SO<sub>2</sub>) für Gerät 1330**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		132		nmol/mol	
Messkomponente: SO <sub>2</sub>		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:		1h-Grenzwert:	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilsicherheit	Quadrat der Teilsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	≤ 1,0 nmol/mol	0,000	u <sub>r,z</sub>	0,00	0,0000	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol	0,100	u <sub>r,v</sub>	nicht berücksichtigt, da u <sub>r,v</sub> = 0,01 < u <sub>r,z</sub>	-	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	≤ 4,0% des Messwertes	1,400	u <sub>lv</sub>	1,07	1,1384	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	≤ 3,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	0,011	u <sub>gt</sub>	0,08	0,0070	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	≤ 1,0 nmol/mol/K	-0,060	u <sub>gt</sub>	-0,46	0,2091	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	≤ 0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>v</sub>	0,10	0,0103	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,000	u <sub>stz</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente H <sub>2</sub> S mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,503	u <sub>stpos</sub>			
8c	Störkomponente NH <sub>3</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,203				
8d	Störkomponente NO mit 500 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,202	oder	1,23	1,5129	
8e	Störkomponente NO <sub>2</sub> mit 200 nmol/mol	≤ 5,0 nmol/mol	0,401				
8f	Störkomponente m-Xylol mit 1 µmol/mol	≤ 10 nmol/mol	0,809	u <sub>st,neg</sub>			
9	Mittelungsfehler	≤ 7,0% des Messwertes	0,100	u <sub>av</sub>	0,08	0,0058	
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	≤ 5,0% des Mittels über 3 Mon.	4,830	u <sub>r,l</sub>	6,38	40,8483	
11	Langzeitdrift bei Null	≤ 5,0 nmol/mol	1,160	u <sub>dlz</sub>	0,67	0,4485	
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	≤ 5,0% des Max. des Zeitbereichs	-2,070	u <sub>dlv</sub>	-1,58	2,4887	
18	Differenz Proben-/Kaltleitgaseingang	≤ 1,0%	0,000	u <sub>psc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	≤ 3,0%	2,000	0	1,32	1,7424	
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		6,9434	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>		13,8869	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>		10,52	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>		15	%



# Anhang D

## Prüfpunkte und Auswertung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>

Zur besseren Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit mit den Mindestanforderungen orientiert sich die Nummerierung der Prüfpunkte im Anhang D an der Nummerierung der Verfahren zur Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Labor und Feldprüfung der DIN EN 14625.

## **D [O<sub>3</sub>] 8.4 Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor**

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Labor als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der bei den beschriebenen Prüfverfahren benutzten Materialien und der Ausrüstung muss die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen erfüllen. Die Laborprüfung ist mit mindestens zwei Messgeräte durchzuführen.

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 Prüfungen ist die vom Hersteller festgelegte Einlaufzeit einzuhalten. Falls die Einlaufzeit nicht festgelegt ist, wird eine Mindestzeit von 4 h empfohlen.

Vor der Aufgabe von Prüfgasen auf das Messgerät muss das Prüfgassystem ausreichend lange betrieben worden sein, um stabile Konzentrationen liefern zu können.

Die meisten Messsysteme können das Ausgangssignal als fließenden Mittelwert einer einstellbaren Zeitspanne ausgeben. Einige Systeme passen diese Integrationszeit automatisch als Funktion der Frequenz der Konzentrationsschwankungen der gemessenen Komponente an. Diese Optionen werden typischerweise zur Glättung der Ausgabedaten verwendet. Es ist zu belegen, dass der eingestellte Wert für die Mittelungszeit oder die Verwendung eines aktiven Filters das Ergebnis der Prüfung der Mittelungszeit und der Einstellzeit nicht beeinflussen.

Während der Labor- und Feldprüfungen der Eignungsprüfung müssen die Geräteeinstellungen den Herstellerangaben entsprechen. Alle Einstellungen sind im Prüfbericht festzuhalten.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase zu verwenden, sofern in der DIN EN 14625 nichts anderes festgelegt ist.

Zur Bestimmung der verschiedenen Leistungskenngrößen sind auf nationale Standards rückführbare Prüfgase (Luft mit einer bestimmten O<sub>3</sub>-Konzentration) zu verwenden, sofern in diesem Dokument nichts anderes festgelegt ist.

Die Unsicherheit der für die Labor- und Feldprüfungen verwendeten Null- und Spangase dürfen nicht signifikant sein.

Die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH ist anerkannte Messstelle nach § 26 BImSchG und akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025.

Die Laborprüfung wurde nach den in der DIN EN 14211 vorgeschriebenen Qualitätsanforderungen mit 2 Messgeräten durchgeführt.



**Tabelle 181: Relevante Leistungskenngrößen und Leistungskriterien der DIN EN 14625**

Nr.	Leistungskenngröße	Symbol	Abschnitt	Leistungskriterium
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	S <sub>r,z</sub>	8.4.5	≤ 1,0 nmol/mol
2	Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration ct	S <sub>r,ct</sub>	8.4.5	≤ 3,0 nmol/mol
3	„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)		8.4.6	
3a	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentrationen größer Null	X <sub>l</sub>		≤ 4 % des Messwertes
3b	Abweichung bei Null	X <sub>l,z</sub>		≤ 5,0 nmol/mol
4	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	b <sub>gp</sub>	8.4.7	≤ 2,0 nmol/mol/kPa
5	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	b <sub>gt</sub>	8.4.8	≤ 1,0 nmol/mol/K
6	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	b <sub>st</sub>	8.4.9	≤ 1,0 nmol/mol/K
7	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	b <sub>v</sub>	8.4.10	≤ 0,30 nmol/mol/V
8	Störkomponenten bei Null und der Konzentration ct		8.4.11	
8a	H <sub>2</sub> O Konzentration 19mmol/mol	X <sub>H2O,z.ct</sub>		H <sub>2</sub> O ≤ 10 nmol/mol
8b	Toluol Konzentration 0,5 µmol/mol	X <sub>CO2,z.ct</sub>		Toluol ≤ 5,0 nmol/mol
8c	Xylol Konzentration 0,5 µmol/mol	X <sub>O3,z.ct</sub>		Xylol ≤ 2,0 nmol/mol
9	Mittelungseinfluss	X <sub>av</sub>	8.4.12	≤ 7,0 % des Messwertes
10	Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen	S <sub>r,f</sub>	8.5.5	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von 3 Monaten
11	Langzeitdrift bei Null	D <sub>l,z</sub>	8.5.4	≤ 5,0 nmol/mol
12	Langzeitdrift beim Span-Niveau	D <sub>l,s</sub>	8.5.4	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches
13	Kurzzeitdrift bei Null	D <sub>s,z</sub>	8.4.4	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h
14	Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	D <sub>s,s</sub>	8.4.4	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h
15	Einstellzeit (Anstieg)	t <sub>r</sub>	8.4.3	≤ 180 s
16	Einstellzeit (Abfall)	t <sub>f</sub>	8.4.3	≤ 180 s
17	Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	t <sub>d</sub>	8.4.3	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist
18	Differenz Proben/Kalibriereingang	D <sub>sc</sub>	8.4.13	≤ 1 %
19	Kontrollintervall		8.5.6	3 Monate oder weniger
20	Verfügbarkeit des Messgerätes	A <sub>a</sub>	8.5.7	> 90 %

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.3 Einstellzeit

*Einstellzeit (Anstieg) und Einstellzeit (Abfall) jeweils ≤ 180 s. Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit ≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem welcher Wert größer ist.*

### Prüfvorschriften

Die Einstellzeit des Messgerätes muss bei dem vom Hersteller angegebenen Nennvolumendurchfluss bestimmt werden.

Der Probendurchfluss ist dementsprechend der Anforderung nach 8.4.2 (± 1 %) während der Prüfung konstant zu halten.

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 (siehe Bild 13).

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 Bild 13. 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 Bild 13 gezeigte Zyklus vollständig abgelaufen.

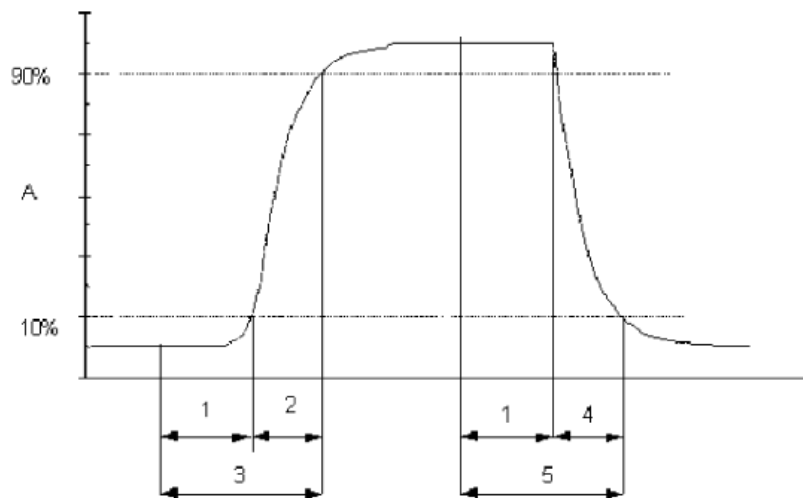
Die zwischen dem Beginn der sprunghaften Änderung und dem Erreichen von 90 % der endgültigen stabilen Anzeige des Messgerätes vergangene Zeit (Einstellzeit) wird gemessen. Der gesamte Zyklus muss viermal wiederholt werden. Der Mittelwert der vier Einstellzeiten (Anstieg) und der Mittelwert der vier Einstellzeiten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

Die relative Differenz der Einstellzeit wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$t_d = \left| \frac{t_r - t_f}{t_r} \right| \times 100\%$$

Mit  $t_d$  die relative Differenz zwischen Anstiegszeit und Abfallzeit  
 $t_r$  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 48: Veranschaulichung der Einstellzeit

### Durchführung der Prüfung

Bei der Messeinrichtung handelt es sich um eine Mehrkomponentenmeseinrichtung. Soweit sie zur Erfassung mehrerer Komponenten eingesetzt wird, werden diese sequentiell gemessen. Die Einstellzeit bei dem angewandten Messverfahren wird, im Gegensatz zu herkömmlichen Monitoren, nicht durch Gaswege und Dämpfungseinstellungen bestimmt. Die Einstellzeit der Messeinrichtung wird maßgeblich durch die Anzahl der aktivierten Komponenten sowie der Messzeit pro Komponente bestimmt. Während der Eignungsprüfung waren 3 Komponenten aktiviert, die Messzeit pro Komponente betrug 30 Sekunden. Damit ergibt sich eine Gesamtzykluszeit von 90 Sekunden. Somit beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden. Die Gesamtmesszeit pro Stunde beträgt 20 Minuten für je Stunde.

### Auswertung

Bedingt durch das Messverfahren, die eingestellte Messzeit sowie die Anzahl der gemessenen Komponenten beträgt die maximale Einstellzeit 120 Sekunden bei allen Komponenten.

### Bewertung

Die maximal zulässige Einstellzeit von 180 s wird mit einer maximalen Einstellzeit von 120 s unterschritten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



## D [O<sub>3</sub>] 8.4.4 Kurzzeitdrift

*Kurzzeitdrift bei null ≤ 2,0 nmol/mol/12h (entspricht 2 ppb/12h)*

*Kurzzeitdrift beim Span-Niveau ≤ 6,0 nmol/mol/12h (entspricht 6 ppb/12h)*

### Prüfvorschriften

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 Span-Niveau 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

$C_{Z,1}$  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.

## Durchführung der Prüfung

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

## Auswertung

Tabelle 182: Ergebnisse der Kurzzeitdrift

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	[ppb]	[ppb]
C <sub>z,1</sub>	0,6	0,3
C <sub>z,2</sub>	0,5	0,0
D <sub>s,z</sub>	<b>-0,1</b>	<b>-0,2</b>
Anforderung	2 ppb	2 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>
C <sub>s,1</sub>	119,5	119,4
C <sub>s,2</sub>	121,0	121,1
D <sub>s,s</sub>	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>
Anforderung	6 ppb	6 ppb
erfüllt ?	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Nullpunkt ( $D_{s,z}$ )

Gerät 1: -0,1 (µg/m<sup>3</sup>)/12 h

Gerät 2: -0,2 (µg/m<sup>3</sup>)/12 h

Es ergeben sich folgende Kurzzeitdriften am Spanpunkt ( $D_{s,s}$ )

Gerät 1: 1,6 (µg/m<sup>3</sup>)/12 h

Gerät 2: 1,9 (µg/m<sup>3</sup>)/12 h

Die Anforderungen zur Kurzzeitdrift werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind der Tabelle 183 und Tabelle 184 zu entnehmen.

Tabelle 183: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift für Gerät 1 (1329)

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,5	17:20	118,7	3:05	0,8	5:20	119,6
15:09	0,5	17:22	119,7	3:07	0,7	5:22	120,5
15:11	0,8	17:24	120,4	3:09	0,4	5:24	120,9
15:13	0,5	17:26	120,2	3:11	0,6	5:26	121,1
15:15	0,5	17:28	119,9	3:13	0,7	5:28	121,8
15:17	0,7	17:30	120,2	3:15	0,7	5:30	121,5
15:19	0,6	17:32	119,6	3:17	0,3	5:32	121,6
15:21	0,5	17:34	119,6	3:19	0,5	5:34	121,8
15:23	0,5	17:36	119,3	3:21	0,6	5:36	121,5
15:25	0,5	17:38	119,9	3:23	0,5	5:38	121,2
15:27	0,6	17:40	119,4	3:25	0,6	5:40	121,9
15:29	0,7	17:42	119,9	3:27	0,8	5:42	121,4
15:31	0,2	17:44	118,8	3:29	0,3	5:44	120,8
15:33	0,7	17:46	119,4	3:31	0,3	5:46	121,3
15:35	0,8	17:48	119,1	3:33	0,3	5:48	119,7
15:37	0,9	17:50	119,0	3:35	0,3	5:50	120,4
15:39	0,6	17:52	119,2	3:37	0,5	5:52	121,0
15:41	0,7	17:54	119,2	3:39	0,4	5:54	120,8
15:43	0,5	17:56	119,4	3:41	0,6	5:56	120,9
15:45	0,3	17:58	119,0	3:43	0,4	5:58	121,3
<b>Mittelwert</b>	<b>0,6</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>119,5</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>0,5</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>121,0</b>

*Tabelle 184: Einzelwerte der Ermittlung der Kurzzeitdrift für Gerät 2 (1330)*

Anfangswerte				Werte nach 12 h			
Nullpunkt		Referenzpunkt		Nullpunkt		Referenzpunkt	
[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]	[Uhrzeit]	[ppb]
15:07	0,2	17:20	116,7	3:05	0,1	5:20	118,5
15:09	0,5	17:22	119,9	3:07	0,2	5:22	120,9
15:11	0,0	17:24	120,1	3:09	-0,1	5:24	121,3
15:13	-0,7	17:26	120,4	3:11	-0,2	5:26	121,2
15:15	0,7	17:28	120,0	3:13	0,1	5:28	121,9
15:17	0,6	17:30	120,1	3:15	0,3	5:30	121,7
15:19	0,7	17:32	120,0	3:17	0,3	5:32	122,0
15:21	0,1	17:34	119,6	3:19	0,3	5:34	122,5
15:23	0,0	17:36	119,5	3:21	0,1	5:36	121,9
15:25	0,1	17:38	119,9	3:23	0,0	5:38	121,6
15:27	0,5	17:40	119,1	3:25	-0,1	5:40	121,6
15:29	0,1	17:42	119,5	3:27	0,0	5:42	122,1
15:31	0,0	17:44	119,6	3:29	-0,3	5:44	121,2
15:33	0,7	17:46	119,4	3:31	-0,1	5:46	121,6
15:35	0,4	17:48	119,2	3:33	0,0	5:48	117,8
15:37	0,2	17:50	119,1	3:35	0,2	5:50	120,3
15:39	0,3	17:52	119,1	3:37	0,0	5:52	120,9
15:41	0,4	17:54	119,1	3:39	-0,1	5:54	121,2
15:43	0,2	17:56	119,2	3:41	-0,1	5:56	121,2
15:45	0,5	17:58	119,4	3:43	0,1	5:58	121,0
<b>Mittelwert</b>	<b>0,3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>119,4</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>121,1</b>

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.5 Wiederholstandardabweichung

*Wiederholstandardabweichung bei Null ≤ 1,0 nmol/mol (entspricht 1ppb)*

*Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt ≤ 3 nmol/mol (entspricht 3 ppb)*

### Prüfvorschriften

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

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

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

Dabei ist

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

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

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

### Durchführung der Prüfung

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

## Auswertung

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Prüfung der Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14625 sind in Tabelle 185 aufgeführt.

*Tabelle 185: Wiederholstandardabweichung nach DIN EN 14625*

Messung		Gerät 1 (1329)		Gerät 2 (1330)	
		NP	RP	NP	RP
		ppb	ppb	ppb	ppb
Anzahl	n	20	20	20	20
Mittelwert	x	0,2	119,3	0,2	119,4
<b>Standardabweichung</b>	<b>sr</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>
<b>Anforderung nach DIN EN 14625</b>	<b>ppb</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Anforderung erfüllt?</b>		<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>	<b>ja</b>

## Bewertung

Beide Geräte halten die Mindestanforderung für die Wiederholstandardabweichung am Null- und Referenzpunkt ein.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 186 aufgeführt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmeseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 303 von 509

**Tabelle 186: Einzelwerte der Ermittlung der Wiederholstandardabweichung**

Labor		Nullpunkt		Labor		Referenzpunkt	
Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]			[ppb]	[ppb]
02.04.2009	15:40 - 15:55	0,1	0,1	02.04.2009	15:55 - 16:10	119,5	119,5
02.04.2009	16:10 - 16:25	0,3	0,1	02.04.2009	16:25 - 16:40	119,3	119,3
02.04.2009	16:40 - 16:55	0,4	0,1	02.04.2009	16:55 - 17:10	118,9	119,1
02.04.2009	17:10 - 17:25	0,1	0,3	02.04.2009	17:25 - 17:40	120,1	119,9
02.04.2009	17:40 - 17:55	0,0	0,0	02.04.2009	17:55 - 18:10	120,2	119,8
02.04.2009	18:10 - 18:25	0,4	0,5	02.04.2009	18:25 - 18:40	120,3	119,9
02.04.2009	18:40 - 18:55	0,1	0,1	02.04.2009	18:55 - 19:10	120,3	120,3
02.04.2009	19:10 - 19:25	0,2	0,4	02.04.2009	19:25 - 19:40	119,7	120,1
02.04.2009	19:40 - 19:55	0,4	0,3	02.04.2009	19:55 - 20:10	119,1	119,3
02.04.2009	20:10 - 20:25	0,1	0,4	02.04.2009	20:25 - 20:40	118,9	119,2
02.04.2009	20:40 - 20:55	0,1	0,2	02.04.2009	20:55 - 21:10	119,2	119,5
02.04.2009	21:10 - 21:25	0,0	0,0	02.04.2009	21:25 - 21:40	119,2	119,5
02.04.2009	21:40 - 21:55	0,0	0,5	02.04.2009	21:55 - 22:10	119,3	119,4
02.04.2009	22:10 - 22:25	0,5	0,3	02.04.2009	22:25 - 22:40	119,1	119,2
02.04.2009	22:40 - 22:55	0,2	0,2	02.04.2009	22:55 - 23:10	119,1	119,0
02.04.2009	23:10 - 23:25	0,3	0,5	02.04.2009	23:25 - 23:40	118,6	118,8
02.04.2009	23:40 - 23:55	0,4	0,4	02.04.2009	23:55 - 00:10	118,9	119,2
03.04.2009	00:10 - 00:25	0,1	0,3	03.04.2009	00:25 - 00:40	118,6	119,1
03.04.2009	00:40 - 00:55	0,2	0,1	03.04.2009	00:55 - 01:10	118,6	118,8
03.04.2009	01:10 - 01:25	0,3	0,1	03.04.2009	01:25 - 01:40	118,7	118,9
Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>	Anzahl		<b>20</b>	<b>20</b>
Mittelwert		<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	Mittelwert		<b>119,3</b>	<b>119,4</b>
Standardabweichung		<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	Standardabweichung		<b>0,6</b>	<b>0,4</b>

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.6 „Lack of fit“ (Abweichung von der Linearen Regression)

*„lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression) 5 nmol/mol (entspricht 5 ppb) am Nullpunkt und ≤ 4 % des Messwertes am Referenzpunkt.*

### Prüfvorschriften

Der „lack of fit“ des Messgerätes 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 einzustellen. Bei jeder Konzentration (einschließlich des Nullpunktes) werden mindestens fünf unabhängige Messungen durchgeführt.

Die Konzentrationen werden in folgender Reihenfolge aufgegeben: 80 %, 40 %, 0 %, 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 B der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Abweichungen von der linearen Regressionsfunktion müssen das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

Der größte Wert der relativen Abweichungen wird als  $X_1$  angegeben und ist beim Nachweis der Erfüllung der Eignungsprüfungsanforderung 1 zu berücksichtigen. Der Wert der relativen Abweichung beim Niveau des 1-Stunden-Grenzwertes ist bei der Berechnung der Eignungsprüfungsanforderungen 2 und 4 zu verwenden.

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  $Y_i = A + B * X_i$

$$A = a - B * X_z$$

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

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

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

Dabei ist:

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

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

M die Anzahl der Wiederholungen beim Konzentrationsniveau c

Die Abweichung jedes Mittelwertes ( $d_c$ ) bei jedem Konzentrationsniveau ist:

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

Jede Abweichung eines Wertes relativ zu seinem Konzentrationsniveau c ist:

$$(d_t)_c = \frac{d_c}{c} \times 100\%$$

### **Durchführung der Prüfung**

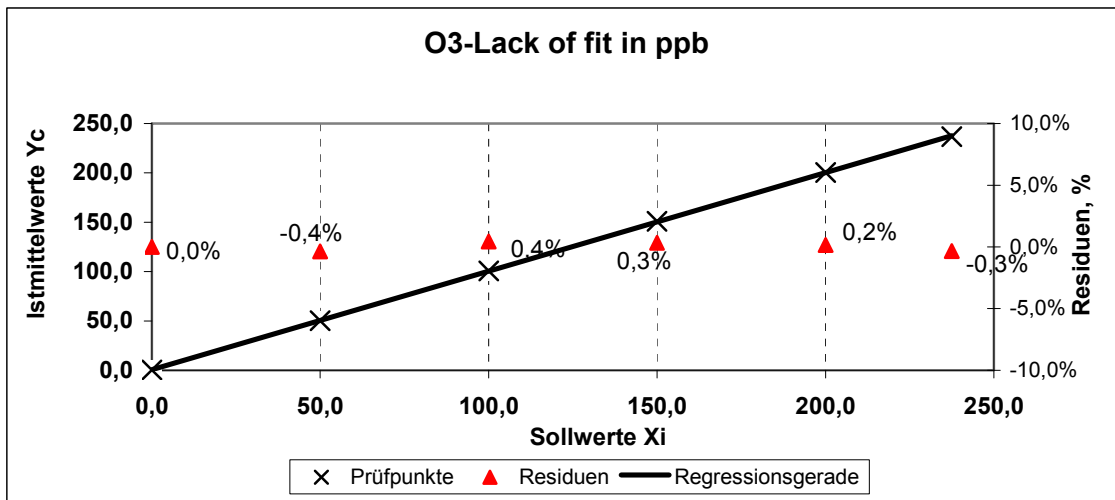
Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt.

### **Auswertung**

Es ergeben sich folgende lineare Regressionen:

In Abbildung 49 und Abbildung 50 sind die Ergebnisse der Gruppenmittelwertuntersuchungen zusammenfassend für O<sub>3</sub> graphisch und dargestellt.

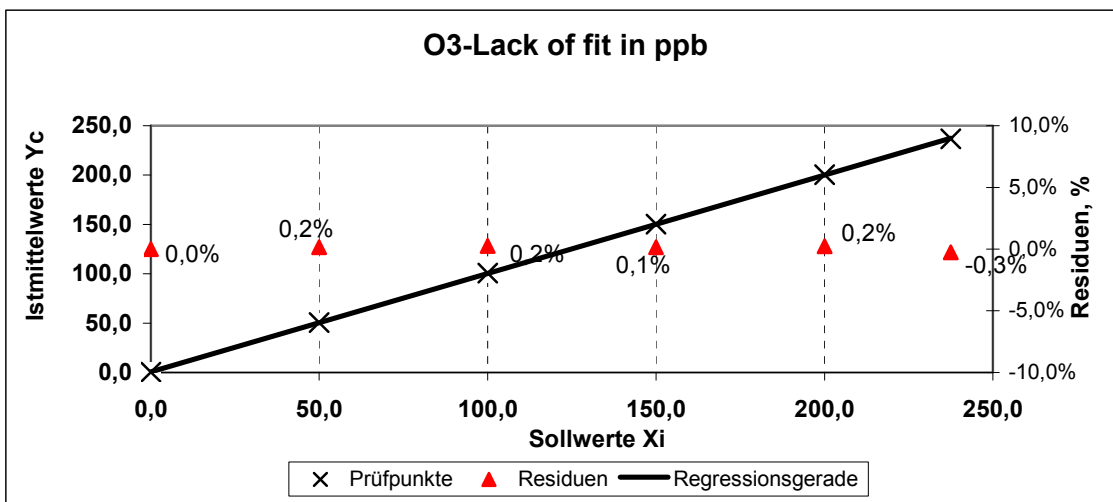
Linearitätsprüfung	Messbereich	250 ppb			O3		
Stufen	O3	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	200,0	100,0	0,0	150,0	50,0	237,5
Istwert Yi 1	ppb	200,8	100,9	0,3	149,7	50,1	237,3
Istwert Yi 2	ppb	198,6	100,1	0,2	151,3	50,5	236,7
Istwert Yi 3	ppb	201,5	101,0	0,4	151,0	49,7	236,8
Istwert Yi 4	ppb	200,7	101,1	0,2	151,0	50,6	236,6
Istwert Yi 5	ppb	201,2	101,1	0,3	151,2	50,6	237,0
Istmittelwert Yc	ppb	200,6	100,8	0,3	150,8	50,3	236,9
Residuen dc	ppb	0,31	0,44	-0,28	0,51	-0,18	-0,81
Residuen (d <sub>r</sub> ) <sub>c</sub>	%	0,2%	0,4%	0,0%	0,3%	-0,4%	-0,3%



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messwert.

Abbildung 49: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 1, Komponente O<sub>3</sub>

Linearitätsprüfung	Messbereich	250 ppb		O3			
Stufen	O3	1	2	3	4	5	6
Sollwert	ppb	200,0	100,0	0,0	150,0	50,0	237,5
Istwert Yi 1	ppb	200,0	100,8	0,4	150,2	49,8	237,0
Istwert Yi 2	ppb	199,4	100,2	0,3	149,7	50,4	237,0
Istwert Yi 3	ppb	200,8	100,5	0,2	150,8	50,7	236,9
Istwert Yi 4	ppb	201,3	100,8	0,5	150,0	51,4	236,5
Istwert Yi 5	ppb	200,8	100,8	0,3	151,3	50,9	236,3
Istmittelwert Yc	ppb	200,5	100,6	0,3	150,4	50,6	236,7
Residuen dc	ppb	0,47	0,25	-0,41	0,22	0,08	-0,61
<b>Residuen (d<sub>r</sub>)<sub>c</sub></b>	<b>%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,2%</b>	<b>-0,3%</b>



Die zulässige Abweichung der Residuen  $d_{c,rel}$  beträgt  $\pm 4\%$ , bezogen auf den Messwert.

Abbildung 50: Analysenfunktion aus den Gruppenmittelwerten für Gerät 2, Komponente O<sub>3</sub>

## Bewertung

Für Gerät 1 (1329) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,3 ppb am Nullpunkt und maximal 0,4 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

Für Gerät 1 (1330) ergibt sich eine Abweichung von der linearen Regressionsgerade von 0,3 ppb am Nullpunkt und maximal -0,3 % vom Sollwert bei Konzentrationen größer Null.

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 187 und Tabelle 188 zu finden.



**Tabelle 187: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung Gerät 1 (1329)**

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	02.04.2009	09:30 - 09:45	0,3	0,0	0,3
1	02.04.2009	10:00 - 10:15	50,1	50,0	0,1
1	02.04.2009	09:15 - 09:30	100,9	100,0	0,8
1	02.04.2009	09:45 - 10:00	149,7	150,0	-0,3
1	02.04.2009	09:00 - 09:15	200,8	200,0	0,8
1	02.04.2009	10:15 - 10:30	237,3	237,5	-0,3
2	02.04.2009	12:45 - 13:00	0,2	0,0	0,2
2	02.04.2009	13:15 - 13:30	50,5	50,0	0,5
2	02.04.2009	12:30 - 12:45	100,1	100,0	0,1
2	02.04.2009	13:00 - 13:15	151,3	150,0	1,3
2	02.04.2009	12:15 - 12:30	198,6	200,0	-1,4
2	02.04.2009	13:30 - 13:45	236,7	237,5	-0,8
3	03.04.2009	09:30 - 09:45	0,4	0,0	0,4
3	03.04.2009	10:00 - 10:15	49,7	50,0	-0,3
3	03.04.2009	09:15 - 09:30	101,0	100,0	1,0
3	03.04.2009	09:45 - 10:00	151,0	150,0	0,9
3	03.04.2009	09:00 - 09:15	201,5	200,0	1,4
3	03.04.2009	10:15 - 10:30	236,8	237,5	-0,7
4	03.04.2009	12:45 - 13:00	0,2	0,0	0,2
4	03.04.2009	13:15 - 13:30	50,6	50,0	0,6
4	03.04.2009	12:30 - 12:45	101,1	100,0	1,1
4	03.04.2009	13:00 - 13:15	151,0	150,0	1,0
4	03.04.2009	12:15 - 12:30	200,7	200,0	0,7
4	03.04.2009	13:30 - 13:45	236,6	237,5	-0,9
5	03.04.2009	16:00 - 16:15	0,3	0,0	0,3
5	03.04.2009	16:30 - 16:45	50,6	50,0	0,6
5	03.04.2009	15:45 - 16:00	101,1	100,0	1,1
5	03.04.2009	16:15 - 16:30	151,2	150,0	1,2
5	03.04.2009	15:30 - 15:45	201,2	200,0	1,2
5	03.04.2009	16:45 - 17:00	237,0	237,5	-0,6

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmesseinrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 309 von 509

Tabelle 188: Einzelwerte „lack of fit“ Prüfung Gerät 2 (1330)

Zyklus	Datum	Uhrzeit	Istwert [ppb]	Sollwert [ppb]	Abweichung [ppb]
1	02.04.2009	09:30 - 09:45	0,4	0,0	0,4
1	02.04.2009	10:00 - 10:15	49,8	50,0	-0,2
1	02.04.2009	09:15 - 09:30	100,8	100,0	0,8
1	02.04.2009	09:45 - 10:00	150,2	150,0	0,2
1	02.04.2009	09:00 - 09:15	200,0	200,0	-0,1
1	02.04.2009	10:15 - 10:30	237,0	237,5	-0,5
2	02.04.2009	12:45 - 13:00	0,3	0,0	0,3
2	02.04.2009	13:15 - 13:30	50,4	50,0	0,4
2	02.04.2009	12:30 - 12:45	100,2	100,0	0,2
2	02.04.2009	13:00 - 13:15	149,7	150,0	-0,3
2	02.04.2009	12:15 - 12:30	199,4	200,0	-0,7
2	02.04.2009	13:30 - 13:45	237,0	237,5	-0,5
3	03.04.2009	09:30 - 09:45	0,2	0,0	0,2
3	03.04.2009	10:00 - 10:15	50,7	50,0	0,6
3	03.04.2009	09:15 - 09:30	100,5	100,0	0,5
3	03.04.2009	09:45 - 10:00	150,8	150,0	0,8
3	03.04.2009	09:00 - 09:15	200,8	200,0	0,8
3	03.04.2009	10:15 - 10:30	236,9	237,5	-0,6
4	03.04.2009	12:45 - 13:00	0,5	0,0	0,5
4	03.04.2009	13:15 - 13:30	51,4	50,0	1,4
4	03.04.2009	12:30 - 12:45	100,8	100,0	0,8
4	03.04.2009	13:00 - 13:15	150,0	150,0	-0,1
4	03.04.2009	12:15 - 12:30	201,3	200,0	1,3
4	03.04.2009	13:30 - 13:45	236,5	237,5	-1,1
5	03.04.2009	16:00 - 16:15	0,3	0,0	0,3
5	03.04.2009	16:30 - 16:45	50,9	50,0	0,9
5	03.04.2009	15:45 - 16:00	100,8	100,0	0,8
5	03.04.2009	16:15 - 16:30	151,3	150,0	1,3
5	03.04.2009	15:30 - 15:45	200,8	200,0	0,8
5	03.04.2009	16:45 - 17:00	236,3	237,5	-1,2



## D [O<sub>3</sub>] 8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes

*Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes muss  $\leq 2,0$  nmol/mol/kPa (entspricht 2 ppb/kPa) betragen.*

### 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:

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

Dabei ist:

$b_{sp}$  der Einfluss 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.

### Durchführung der Prüfung

Der Opsis AR500 analysiert den Stickstoffdioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Die Prüfgastests wurden mit Hilfe von Messgaszellen durchgeführt, die mit Prüfgas aus Druckgasflaschen durchströmt wurden. Diese Prüfgaszellen sind auf der Ausgangsseite offen, daher sind die Druckbedingungen auf Umgebungsdruckniveau. Die Messeinrichtung ist somit einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.

Während des 3-monatigen Feldtests herrschten Umgebungsluftdruckbedingungen zwischen 996 mbar und 1034 mbar. In diesem Zeitraum konnte kein auffälliges Verhalten der Analytoren in Bezug auf Änderungen des Umgebungsluftdrucks und damit auch auf die Druckverhältnisse des angesaugten Prüfgases festgestellt werden.

## **Auswertung**

Der Opsis AR500 analysiert den Stickstoffdioxidgehalt der Umgebungsluft auf einer langen Messstrecke (320 m während des Feldtests). Die Messeinrichtung benötigt keine Messgaspumpe zum Ansaugen des Probengases. Somit ist die Messeinrichtung einzig von den Umgebungsdruckbedingungen abhängig.

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Daraus ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten des Probengasdruckes  $b_{gp}$ :

$b_{gp}$  Gerät 1329 = 0,00 ppb/kPa

$b_{gp}$  Gerät 1330 = 0,00 ppb/kPa

## **Bewertung**

Während des Feldtests konnte kein Einfluss des Umgebungsdrucks festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht zutreffend.

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

*Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur muss  $\leq 1,0$  nmol/mol/K (entspricht 1 ppb/K) betragen.*

### 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:

$$b_{gt} = \frac{(C_{T2} - C_{T1})}{(T_2 - T_1)}$$

Dabei ist:

$b_{gt}$  der Einfluss des Probengasdruckes

$C_{T1}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_1$

$C_{T2}$  der Mittelwert der Messung bei der Probengastemperatur  $T_2$

$T_1$  die Probengastemperatur  $T_1$

$T_2$  die Probengastemperatur  $T_2$

$b_{gt}$  muss das oben genannte Leistungskriterium erfüllen

### Durchführung der Prüfung

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

Zur Prüfung wurde die Kalibrierbank in der Klimakammer aufgebaut. Die Analytoren wurden vor der Klimakammer platziert. Die Prüfung wurde zuerst bei 0 °C und dann bei 30 °C durchgeführt.



## Auswertung

Bei der Prüfung ergaben sich folgende Werte:

$b_{gt}$  Gerät 1 (1329): = 0,014 ppb/K

$b_{gt}$  Gerät 2 (1330): = 0,007 ppb/K

## Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur  $b_{gt}$  ist mit 0,014 für Gerät 1 (1329) und 0,007 für Gerät 2 (1330) kleiner als 1ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die gemessenen Werte sind in Tabelle 189 angegeben.

Tabelle 189: Einzelwerte der Prüfung zum Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Datum	Uhrzeit	Referenzpunkt		
		Temperatur	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[°C]	[ppb]	[ppb]
01.10.2009	08:15 - 08:25	0	202,6	201,4
01.10.2009	08:25 - 08:35	0	202,1	202,5
01.10.2009	08:35 - 08:45	0	202,5	202,3
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T1</sub></b>	<b>202,4</b>	<b>202,1</b>
01.10.2009	16:30 - 16:40	30	202,6	201,4
01.10.2009	16:40 - 16:50	30	203,1	202,6
01.10.2009	16:50 - 17:00	30	202,8	202,8
	<b>Mittelwert</b>	<b>C<sub>T2</sub></b>	<b>202,8</b>	<b>202,3</b>

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

*Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur ≤ 1,0 nmol/mol/K (entspricht 1 ppb/K)*

### Gerätetechnische Ausstattung

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

- 1) der niedrigsten Temperaturen  $T_{\min} = 273$  K;
- 2) der Labortemperatur  $T_1 = 293$  K;
- 3) der höchsten Temperatur  $T_{\max} = 303$  K;

Für diese Prüfungen ist eine Klimakammer erforderlich.

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

Die Messungen werden bezüglich der Temperatur in folgender Reihenfolge durchgeführt:

$T_1, T_{\min}, T_1$  und  $T_1, T_{\max}, T_1$

Bei der ersten Temperatur ( $T_1$ ) wird das Messgerät bei Null- und Span-Niveau (70 % bis 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches) eingestellt. Dann werden nach einer Zeitspanne, die einer unabhängigen Messung entspricht, drei Einzelmessungen bei  $T_1, T_{\min}$  und wieder bei  $T_1$  durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird bei der Temperaturfolge  $T_1, T_{\max}$  und  $T_1$  wiederholt.

Um eine auf andere Faktoren als die Temperatur zurückgehende Drift auszuschließen, werden die Messungen bei  $T_1$  gemittelt; diese Mittelung wird in der folgenden Gleichung zur Berechnung des Einflusses der Umgebungstemperatur berücksichtigt:

$$b_{st} = \left| \frac{x_T - \frac{x_1 + x_2}{2}}{T - T_1} \right|$$

Dabei ist:

- $b_{st}$  die Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur (ppb)
- $x_T$  der Mittelwert der Messungen bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (ppb)
- $x_1$  der erste Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $x_2$  der zweite Mittelwert der Messungen bei  $T_1$  (ppb)
- $T_1$  die Umgebungstemperatur im Labor (K)
- $T$  die Umgebungstemperatur  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  (K)

Für die Dokumentation der Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur wird der höhere der Werte der Temperaturabhängigkeit bei  $T_{\min}$  oder  $T_{\max}$  gewählt.

$b_{st}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

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

### Auswertung

Es ergaben sich folgende Empfindlichkeiten gegenüber der Umgebungstemperatur

*Tabelle 190: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 1 (1329)*

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1329 [ppb]	ermitteltes $b_{st}$ [ppb/K]	erlaubtes $b_{st}$ [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14625
$T_1$	20	0,12			
$T_{\min}$	0	-0,10	0,00	1	ja
$T_1$	20	-0,33			
$T_1$	20	-0,33			
$T_{\max}$	30	-0,11	0,02	1	ja
$T_1$	20	-0,23			

*Tabelle 191: Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt, Gerät 2 (1330)*

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1330 [ppb]	ermitteltes $b_{st}$ [ppb/K]	erlaubtes $b_{st}$ [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14625
$T_1$	20	-0,09			
$T_{\min}$	0	-0,02	-0,01	1	ja
$T_1$	20	-0,17			
$T_1$	20	-0,17			
$T_{\max}$	30	-0,01	0,02	1	ja
$T_1$	20	-0,16			

Wie in Tabelle 190 und Tabelle 191 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt die Leistungsanforderungen.



**Tabelle 192:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 1 (1329)

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1329 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14625
T <sub>1</sub>	20	198,1			
T <sub>min</sub>	0	199,8	-0,06	1	ja
T <sub>1</sub>	20	199,1			
T <sub>1</sub>	20	199,1			
T <sub>max</sub>	30	202,0	0,15	1	ja
T <sub>1</sub>	20	202,1			

**Tabelle 193:** Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt, Gerät 2 (1330)

	T [°C]	Mittelwert Gerät 1330 [ppb]	ermitteltes b <sub>st</sub> [ppb/K]	erlaubtes b <sub>st</sub> [ppb/K]	Kriterium erfüllt? DIN EN 14625
T <sub>1</sub>	20	200,0			
T <sub>min</sub>	0	200,7	-0,01	1	ja
T <sub>1</sub>	20	201,2			
T <sub>1</sub>	20	201,2			
T <sub>max</sub>	30	200,3	-0,12	1	ja
T <sub>1</sub>	20	201,8			

Wie in Tabelle 192 und Tabelle 193 zu sehen, erfüllt der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Referenzpunkt die Leistungsanforderungen.

### Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> der Umgebungstemperatur überschreitet nicht die Anforderungen von maximal 1 ppb/K. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte Empfindlichkeitskoeffizient b<sub>st</sub> gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) = 0,15 ppb/K und für Gerät 2 (1330) = -0,12 ppb/K.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind in Tabelle 194 aufgeführt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 317 von 509

*Tabelle 194: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Umgebungstemperatur*

Datum	Nullpunkt				Referenzpunkt			
	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]	Uhrzeit	Temperatur [°C]	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
28.09.2009	08:10 - 08:20	20	0,2	-0,1	08:20 - 08:30	20	198,7	199,6
28.09.2009	08:50 - 09:00	20	0,1	-0,1	09:00 - 09:10	20	198,3	200,4
28.09.2009	09:30 - 09:40	20	0,1	-0,1	09:40 - 09:50	20	197,2	200,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>0,1</b>	<b>-0,1</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>198,1</b>	<b>200,0</b>
28.09.2009	16:00 - 16:10	0	-0,3	0,1	16:10 - 16:20	0	199,3	200,6
28.09.2009	16:40 - 16:50	0	0,0	-0,1	16:50 - 17:00	0	199,0	200,8
28.09.2009	17:20 - 17:30	0	0,0	0,0	17:30 - 17:40	0	201,0	200,8
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>199,8</b>	<b>200,7</b>
29.09.2009	07:30 - 07:40	20	-0,3	-0,1	07:40 - 07:50	20	198,4	201,6
29.09.2009	08:10 - 08:20	20	-0,3	-0,1	08:20 - 08:30	20	199,2	201,0
29.09.2009	08:50 - 09:00	20	-0,4	-0,3	09:00 - 09:10	20	199,6	201,0
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>199,1</b>	<b>201,2</b>
29.09.2009	16:00 - 16:10	30	-0,1	-0,2	16:10 - 16:20	30	201,4	200,3
29.09.2009	16:40 - 16:50	30	0,1	0,2	16:50 - 17:00	30	202,3	200,4
29.09.2009	17:20 - 17:30	30	-0,4	-0,1	17:30 - 17:40	30	202,4	200,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>202,0</b>	<b>200,3</b>
30.09.2009	07:50 - 08:00	20	-0,1	-0,1	08:00 - 08:10	20	201,5	202,3
30.09.2009	08:30 - 08:40	20	-0,3	-0,2	08:40 - 08:50	20	202,6	201,9
30.09.2009	09:10 - 09:20	20	-0,3	-0,3	09:20 - 09:30	20	202,1	201,1
	<b>Mittelwert</b>		<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>202,1</b>	<b>201,8</b>



## D [O<sub>3</sub>] 8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung

*Empfindlichkeitskoeffizient der el. Spannung  $\leq 0,30$  nmol/mol/V (entspricht 0,3 ppb/V)*

### Gerätetechnische Ausstattung

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

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

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

Dabei ist:

$b_v$  der Einfluss der 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 Span-Niveau zu wählen.

$b_v$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

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

### Auswertung

Es ergeben sich folgende Empfindlichkeitskoeffizienten

$b_v$  Gerät 1329 RP: -0,01 (ppb/V)

$b_v$  Gerät 1330 RP: 0,01 (ppb/V)

## Bewertung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Spannung  $b_v$  überschreitet bei keinem Prüfpunkt die Anforderungen der DIN EN 14625 von maximal 0,3 ppb/V. In der Unsicherheitsberechnung wird für beide Geräte der größte  $b_v$  gewählt. Dies sind für Gerät 1 (1329) = -0,01 ppb/V und für Gerät 2 (1330) = 0,01 ppb/V.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte der Prüfung sind in Tabelle 135 und Tabelle 136 dargestellt.

*Tabelle 195: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Nullpunkt*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Nullgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	14:05 - 14:15	0,0	0,0
02.10.2009	14:25 - 14:35	0,0	0,0
02.10.2009	14:45 - 14:55	0,0	0,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Nullgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	15:15 - 15:25	0,0	0,0
02.10.2009	15:35 - 15:45	-0,1	0,0
02.10.2009	15:55 - 16:05	0,0	0,0
<b>Mittelwert</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

*Tabelle 196: Einzelwerte zur Prüfung des Empfindlichkeitskoeffizienten der Spannung am Referenzpunkt*

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Prüfgas bei 210 V</b>			
02.10.2009	14:15 - 14:25	201,6	200,3
02.10.2009	14:35 - 14:45	202,4	200,4
02.10.2009	14:55 - 15:05	202,6	200,1
<b>Mittelwert</b>		<b>202,2</b>	<b>200,3</b>
<b>Prüfgas bei 245 V</b>			
02.10.2009	15:25 - 15:35	202,0	199,8
02.10.2009	15:45 - 15:55	201,4	200,6
02.10.2009	16:05 - 16:15	201,8	201,3
<b>Mittelwert</b>		<b>201,7</b>	<b>200,6</b>



## D [O<sub>3</sub>] 8.4.11 Störungen

*Störkomponenten bei Null und bei der Konzentration  $c_t$  (beim Niveau des 1-Stunden Mittelwerts). Störkomponenten - erlaubte Abweichungen bei H<sub>2</sub>O  $\leq 10$  nmol/mol (entspricht 10 ppb); bei Toluol und Xylol jeweils  $\leq 5$  nmol/mol (entspricht 5 ppb)*

### Prüfbedingungen

Das Signal des Messgerätes gegenüber verschiedenen in der Luft erwarteten Störkomponenten ist zu prüfen. Diese Störkomponenten können ein positives oder negatives Signal hervorrufen. Die Prüfung wird bei der Konzentration null und einer Prüfgaskonzentration ( $c_t$ ), die ähnlich dem 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle ist, durchgeführt.

Die Konzentrationen der Prüfgasgemische mit der jeweiligen Störkomponente müssen eine Unsicherheit von kleiner als 5 % aufweisen und auf nationale Standards rückführbar sein. Die zu prüfenden Störkomponenten und ihre Konzentrationen sind in Tabelle 52 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 Span-Niveau wird ein Gemisch von Nullgas und der zu untersuchenden Störkomponente mit der in Tabelle 197 angegebenen Konzentration aufgegeben. Mit diesem Gemisch werden eine unabhängige, 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

$X_{\text{int},c_t}$  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-Mittelwertes der Alarmschwelle

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

### Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde entsprechend den zuvor genannten Prüfvorschriften der DIN EN 14625 durchgeführt. Die Gerät wurden bei Null und der Konzentration  $c_t$  (120 ppb) eingestellt. Anschließend wurde Null- und Prüfgas mit den verschiedenen Störkomponenten aufgegeben.



Es wurden die in Tabelle 197 aufgeführten Stoffe in den entsprechenden Konzentrationen geprüft.

Tabelle 197: Störkomponenten nach DIN EN 14625

Störkomponente	Wert
Toluol	0,5 µmol/mol
Xylol	0,5 µmol/mol

Aufgrund des Messaufbaus im Labor war eine Untersuchung der Querempfindlichkeiten gegenüber Wasserdampf nicht möglich. Die Feuchte ließ sich im Labortest nicht einstellen, da keine beheizte Messstrecke zur Verfügung stand. Im Feldtest konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 100 % kein Einfluss auf die Messgenauigkeit beobachtet werden. Die Luftfeuchtigkeit wurde während des Feldtests aufgezeichnet und ist in Abbildung 51 dargestellt.

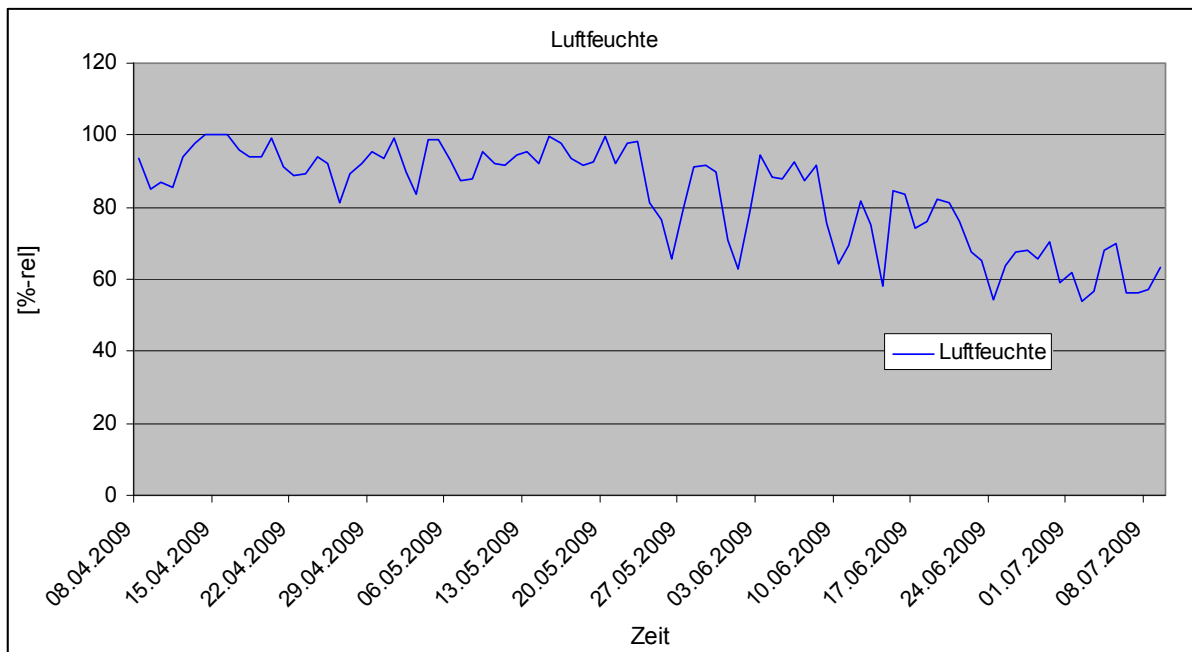


Abbildung 51: Luftfeuchtigkeit während des Feldtests



## Auswertung

In der folgenden Übersicht sind die Einflussgrößen der verschiedenen Störkomponenten aufgelistet.

*Tabelle 198: Einfluss der geprüften Störkomponenten ( $c_t = 120 \text{ ppb}$ )*

		Device 1 (1329) [ppb]	Device 2 (1330) [ppb]
<b>Toluol</b>	$X_z$	-0,3	0,1
	$X_{int,z}$	<b>-0,3</b>	<b>0,1</b>
	$x_{ct}$	122,6	121,5
	$X_{int,ct}$	<b>2,2</b>	<b>0,4</b>
Maximum allowed deviance		5	5
Fulfilled?		<b>yes</b>	<b>yes</b>
<b>Xylol</b>	$X_z$	-0,5	-0,5
	$X_{int,z}$	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>
	$x_{ct}$	120,4	122,6
	$X_{int,ct}$	<b>0,4</b>	<b>2,6</b>
Maximum allowed deviance		5	5
Fulfilled?		<b>yes</b>	<b>yes</b>

## Bewertung

Die Störung des Messsignals gegenüber den geprüften Komponenten überschreitet nicht die geforderten Grenzwerte.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Einzelwerte sind der Prüfung sind in Tabelle 199 aufgeführt.

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 323 von 509

Tabelle 199: Einzelwerte der Prüfung zur Querempfindlichkeit

Date	Time	Device 1 (1329)	Device 2 (1330)
		[ppb]	[ppb]
<b>Zero Gas + Toluol</b>			
09.07.2008	16:20 - 16:25	-0,3	-0,6
09.07.2006	16:30 - 16:35	-0,4	-0,4
09.07.2006	16:40 - 16:45	-0,2	-0,5
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,3</b>	<b>-0,5</b>
<b>Span Gas + Toluol</b>			
09.07.2008	16:25 - 16:30	122,3	120,0
09.07.2006	16:35 - 16:40	123,4	121,4
09.07.2006	16:45 - 16:50	121,0	119,7
<b>Mittelwert</b>		<b>122,2</b>	<b>120,4</b>
<b>Zero Gas + Xylol</b>			
09.07.2008	17:00 - 17:05	-0,5	-0,9
09.07.2006	17:10 - 17:15	-0,3	-0,5
09.07.2006	17:20 - 17:25	-0,7	-0,1
<b>Mittelwert</b>		<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>
<b>Span Gas + Xylol</b>			
09.07.2008	17:05 - 17:10	119,5	123,6
09.07.2006	17:15 - 17:20	121,3	121,4
09.07.2006	17:25 - 17:30	120,4	122,9
<b>Mittelwert</b>		<b>120,4</b>	<b>122,6</b>

c<sub>t</sub> = 120 ppb



## D [O<sub>3</sub>] 8.4.12 Mittelungsprüfung

*Mittelungseinfluss muss bei ≤ 7 % des Messwertes liegen.*

### Prüfbedingungen

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

Zur Bestimmung der auf die Mittelung zurückgehenden Unsicherheit werden die folgenden Konzentrationen auf das Messgerät aufgegeben und die entsprechenden Messwerte registriert: eine sprunghafte Änderung der O<sub>3</sub>-Konzentration zwischen Null und der Konzentration  $c_t$  (70 % bis 80 % des Maximums der Zertifizierungsbereiches).

Die Zeitspanne ( $t_c$ ) der konstanten O<sub>3</sub>-Konzentrationen muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten notwendigen Zeitspanne sein (entsprechend mindestens 16 Einstellzeiten). Die Zeitspanne ( $t_v$ ) der geänderten O<sub>3</sub>-Konzentration muss mindestens gleich der zum Erzielen von vier unabhängigen Anzeigewerten erforderlichen Zeitspanne ( $t_{O_3}$ ) 45 s betragen, gefolgt von der Zeitspanne ( $t_{zero}$ ) von 45 s für die Konzentration Null. Weiterhin gilt:

$c_t$  ist die Prüfgaskonzentration

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

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

Der Mittelungseinfluss ( $X_{av}$ ) ist:

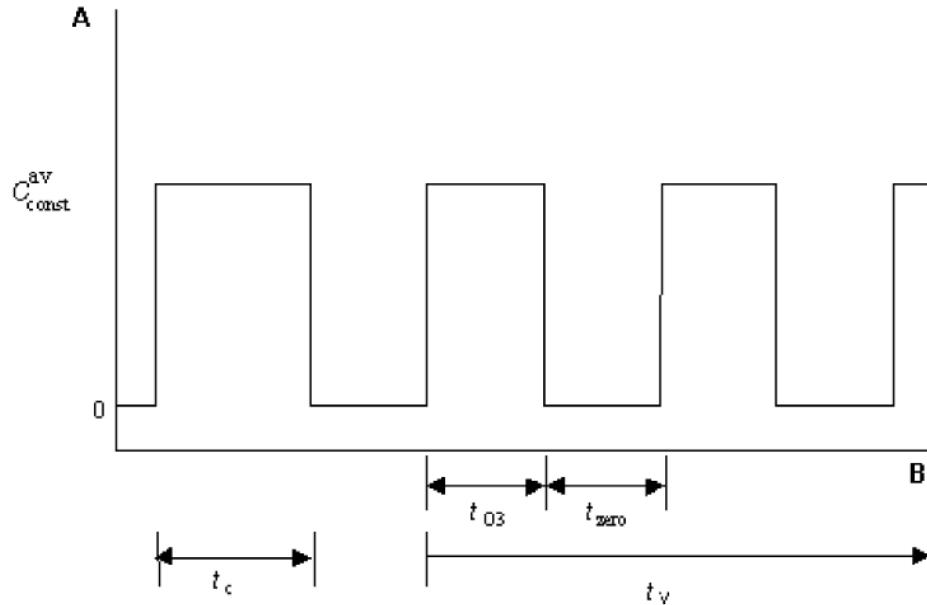
$$X_{av} = \frac{C_{const}^{av} - 2C_{var}^{av}}{C_{const}^{av}} * 100$$

Dabei ist:

$X_{av}$  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**

- A Konzentration
- B Zeit

Abbildung 52: Konzentrationsänderung für die Prüfung des Mittelungseinflusses

**Durchführung der Prüfung**

Die Mittelungsprüfung wurde nach den Vorgaben der DIN EN 14625 durchgeführt. Zuerst wurde bei einer konstanten Prüfgaskonzentration der Mittelwert gebildet. Danach wurde mit Hilfe eines Dreiwegeventils im 45 s Takt zwischen Null und Prüfgas hin und her geschaltet. Über die Zeit der wechselnden Prüfgasaufgabe wurde ebenfalls der Mittelwert gebildet.

**Auswertung**

In der Prüfung wurden folgende Mittelwerte ermittelt:

Konstanter Mittelwert		Variabler Mittelwert	
Gerät 1 (1329)	200,5 ppb	Gerät 1 (1329)	100,0 ppb
Gerät 2 (1330)	201,3 ppb	Gerät 2 (1330)	101,5 ppb

Daraus ergeben sich folgende Mittelungseinflüsse:

Gerät 1 (1329): 0,2 %

Gerät 2 (1330): -0,9 %

## Bewertung

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 200: Einzelwerte der Mittelungsprüfung nach DIN EN 14625

	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
<b>Messung (const)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
Messung 1	201,1	201,3
Messung 2	200,5	201,6
Messung 3	200,3	201,1
Messung 4	200,0	201,1
<b>Mittelwert C (const)</b>	<b>200,5</b>	<b>201,3</b>
<b>Messung (var)</b>	<b>[ppb]</b>	<b>[ppb]</b>
conz. fallend	200,6	205,6
conz. steigend	-1,2	-0,2
conz. fallend	201,4	201,6
conz. steigend	-0,6	-0,4
conz. fallend	200,4	204,1
conz. steigend	0,1	-0,6
conz. fallend	199,8	202,5
conz. steigend	-0,5	-0,4
<b>Mittelwert C (var)</b>	<b>100,0</b>	<b>101,5</b>
<b>Mittlungsfehler X<sub>av</sub> [%]</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,9</b>
erlaubter Fehler	7%	7%
Status	bestanden	bestanden

## D [O<sub>3</sub>] 8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang

*Differenz Proben-/Kalibrieringang ≤ 1,0 %*

### 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:

$$D_{SC} = \frac{x_s - x_c}{c_t} \times 100$$

Dabei ist

- $D_{SC}$  die Differenz Proben-/Kalibrieringang
- $x_s$  der Mittelwert der Messungen über den Probeneingang
- $x_c$  der Mittelwert der Messungen über den Kalibrieringang
- $c_t$  die Konzentration des Prüfgases

$D_{SC}$  muss das oben angegebene Leistungskriterium erfüllen.

### Durchführung der Prüfung

Da die Messeinrichtung die Messgasproben über eine lange Messwegstrecke (320 m während des Feldtests) ermittelt, konnte kein Vergleich zwischen dem Probenweg und der Kalibrierküvette ermittelt werden. Da die Kalibriervorrichtung der Messeinrichtung korrekt arbeitet, konnte bei Vergleichsmessungen mit bereits nach EN14211 zertifizierten Messeinrichtungen dargestellt werden. Die Ergebnisse befinden sich im Anhang E.

### Auswertung

Hier nicht erforderlich.

### Bewertung

Nicht zutreffend. In der Berechnung der Gesamtunsicherheit wird  $D_{SC} = 0$  angenommen.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

### Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



## **D [O<sub>3</sub>] 8.5 Bestimmung der Leistungskenngrößen bei der Feldprüfung**

Die Bestimmung der Leistungskenngrößen im Feld als Teil der Eignungsprüfung ist von einer benannten Stelle durchzuführen. Die Qualität der in den beschriebenen Prüfverfahren eingesetzten Materialien und der Ausrüstung muss die Anforderungen der DIN EN 14625 erfüllen.

Bei der Prüfung im Feld werden zwei Messgeräte über eine Zeitspanne von 3 Monaten hinsichtlich Verfügbarkeit (Kontrollintervall), Vergleichpräzision im Feld und Langzeitdrift geprüft. Die Messgeräte werden parallel an ein und derselben Probenahmeestelle an einer ausgewählten Messstation unter spezifischen Außenluftbedingungen betrieben.

### **Auswahl der Messstation**

Die Auswahl der Messstation beruht auf folgenden Kriterien:

Ort:

- periurbane oder ländliche Station
- Einrichtung der Messstation
- ausreichende Kapazität des Probengasverteilers
- genügend Platz, um zwei Messgeräte mit Prüfgasen und/oder Kalibriereinrichtungen unterzubringen
- Kontrolle der Umgebungstemperatur der Messgeräte bei 20 °C ± 4 °C mit Temperaturofzeichnung
- stabile elektrische Spannung.

Weitere mögliche Kriterien:

- Telemetrie/Telefoneinrichtung zur Fernüberwachung der Einrichtung
- Zugänglichkeit.

### **Betriebsanforderungen**

Nach dem Einbau der Messgeräte in der Messstation ist deren korrekter Betrieb zu prüfen. Dies umfasst unter anderem den korrekten Anschluss am Probengasverteiler, Probengasflüsse, richtige Temperaturen zum Beispiel der Reaktionskammern, Signal gegenüber Null- und Spangas, Datenübertragung und andere Punkte, die von der benannten Stelle als notwendig beurteilt werden.

Nach Feststellung des korrekten Betriebs werden die Messgeräte auf Null abgeglichen und bei einem Wert von etwa 80 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches kalibriert.

Während der 3-Monats-Zeitspanne müssen die Anforderungen des Geräteherstellers hinsichtlich der Wartung erfüllt werden.

Messungen mit Null- und Spangas sind alle 2 Wochen durchzuführen. Die Konzentration  $c_t$  des Spangases muss etwa 90 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches betragen. Bei Null und dem Konzentrationsniveau  $c_t$  werden eine unabhängige Messung und danach vier Einzelmessungen durchgeführt und die Messergebnisse aufgezeichnet.

Um die Verunreinigung des Filters bei der Bestimmung der Drift des Messgerätes auszuschließen, werden Null- und Spangas ohne Passage durch das Filter auf das Messgerät aufgegeben.



Um zu vermeiden, dass die Filterbelegung die Ergebnisse des Vergleichs der beiden Messgeräte beeinflusst, und um sicherzustellen, dass die Filterbelegung nicht die Qualität der Messdaten beeinträchtigt, ist das Filter direkt vor jeder zweiwöchentlichen Kalibrierung auszuwechseln. Filter, die bereits im Labor mit NO/NO<sub>2</sub>-Gasmischungen konditioniert wurden, sind zu verwenden.

Während der Prüfzeitspanne von drei Monaten dürfen an den Messgeräten keine Null- und Spangaseinstellungen durchgeführt werden, da dies die Bestimmung der Langzeitdrift beeinflussen würde. Die Messdaten des Messgerätes dürfen unter Annahme einer linearen Drift seit der letzten Null- und Spanprüfung nur mathematisch korrigiert werden.

Falls das Gerät über eine Autoskalierungs- oder Selbstkorrekturfunktion verfügt, kann diese während der Feldprüfung außer Funktion gesetzt werden. Die Größe der Eigenkorrektur muss für das Prüflabor verfügbar sein. Die Größen der Auto-Null und der Auto-Drift-Korrekturen über das Kontrollintervall (Langzeitdrift) unterliegen den gleichen Einschränkungen, wie sie in den Leistungskenngrößen festgelegt sind.



## D [O<sub>3</sub>] 8.5.4 Langzeitdrift

*Langzeitdrift bei null ≤ 5,0 nmol/mol (entspricht 5 ppb)*

*Langzeitdrift beim Span-Niveau ≤ 5 % des Zertifizierungsbereiches (entspricht 12,5 ppb bei einem Messbereich von 0 bis 250 ppb)*

### Prüfvorschriften

Nach jeder zweiwöchigen Kalibrierung ist die Drift der in der Prüfung befindlichen Messgeräte bei Null und beim Span-Niveau 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 Span-Niveau 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 Span-Niveau durchgeführt (nach einer Wartezeit, die einer unabhängigen Messung entspricht).

Die Langzeitdrift wird folgendermaßen berechnet:

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

Dabei ist:

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

$C_{Z,1}$  der Mittelwert der Messungen bei null zu Beginn der Driftzeitspanne

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

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

$$D_{L,S} = \frac{(C_{S,2} - C_{S,1}) - D_{L,Z}}{C_{S,1}} * 100$$

Dabei ist:

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

$C_{S,1}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau zu Beginn der Driftzeitspanne

$C_{S,2}$  der Mittelwert der Messungen beim Span-Niveau am Ende der Driftzeitspanne

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

## Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde so durchgeführt, dass alle 2 Wochen Prüfgas aufgegeben wurde. In Tabelle 201 und Tabelle 202 sind die gefundenen Messwerte der zweiwöchentlichen Prüf-  
gasaufgaben angegeben.

## Auswertung

Tabelle 201: Ergebnisse der Langzeitdrift am Nullpunkt Komponente O<sub>3</sub>

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
C <sub>Z,1</sub> 08.04.2009	0,24	0,44
C <sub>Z,2</sub> 14.04.2009	0,9	-0,6
<b>D<sub>L,Z</sub> 14.04.2009</b>	<b>0,66</b>	<b>-1,04</b>
C <sub>Z,2</sub> 28.04.2009	0,4	0,2
<b>D<sub>L,Z</sub> 28.04.2009</b>	<b>0,16</b>	<b>-0,24</b>
C <sub>Z,2</sub> 11.05.2009	-0,8	0,8
<b>D<sub>L,Z</sub> 11.05.2009</b>	<b>-1,04</b>	<b>0,36</b>
C <sub>Z,2</sub> 15.05.2009	1,2	1,1
<b>D<sub>L,Z</sub> 15.05.2009</b>	<b>0,96</b>	<b>0,66</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.06.2009	1,7	-0,6
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.06.2009</b>	<b>1,46</b>	<b>-1,04</b>
C <sub>Z,2</sub> 25.06.2009	0,1	-1,2
<b>D<sub>L,Z</sub> 25.06.2009</b>	<b>-0,14</b>	<b>-1,64</b>
C <sub>Z,2</sub> 09.07.2009	1	-1,4
<b>D<sub>L,Z</sub> 09.07.2009</b>	<b>0,76</b>	<b>-1,84</b>



*Tabelle 202: Ergebnisse der Langzeitdrift am Spannpunkt Komponente O<sub>3</sub>*

	Gerät 1 (1329) [ppb]	Gerät 2 (1330) [ppb]
C <sub>S,1</sub> 08.04.2009	201,5	199,5
C <sub>S,2</sub> 14.04.2009	202,4	201,6
<b>D<sub>L,S</sub> 14.04.2009</b>	<b>0,13%</b>	<b>1,59%</b>
C <sub>S,2</sub> 28.04.2009	203,5	200,4
<b>D<sub>L,S</sub> 28.04.2009</b>	<b>0,92%</b>	<b>0,59%</b>
C <sub>S,2</sub> 11.05.2009	201,8	201,6
<b>D<sub>L,S</sub> 11.05.2009</b>	<b>0,68%</b>	<b>0,89%</b>
C <sub>S,2</sub> 15.05.2009	199,4	203,5
<b>D<sub>L,S</sub> 15.05.2009</b>	<b>-1,51%</b>	<b>1,69%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.06.2009	201,6	201,4
<b>D<sub>L,S</sub> 09.06.2009</b>	<b>-0,67%</b>	<b>1,49%</b>
C <sub>S,2</sub> 25.06.2009	198,4	202,8
<b>D<sub>L,S</sub> 25.06.2009</b>	<b>-1,46%</b>	<b>2,50%</b>
C <sub>S,2</sub> 09.07.2009	197,3	203,4
<b>D<sub>L,S</sub> 09.07.2009</b>	<b>-2,45%</b>	<b>2,90%</b>

### **Bewertung**

Es ergeben sich Langzeitdriften der Komponente O<sub>3</sub> von maximal 1,46 ppb am Nullpunkt und -2,45 % des Zertifizierungsbereiches für Gerät 1 (1329) und von maximal -1,84 ppb am Nullpunkt und 2,90 % des Zertifizierungsbereiches am Referenzpunkt für Gerät 2 (1330).

Das Leistungskriterium nach DIN EN 14625 wird erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 203: Einzelwerte der Prüfung zur Langzeitdrift nach DIN EN 14625

Datum	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)	Uhrzeit	Gerät 1 (1329)	Gerät 2 (1330)
	Nullpunkt			Referenzpunkt		
	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]	[hh:mm]	[ppb]	[ppb]
08.04.2009	13:30	0	0,4	14:00	201,6	199,5
08.04.2009	13:35	0,2	0,1	14:05	201,8	199,3
08.04.2009	13:40	0,5	0,5	14:10	201,4	199,4
08.04.2009	13:45	0,4	0,6	14:15	201,0	199,5
08.04.2009	13:50	0,1	0,6	14:20	201,6	199,6
<b>Mittelwert</b>		<b>0,24</b>	<b>0,44</b>		<b>201,5</b>	<b>199,5</b>
14.04.2009	10:31	0,9	-0,6	11:40	202,4	201,6
28.04.2009	08:40	0,4	0,2	10:35	203,5	200,4
11.05.2009	09:25	-0,8	0,8	10:40	201,8	201,6
15.05.2009	11:55	1,2	1,1	13:00	199,4	203,5
09.06.2009	09:20	1,7	-0,6	11:00	201,6	201,4
25.06.2009	09:25	0,1	-1,2	10:40	198,4	202,8
09.07.2009	12:10	1	-1,4	14:00	197,3	203,4



## D [O<sub>3</sub>] 8.5.5 Vergleichstandardabweichung unter Feldbedingungen

*Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen ≤ 5 % des Mittels über eine Zeitspanne von 3 Monaten.*

### Prüfvorschriften

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

Die Differenz  $d_f$  für jede  $i$ -te Parallelmessung ist:

$$d_{f,i} = (x_{1,f})_i - (x_{2,f})_i$$

Dabei ist:

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

$(x_{2,f})_i$  das  $i$ -te Messergebnis von Messgerät 2 zu selben Zeit wie Messgerät 1

Die Vergleichsstandardabweichung (unter Feldbedingungen) ist:

$$s_{r,f} = \frac{\left( \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{f,i}^2}{2n}} \right)}{av} \times 100$$

Dabei ist:

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

$n$  die Anzahl der Parallelmessungen

$av$  der Mittelwert in der Feldprüfung

$d_{f,i}$  die  $i$ -te Differenz einer Parallelmessung

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

### Durchführung der Prüfung

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

## Auswertung

*Tabelle 204: Bestimmung der Vergleichsstandardabweichung auf Basis aller Daten aus dem Feldtest*

Vergleichsstandardabweichung im Feldtest				
Stichprobenumfang	n	=	2232	
Mittelwert beider Geräte		=	31,7	ppb
Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	sd	=	0,580	
<b>Vergleichsstandardabweichung (%)</b>	<b>Sr,f</b>	<b>=</b>	<b>2,41</b>	<b>%</b>

Es ergibt sich eine Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen von 2,41 % des Mittelwertes.

## Bewertung

Die Anforderungen der DIN EN 14625 werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

## **D [O<sub>3</sub>] 8.5.6 Kontrollintervall**

*Wartungsintervall mindestens 14 Tage*

### **Prüfvorschriften**

Das Kontrollintervall ist die Zeitspanne, in der die Drift innerhalb des Leistungskriteriums für die Langzeitdrift liegt, sofern nicht der Gerätehersteller eine kürzere Zeitspanne festlegt. Falls eines der Messgeräte während der Feldprüfung Fehlfunktionen aufweist, ist die Feldprüfung neu zu starten, um festzustellen, ob die Fehlfunktion zufällig war oder auf einen Gerätefehler zurückzuführen ist.

### **Durchführung der Prüfung**

Das Leistungskriterium der Langzeitdrift (Punkt 8.5.4) wurde während des 3-monatigen Feldtestes nicht überschritten. Allerdings wurde der geräteinterne Teflonfilter monatlich gewechselt.

### **Auswertung**

Aufgrund der Daten aus der Langzeitdriftuntersuchung und den monatlich durchgeführten Wartungsarbeiten ergibt sich ein Kontrollintervall von 4 Wochen.

### **Bewertung**

Die geforderten Leistungsanforderungen werden eingehalten.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht notwendig.



## D [O<sub>3</sub>] 8.5.7 Verfügbarkeit

Verfügbarkeit des Messgerätes > 90 %.

### 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.

### 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 205 aufgelistet.

*Tabelle 205: Ausfallzeiten während des Feldtests*

			Gerät 1329	Gerät 1330
Gesamtzeit	$t_t$	h	2232	2232
Kalibrierung/Wartung	--	h	72	72
Einsatzzeit	$t_u$	h	2158	2158
Verfügbarkeit	$A_a$	%	96,7 %	96,7 %



Der Feldtest wurde zwischen dem 11.05.2009 und dem 15.05.2009 für 52 Stunden unterbrochen, um einige Querempfindlichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Dabei wurden lediglich die Glasfaserkabel der Sender-Empfangseinheit vom Analysator getrennt und die Glasfaserkabel der Kalibrierbank für die Laborversuche angeschlossen. Es wurden keine Justierungen an der Messeinrichtung vorgenommen. Die Messeinrichtungen zeigen sowohl auf der Prüfbank als auch nach dem Rückbau zum normalen Messbetrieb anforderungsgemäße Messergebnisse. Der Zeitraum der Unterbrechung wurde in der Verfügbarkeitsberechnung mitbewertet. Während der gesamten Feldtestdauer wurden keine Justierarbeiten an den Geräten vorgenommen. Der Zeitraum der Unterbrechung wird in der Verfügbarkeitsberechnung als Ausfallzeit gewertet.

### **Bewertung**

Die Verfügbarkeit beträgt 96,7 %, somit ist die Mindestanforderung erfüllt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## Eignungsanerkennung nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>

*Die Eignungsanerkennung des Messgerätes besteht aus folgenden Schritten:*

- 1) Der Wert jeder einzelnen, im Labor geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14625).*
- 2) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Laborprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14625 angegeben.*
- 3) Der Wert jeder einzelnen, in der Feldprüfung geprüften Leistungskenngröße muss das in Tabelle 1 angegebene Kriterium erfüllen (siehe 8.2 in DIN EN 14625).*
- 4) Die erweiterte Messunsicherheit, die aus den Standardunsicherheiten der in der Labor- und Feldprüfung ermittelten spezifischen Leistungskenngrößen berechnet wurde, erfüllt das in der Richtlinie 2002/3/EG angegebene Kriterium. Dieses Kriterium ist die maximal zulässige Unsicherheit von Einzelmessungen für kontinuierliche Messungen beim 1-Stunden-Mittelwert der Alarmschwelle. Die relevanten spezifischen Leistungskenngrößen und das Berechnungsverfahren sind im Anhang G der DIN EN 14625 angegeben.*

## Prüfvorschriften

Berechnung nach Anhang G der DIN EN 14625

## Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde nach DIN EN 14625 durchgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang D aufgeführt. Am Ende der Prüfung wurden die nötigen Unsicherheiten mit den während der Prüfung erhaltenen Werten ausgerechnet.

## Auswertung

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



## **Bewertung**

Die Mindestanforderungen werden eingehalten. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang D aufgeführt.

Mindestanforderungen erfüllt? ja

## **Umfassende Darstellung**

Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Prüfpunkte sowie der Messergebnisse sind im Anhang D aufgeführt.

Die Ergebnisse zu den Punkten 1 und 3 sind in Tabelle 206 zusammengefasst.

Die Ergebnisse zu Punkt 2 sind in Tabelle 207 und Tabelle 209 zu finden.

Die Ergebnisse zu Punkt 4 sind in Tabelle 208 und Tabelle 210 zu finden.

**Tabelle 206: Leistungsanforderungen nach DIN EN 14625 für die Komponente O<sub>3</sub>**

Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei null	$\leq 1,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,2 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,2 ppb	ja	372
8.4.5 Wiederholstandardabweichung bei der Konzentration c <sub>t</sub>	$\leq 3,0$ nmol/mol	S <sub>r</sub> Gerät 1329: 0,6 ppb S <sub>r</sub> Gerät 1330: 0,4 ppb	ja	372
8.4.6 „lack of fit“ (Abweichung von der linearen Regression)	Größte Abweichung von der linearen Regressionsfunktion bei Konzentration größer als null $\leq 4$ % des Messwertes  Abweichung bei null $\leq 5,0$ nmol/mol	X <sub>i,z</sub> Gerät 1329: NP 0,3 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1329: RP 0,4 % X <sub>i,z</sub> Gerät 1330: NP 0,3 ppb X <sub>i</sub> Gerät 1330: RP -0,3 %	ja	375
8.4.7 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdruckes	$\leq 2,0$ nmol/mol/kPa	b <sub>gp</sub> Gerät 1329: 0,0 b <sub>gp</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	381
8.4.8 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengas-temperatur	$\leq 1,0$ nmol/mol/K	b <sub>gt</sub> Gerät 1329: 0,014 ppb b <sub>gt</sub> Gerät 1330: 0,007 ppb	ja	383
8.4.9 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungs-temperatur	$\leq 1,0$ nmol/mol/K	b <sub>st</sub> Gerät 1329: 0,15 ppb b <sub>st</sub> Gerät 1330: -0,12 ppb	ja	385
8.4.10 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	$\leq 1,0$ nmol/mol/V	b <sub>v</sub> Gerät 1329: NP -0,01 ppb b <sub>v</sub> Gerät 1330: RP -0,01 ppb	ja	389
8.4.11 Störkomponenten bei null und der Konzentration c <sub>t</sub>	Toluol $\leq 5,0$ nmol/mol Xylol $\leq 5,0$ nmol/mol	Toluol Gerät 1329: NP -0,3 ppb / RP 2,2 ppb Gerät 1330: NP 0,1 ppb / RP 0,4 ppb Xylol Gerät 1329: NP -0,5 ppb / RP 0,4 ppb Gerät 1330: NP -0,5 ppb / RP 2,6 ppb	ja	391
8.4.12 Mittelungseinfluss	$\leq 7,0$ % des Messwertes	X <sub>av</sub> Gerät 1329: 0,2 % X <sub>av</sub> Gerät 1330: -0,9 %	ja	394
8.4.13 Differenz Proben-/Kalibrieringang	$\leq 1,0$ %	D <sub>sc</sub> Gerät 1329: 0,0 D <sub>sc</sub> Gerät 1330: 0,0	entfällt	397



Leistungskenngröße	Leistungskriterium	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
8.4.3 Einstellzeit (Anstieg)	≤ 180 s	t <sub>r</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>r</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	366
8.4.3 Einstellzeit (Abfall)	≤ 180 s	t <sub>f</sub> Gerät 1329: max. 120 s t <sub>f</sub> Gerät 1330: max. 120 s	ja	366
8.4.3 Differenz zwischen Anstiegs und Abfallzeit	≤ 10 % relative Differenz oder 10 s, je nachdem, welcher Wert größer ist	t <sub>d</sub> Gerät 1329: 0,0 % oder 0 s t <sub>d</sub> Gerät 1330: 0,0 % oder 0 s	ja	397
8.5.6 Kontrollintervall	3 Monate oder weniger, falls der Hersteller eine kürzere Zeitspanne angibt, aber nicht weniger als 2 Wochen	Gerät 1329: 4 Wochen Gerät 1330: 4 Wochen	ja	406
8.5.7 Verfügbarkeit des Messgerätes	> 90 %	A <sub>a</sub> Gerät 1329: 96,7 % A <sub>a</sub> Gerät 1330: 96,7 %	ja	407
8.5.5 Vergleichsstandardabweichung unter Feldbedingungen	≤ 5,0 % des Mittels über einen Zeitraum von drei Monaten	S <sub>r,f</sub> Gerät 1329: 2,41 % S <sub>r,f</sub> Gerät 1330: 2,41 %	ja	404
8.5.4 Langzeitdrift bei null	≤ 5,0 nmol/mol	D <sub>l,z</sub> Gerät 1329: 1,46 ppb D <sub>l,z</sub> Gerät 1330: -1,84 ppb	ja	401
8.5.4 Langzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 5,0 % des Maximums des Zertifizierungsbereiches	D <sub>l,s</sub> Gerät 1329: max. -2,45 % D <sub>l,s</sub> Gerät 1330: max. 1,90 %	ja	401
8.4.4 Kurzzeitdrift bei null	≤ 2,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,z</sub> Gerät 1329: -0,1 ppb D <sub>s,z</sub> Gerät 1330: -0,2 ppb	ja	369
8.4.4 Kurzzeitdrift beim Span-Niveau	≤ 6,0 nmol/mol über 12 h	D <sub>s,s</sub> Gerät 1329: 1,6 ppb D <sub>s,s</sub> Gerät 1330: 1,9 ppb	ja	369

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 343 von 509

**Tabelle 207: Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1329**

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol	
Messkomponente: O <sub>3</sub>		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>r,z</sub>	0,04	0,0013	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,600	u <sub>r,v</sub>	0,11	0,0120	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	0,400	u <sub>r,w</sub>	0,28	0,0768	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>g,p</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengasstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,014	u <sub>g,t</sub>	0,15	0,0212	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,150	u <sub>g</sub>	0,52	0,2700	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>v</sub>	-0,12	0,0147	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 μmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>g,co</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 μmol/mol	5,0 nmol/mol	2,147	u <sub>int,ops</sub>	1,47	2,1573	
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 μmol/mol	5,0 nmol/mol	0,397	oder u <sub>int,neg</sub>			
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	0,200	u <sub>r,v</sub>	0,14	0,0192	
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	1,0%	0,000	u <sub>bsc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	ucg	1,20	1,4400	
Kombinierte Standardunsicherheit				u <sub>c</sub>		2,0031	nmol/mol
Erweiterte Unsicherheit				U <sub>c</sub>		4,0062	nmol/mol
Relative erweiterte Unsicherheit				U <sub>c,rel</sub>		3,34	%
Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit				U <sub>req,rel</sub>		15	%

**Tabelle 208** *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1329*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 1 (1329)		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120		nmol/mol	
Messkomponente: O <sub>3</sub>		Leistungskenngröße		Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null		1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>1,z</sub>	0,04	0,0013		
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert		3,0 nmol/mol	0,600	u <sub>1,lv</sub>	nicht berücksichtigt, da u <sub>r,lv</sub> = 0,1 < u <sub>r,f</sub>	-		
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert		4,0% des Messwertes	0,400	u <sub>lv</sub>	0,28	0,0768		
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert		2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000		
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert		1,0 nmol/mol/K	0,014	u <sub>gt</sub>	0,15	0,0212		
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert		1,0 nmol/mol/K	0,150	u <sub>st</sub>	0,52	0,2700		
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert		0,30 nmol/mol/V	-0,010	u <sub>v</sub>	-0,12	0,0147		
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol		10 nmol/mol	0,000	u <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	0,00	0,0000		
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol		5,0 nmol/mol	2,147	u <sub>tol,ops</sub>	1,47	2,1573		
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol		5,0 nmol/mol	0,397	oder u <sub>tol,neg</sub>				
9	Mittelungsfehler		7,0% des Messwertes	0,200	u <sub>mv</sub>	0,14	0,0192		
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen		5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,410	u <sub>r,f</sub>	2,89	8,3637		
11	Langzeitdrift bei Null		5,0 nmol/mol	1,460	u <sub>l,z</sub>	0,84	0,7105		
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert		5,0% des Max. des Zert.bereichs	-2,450	u <sub>gl,lv</sub>	-1,70	2,8812		
18	Differenz Proben-/Kalibergaseingang		1,0%	0,000	u <sub>psc</sub>	0,00	0,0000		
23	Unsicherheit Prüfgas		3,0%	2,000	u <sub>cg</sub>	1,20	1,4400		
		Kombinierte Standardunsicherheit			u <sub>c</sub>		3,9945	nmol/mol	
		Erweiterte Unsicherheit			u <sub>c</sub>		7,9890	nmol/mol	
		Relative erweiterte Unsicherheit			u <sub>c,rel</sub>		6,66	%	
		Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit			u <sub>res,rel</sub>		15	%	



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 345 von 509

Tabelle 209: *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Laborprüfung nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1330*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1h-Grenzwert Alarmschwelle: 120		nmol/mol	
Messkomponente: O <sub>3</sub>		Ergebnis		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Leistungskenngröße	Anforderung	Ergebnis	Teilunsicherheit	Quadrat der Teilunsicherheit		
1	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>r,z</sub>	0,04	0,0013	
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,400	u <sub>r,v</sub>	0,07	0,0053	
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>r,w</sub>	-0,21	0,0432	
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>gp</sub>	0,00	0,0000	
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,007	u <sub>gt</sub>	0,07	0,0053	
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	-0,120	u <sub>st</sub>	-0,42	0,1728	
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>v</sub>	0,12	0,0147	
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>HzO</sub>	0,00	0,0000	
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,396	u <sub>tol,pos</sub>	1,72	2,9416	
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,574	oder u <sub>tol,neg</sub>			
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	-0,900	u <sub>av</sub>	-0,62	0,3888	
18	Differenz Proben-/Kalibriergasgang	1,0%	0,000	u <sub>b,sc</sub>	0,00	0,0000	
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	0	1,20	1,4400	
		Kombinierte Standardunsicherheit		U <sub>c</sub>	U <sub>c</sub>	2,2390	
		Erweiterte Unsicherheit		U <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>	4,4780	
		Relative erweiterte Unsicherheit		U <sub>c,rel</sub>	U <sub>c,rel</sub>	3,73	
		Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		U <sub>req,rel</sub>	U <sub>req,rel</sub>	15	

**Tabelle 210** *Erweiterte Unsicherheit aus den Ergebnissen der Labor- und Feldprüfungen nach DIN EN 14625 (Komponente O<sub>3</sub>) für Gerät 1330*

Messgerät: AR500		Seriennummer: Gerät 2 (1330)		1h-Grenzwert Alarmschwelle:		120		nmol/mol			
Messkomponente: O <sub>3</sub>		Leistungskenngröße		Anforderung		Ergebnis		Teilunsicherheit		Quadrat der Teilunsicherheit	
Nr.	Wiederholstandardabweichung bei Null	1,0 nmol/mol	0,200	u <sub>1,z</sub>	u <sub>1,v</sub>	0,04	0,0013				
2	Wiederholstandardabweichung beim 1h-Grenzwert	3,0 nmol/mol	0,400	u <sub>1,v</sub>	nicht berücksichtigt, da u <sub>r,IV</sub> = 0,07 < u <sub>r,f</sub>		-				
3	"lack of fit" beim 1h-Grenzwert	4,0% des Messwertes	-0,300	u <sub>1,v</sub>	-0,21		0,0432				
4	Änderung des Probengasdrucks beim 1h-Grenzwert	2,0 nmol/mol/kPa	0,000	u <sub>1,p</sub>	0,00		0,0000				
5	Änderung der Probengastemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	0,007	u <sub>1,t</sub>	0,07		0,0053				
6	Änderung der Umgebungstemperatur beim 1h-Grenzwert	1,0 nmol/mol/K	-0,120	u <sub>1,t</sub>	-0,42		0,1728				
7	Änderung der el. Spannung beim 1h-Grenzwert	0,30 nmol/mol/V	0,010	u <sub>1,y</sub>	0,12		0,0147				
8a	Störkomponente H <sub>2</sub> O mit 21 nmol/mol	10 nmol/mol	0,000	u <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	0,00		0,0000				
8b	Störkomponente Toluol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	0,396	u <sub>H<sub>2</sub>O,POS</sub>	1,72		2,9416				
8c	Störkomponente Xylol mit 0,5 µmol/mol	5,0 nmol/mol	2,574	oder u <sub>H<sub>2</sub>O,NEG</sub>							
9	Mittelungsfehler	7,0% des Messwertes	-0,900	u <sub>1,w</sub>	-0,62		0,3888				
10	Vergleichspräzision unter Feldbedingungen	5,0% des Mittels über 3 Mon.	2,410	u <sub>1,f</sub>	2,89		8,3637				
11	Langzeitdrift bei Null	5,0 nmol/mol	-1,840	u <sub>1,z</sub>	-1,06		1,1285				
12	Langzeitdrift beim 1h-Grenzwert	5,0% des Max. des Zert.bereichs	2,900	u <sub>1,IV</sub>	2,01		4,0368				
18	Differenz Proben-/Kalibriergaseingang	1,0%	0,000	u <sub>1,DC</sub>	0,00		0,0000				
23	Unsicherheit Prüfgas	3,0%	2,000	0	1,20		1,4400				
		Kombinierte Standardunsicherheit		u <sub>c</sub>	u <sub>c</sub>		4,3054				
		Erweiterte Unsicherheit		U <sub>c</sub>	U <sub>c</sub>		8,6109				
		Relative erweiterte Unsicherheit		U <sub>c,rel</sub>	U <sub>c,rel</sub>		7,18				
		Maximal erlaubte erweiterte Unsicherheit		U <sub>req,rel</sub>	U <sub>req,rel</sub>		15				

# Anhang E

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

## 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 (**Januar, März, Mai und Juli**) am Feldteststandort in Furulund (Schweden) 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 Bezugswerte die Werte  $B_1$  ( $60\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für NO<sub>2</sub> sowie  $80\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für O<sub>3</sub>) verwendet. Damit darf die maximale Unsicherheit zwischen den Prüflingen bei maximal  $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für NO<sub>2</sub> und  $4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für O<sub>3</sub> liegen.

Eine Unsicherheit über  $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 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 wird dabei ermittelt für:

- jeden Monat (Januar, März, Mai und Juli)
- jeweils für die Komponenten NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>

Die Komponente SO<sub>2</sub> konnte nicht betrachtet werden, da die vorhandenen Konzentrationen zu gering waren, um eine repräsentative Aussage treffen zu können. Da aber für alle Bestandteile der Umgebungsluft eine gleiche Durchmischung angenommen werden kann, sind die Ergebnisse der beiden überprüften Komponenten auch für die Komponente SO<sub>2</sub> repräsentativ.

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  wird aus den Differenzen aller Tagesmittelwerte (24 h-Werte) der Prüflinge, die parallel betrieben werden, nach folgender Gleichung berechnet:

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

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 1,093 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub> unterhalb des geforderten Wertes von 3 µg/m<sup>3</sup>.

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  liegt mit maximal 2,149 µg/m<sup>3</sup> für Ozon unterhalb des geforderten Wertes von 4 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 211 führt die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 53 bis Abbildung 60.

*Tabelle 211: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $w_{bs}$  für die Testgeräte SN 1329 und SN 1330*

Testgeräte	Messmonat	Anzahl Werte	Unsicherheit $w_{bs}$
Komponente NO <sub>2</sub>			
1329 / 1330	Januar	744	1,067
1329 / 1330	März	744	0,951
1329 / 1330	Mai	692	1,093
1329 / 1330	Juli	744	0,915
Komponente O <sub>3</sub>			
1329 / 1330	Januar	744	2,149
1329 / 1330	März	744	1,478
1329 / 1330	Mai	692	1,024
1329 / 1330	Juli	744	1,600

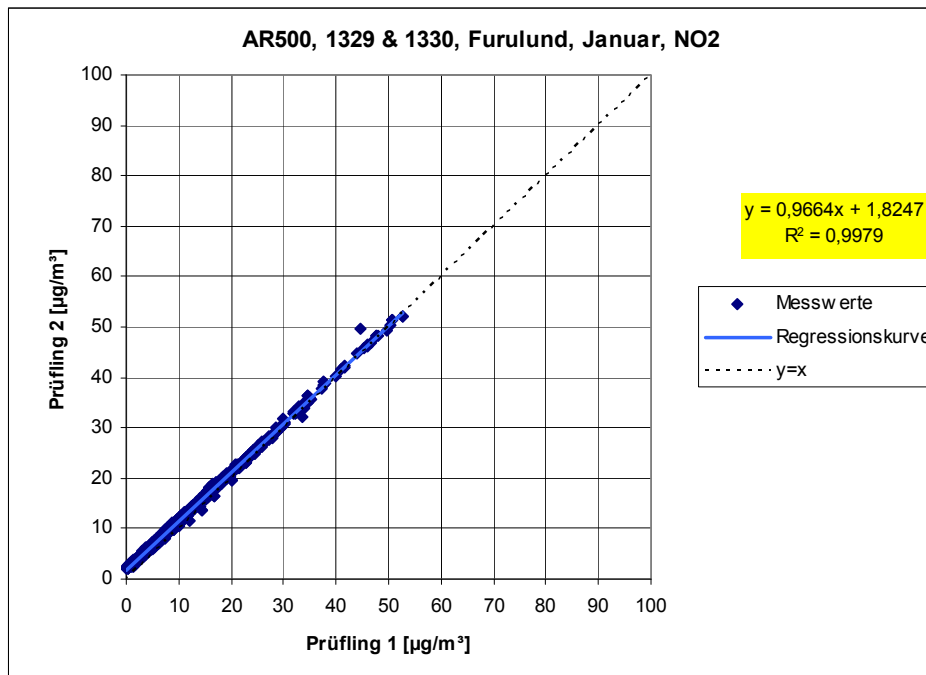


Abbildung 53: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Januar, Komponente NO<sub>2</sub>

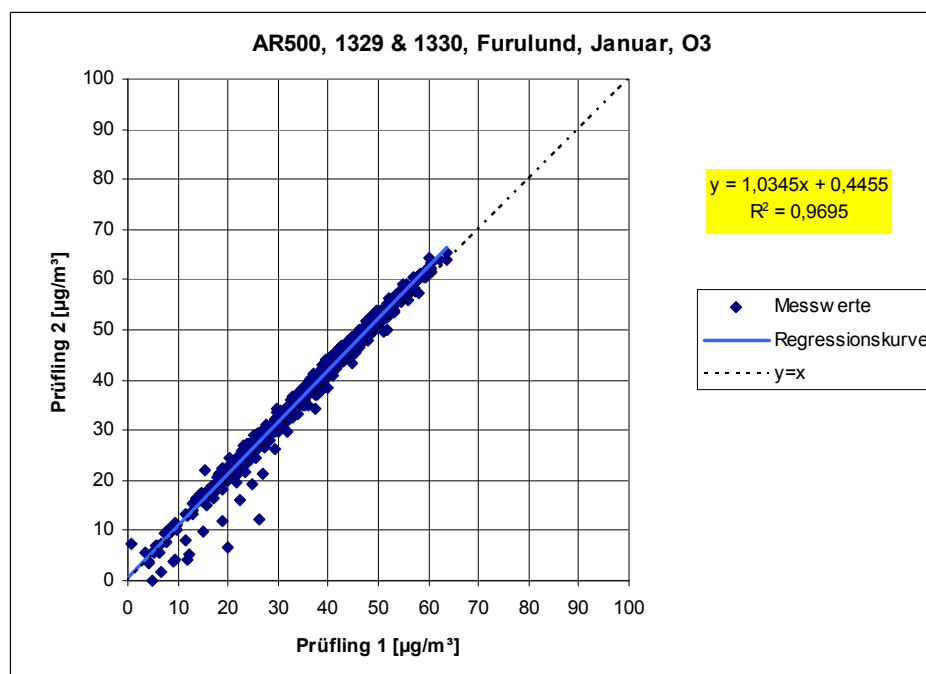


Abbildung 54: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Januar, Komponente O<sub>3</sub>

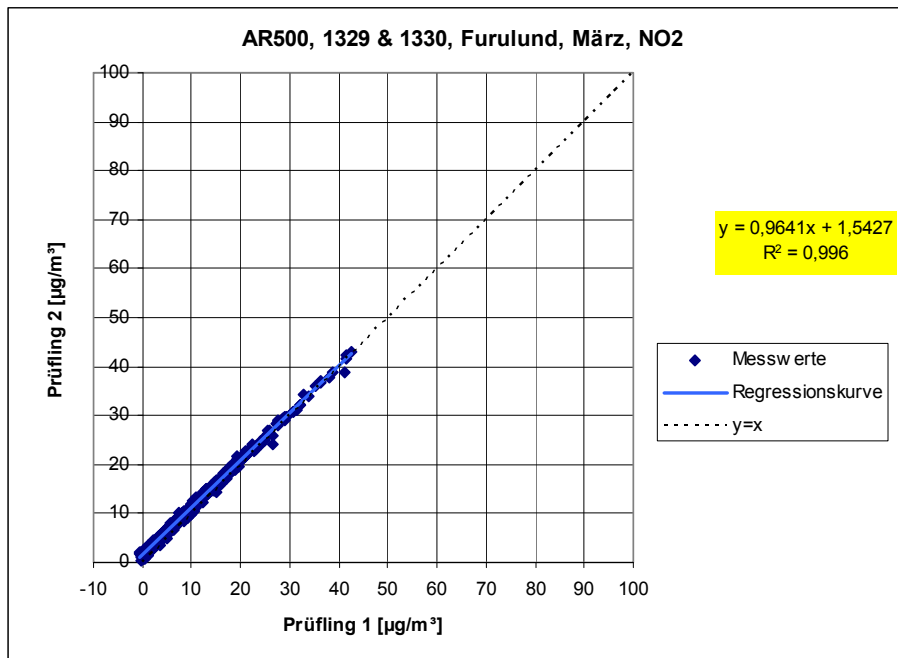


Abbildung 55: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat März, Komponente NO<sub>2</sub>

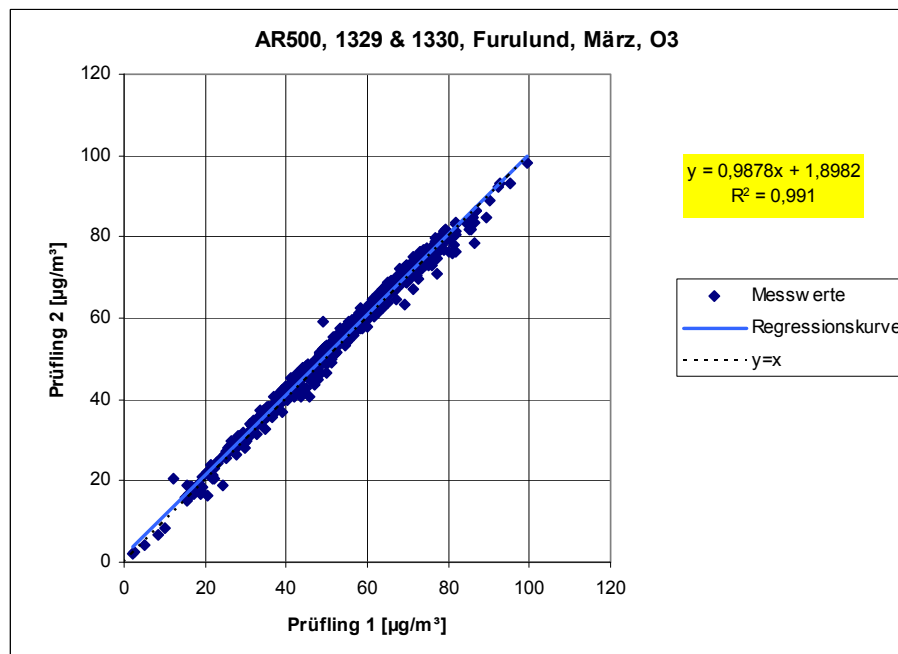


Abbildung 56: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat März, Komponente O<sub>3</sub>



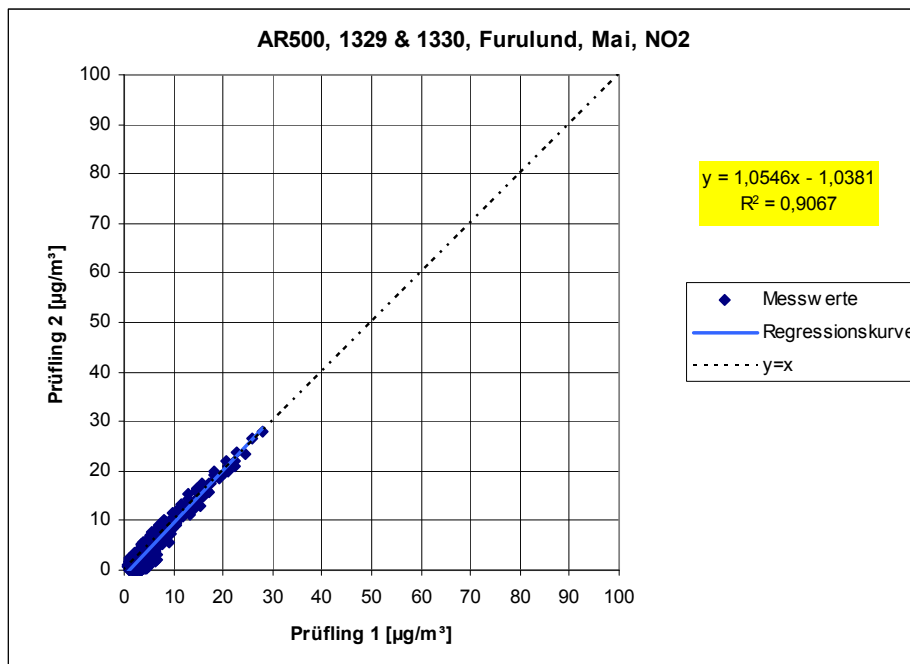


Abbildung 57: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Mai, Komponente NO<sub>2</sub>

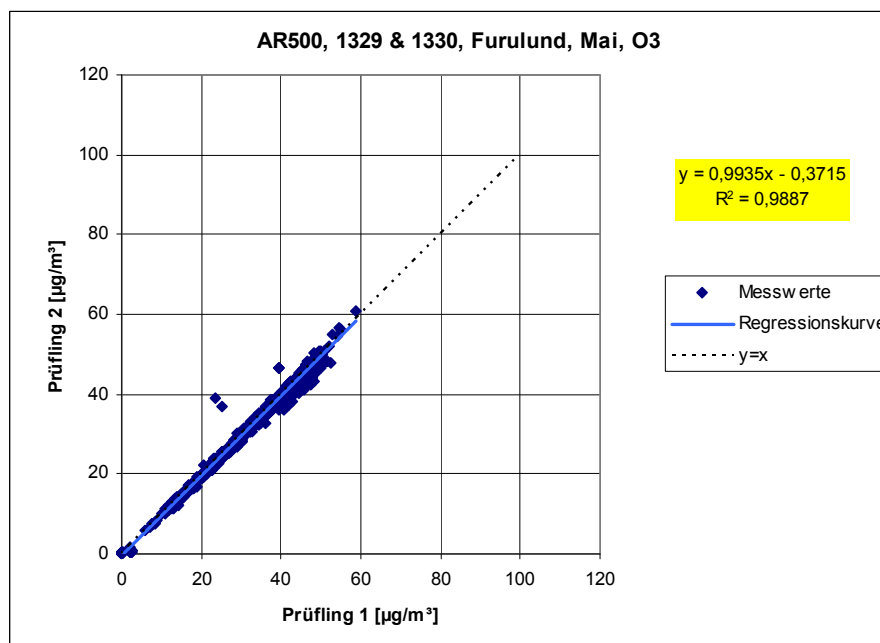


Abbildung 58: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Mai, Komponente O<sub>3</sub>

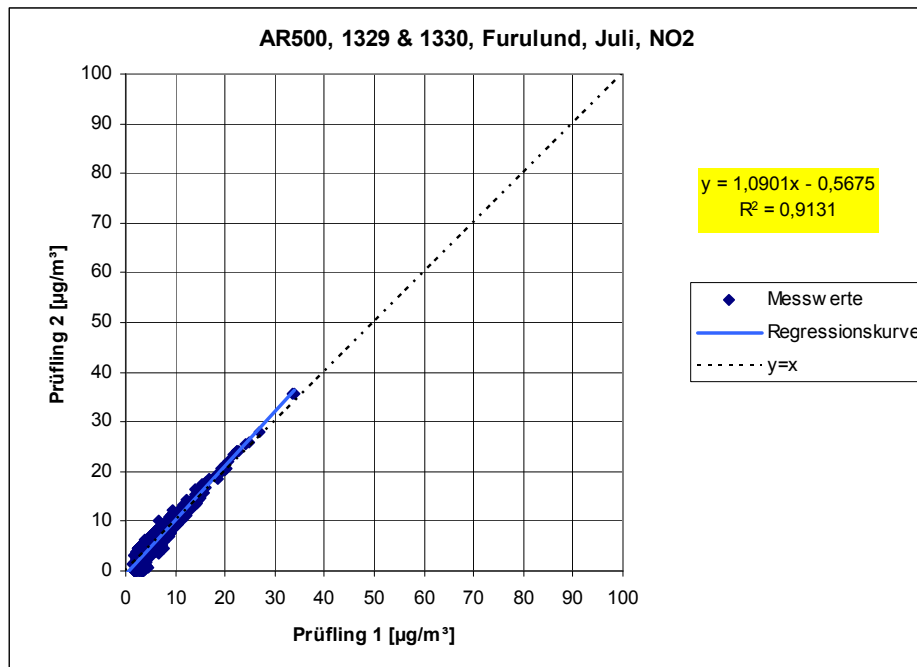


Abbildung 59: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Juli, Komponente NO<sub>2</sub>

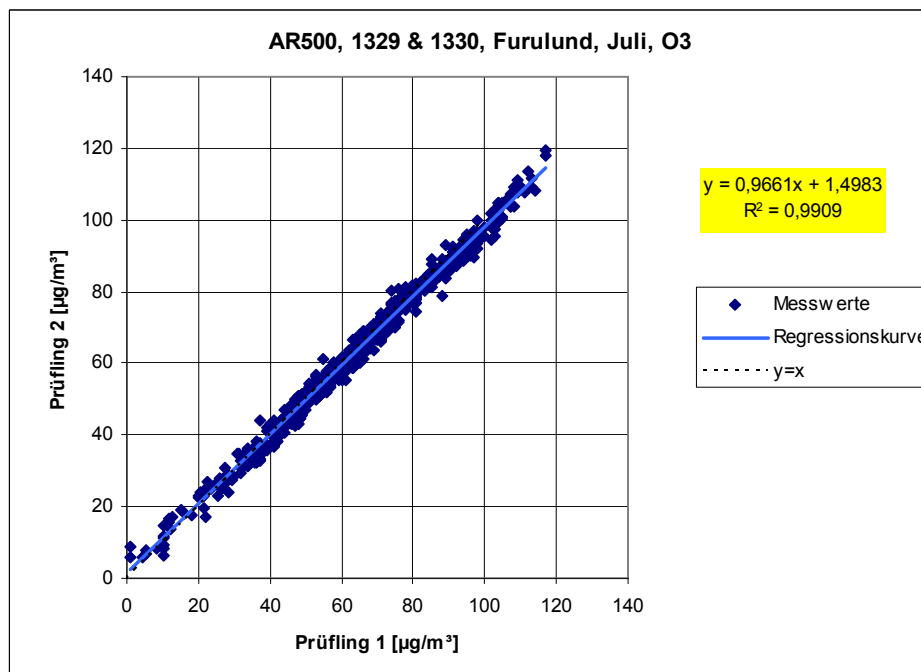


Abbildung 60: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1329 / SN 1330, Monat Juli, Komponente O<sub>3</sub>

## 7.1 Vergleich mit der Standard Referenz Methode [8.5.3.3]

*Für die Prüflinge ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß den Punkten 9.5.2.2 bis 9.5.4 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 [7] 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 (Januar, März, Mai und Juli) am Feldteststandort in Furulund (Schweden) 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 (hier B<sub>1</sub>-Wert) berechnet, wobei  $y_i$  als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

[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. Es sind zwei Fälle möglich:

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit  $W_{cm}$  beträgt für NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> = 15 % [7].

## 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 212 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Feldtestuntersuchungen. Tabelle 213 bis Tabelle 220 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der einzelnen Datensätze.

**Tabelle 212: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Felduntersuchungen, Rohdaten**

Monat	Komponente µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert µg/m <sup>3</sup>	Steigung b (µg/m <sup>3</sup> )/(µg/m <sup>3</sup> )	Achsenabschnitt a µg/m <sup>3</sup>	u <sub>c,s</sub> am	w <sub>CM</sub>	W <sub>CM</sub>	W <sub>CM</sub> ≤
					Grenzwert µg/m <sup>3</sup>	%	%	W <sub>dqo</sub> (W <sub>dqo</sub> = 15 %)
Januar	NO <sub>2</sub>	60	1,03	-0,75	2,02	5,06	10,11	ja
	O <sub>3</sub>	80	0,94	2,68	4,98	4,15	8,30	ja
März	NO <sub>2</sub>	60	1,06	-1,11	3,32	5,53	11,06	ja
	O <sub>3</sub>	80	0,91	3,42	4,04	5,50	10,10	ja
Mai	NO <sub>2</sub>	60	1,08	-0,86	3,75	5,53	11,07	ja
	O <sub>3</sub>	80	0,92	1,11	4,91	6,14	12,28	ja
Juli	NO <sub>2</sub>	60	1,09	-0,69	4,44	7,39	14,79	ja
	O <sub>3</sub>	80	0,93	6,87	1,82	1,50	3,00	ja

Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 359 von 509

Tabelle 213: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente NO<sub>2</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Januar	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	NO <sub>2</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,03	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	-0,75	signifikant		
Unsicherheit von a	0,13			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	0,32	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	2,02	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	5,06	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,11	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Tabelle 214: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Januar, Komponente O<sub>3</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Januar	Grenzwert	120	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	O <sub>3</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,94	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	2,68	signifikant		
Unsicherheit von a	0,22			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-4,48	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	4,98	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	4,15	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,30	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			



*Tabelle 215: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat März, Komponente NO<sub>2</sub>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, März	Grenzwert	60	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	NO <sub>2</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,06</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,11</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,14</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>2,51</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>3,32</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>5,53</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>11,06</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 216: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat März, Komponente O<sub>3</sub>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, März	Grenzwert	80	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	O <sub>3</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,91</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,00</b>			
Achsabschnitt a	<b>3,42</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,25</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-3,39</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>4,04</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>5,05</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>10,10</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			



Bericht über die Eignungsprüfung der Mehrkomponenten Immissionsmessenrichtung AR500 mit ER120 der Firma Opsis AB für die Komponenten NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>, Berichts-Nr.: 936/21211350/A

Seite 361 von 509

Tabelle 217: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Mai, Komponente NO<sub>2</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Mai	Grenzwert	60	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	NO <sub>2</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,08	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	-0,86	signifikant		
Unsicherheit von a	0,05			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	3,75	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	3,32	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	5,53	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	11,07	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			

Tabelle 218: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Mai, Komponente O<sub>3</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Mai	Grenzwert	80	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	O <sub>3</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	0,92	signifikant		
Unsicherheit von b	0,01			
Achsabschnitt a	1,11	signifikant		
Unsicherheit von a	0,21			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-4,91	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	4,91	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	6,14	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,28	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	bestanden			



*Tabelle 219: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Juli, Komponente NO<sub>2</sub>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Juli	Grenzwert	60	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	NO <sub>2</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,09</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,69</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,05</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>4,48</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>4,44</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,39</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>14,79</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 220: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Monat Juli, Komponente O<sub>3</sub>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	AR500	SN	1329 & 1330	
Standort	Furulund, Juli	Grenzwert	120	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	O <sub>3</sub>	erlaubte Unsicherheit	15	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,93</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>6,87</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,43</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,07</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,80</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>1,50</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>3,00</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

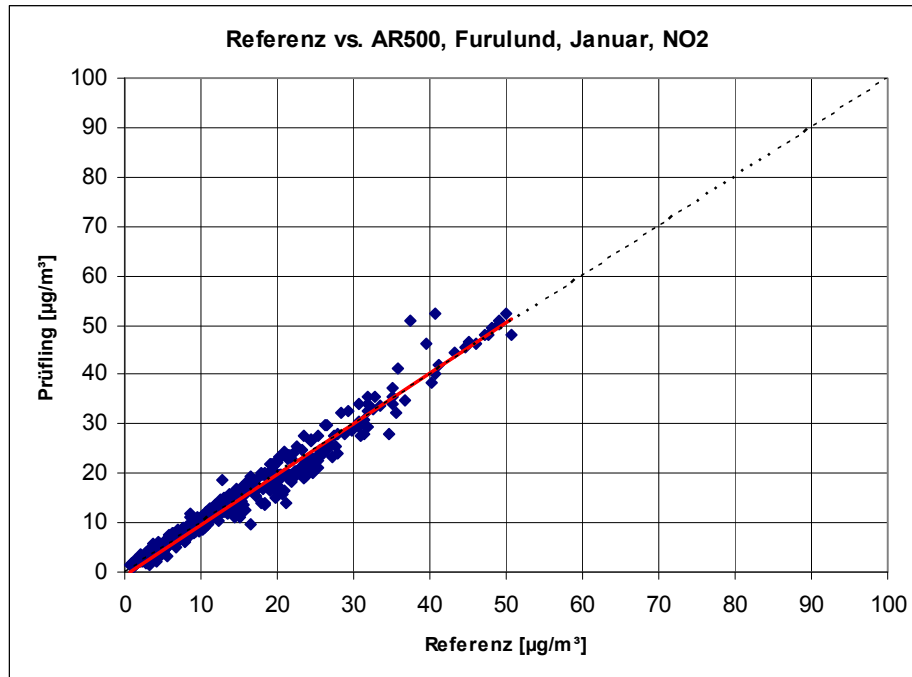


Abbildung 61: Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente NO<sub>2</sub>

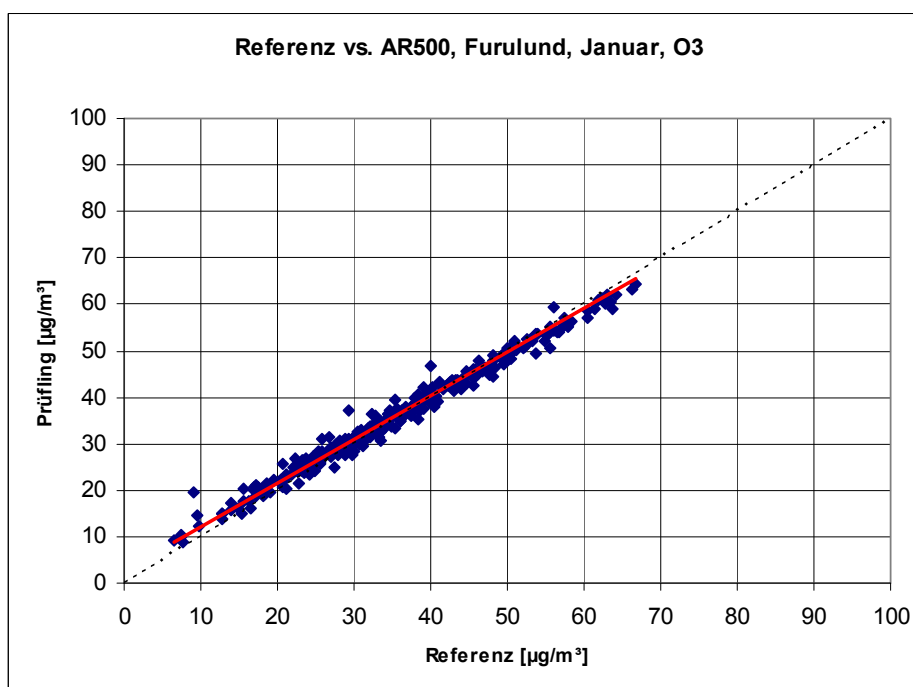


Abbildung 62: Referenz vs. Testgerät, Monat Januar, Komponente O<sub>3</sub>

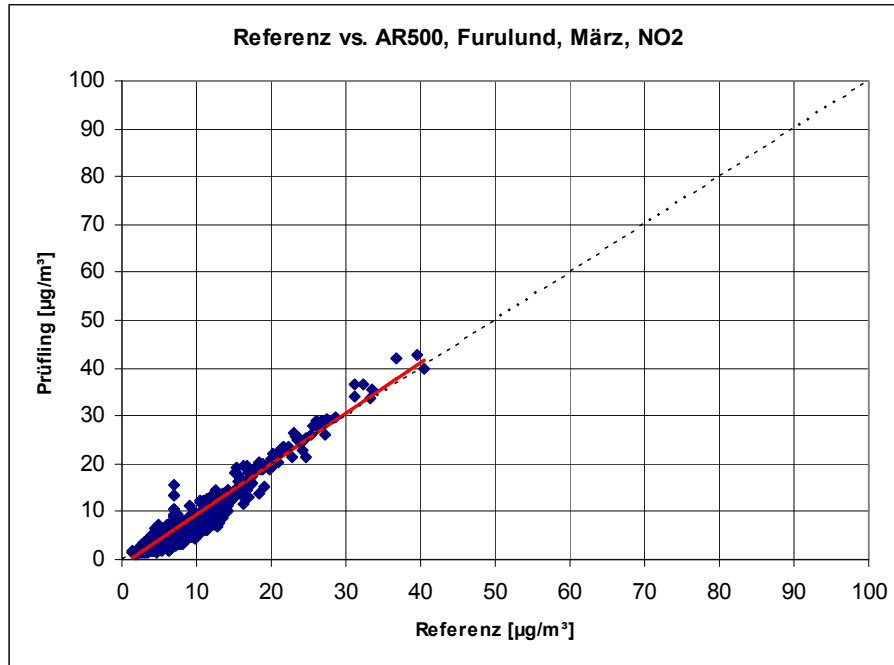


Abbildung 63: Referenz vs. Testgerät, Monat März, Komponente NO<sub>2</sub>

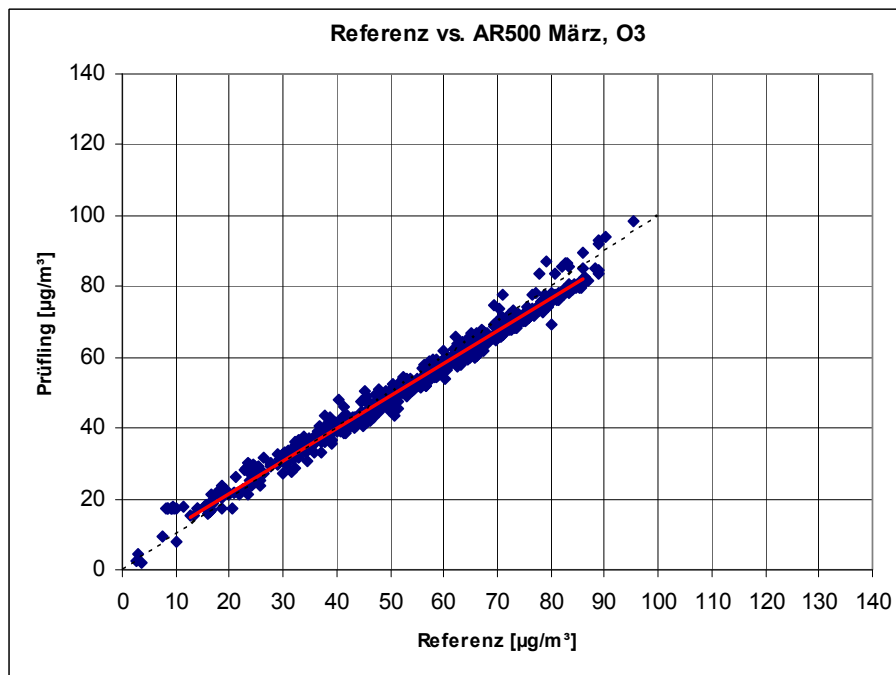


Abbildung 64: Referenz vs. Testgerät, Monat März, Komponente O<sub>3</sub>

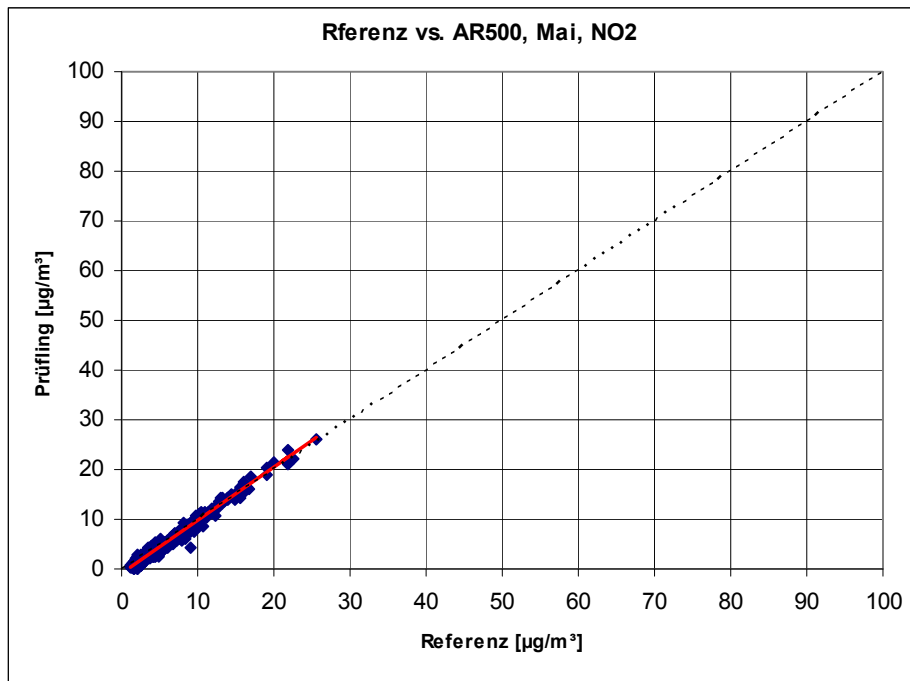


Abbildung 65: Referenz vs. Testgerät, Monat Mai, Komponente NO<sub>2</sub>

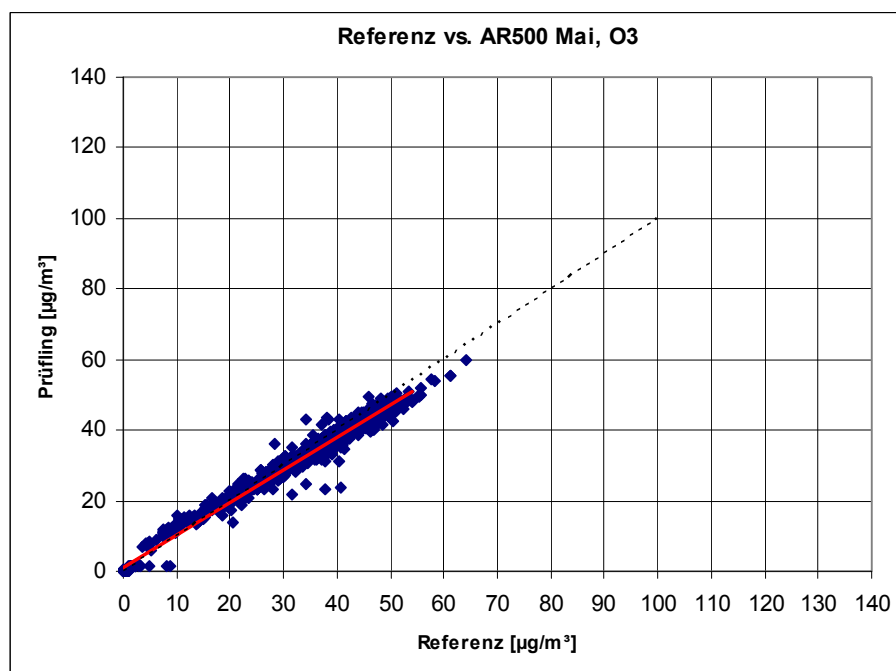


Abbildung 66: Referenz vs. Testgerät, Monat Mai, Komponente O<sub>3</sub>

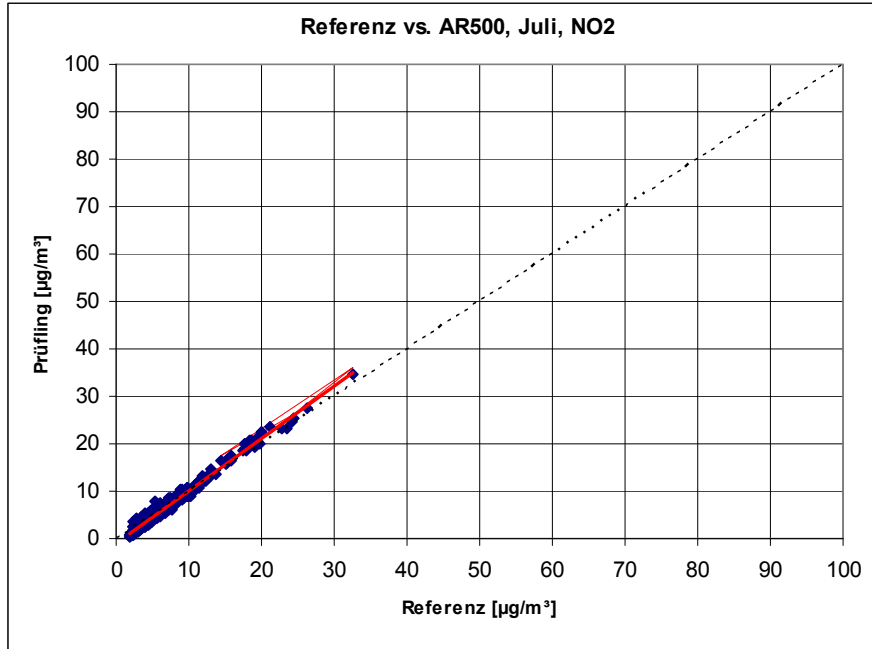


Abbildung 67: Referenz vs. Testgerät, Monat Juli, Komponente NO<sub>2</sub>

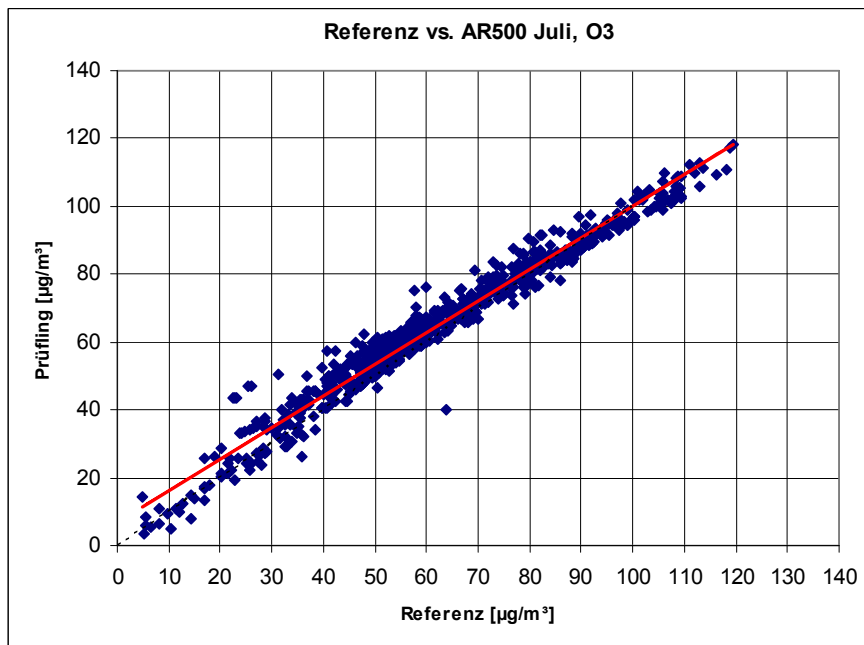


Abbildung 68: Referenz vs. Testgerät, Monat Juli, Komponente O<sub>3</sub>

# Handbuch

# **OPSIS**<sup>®</sup>



**AR500, AR600  
AR550, AR650  
Software Version 7.21**

**Bedienerhandbuch**  
**Ausgabe 2**



---

## C Urheberrechtshinweis

© Opsis AB. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Handbuch und die darin beschriebene Software sind insgesamt urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere des Nachdrucks, der Funksendung, Weitergabe bzw. Übersetzung sowie der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben - auch bei nur auszugsweiser Verwendung - vorbehalten. Opsis AB gestattet dem Käufer die Herstellung einer einzigen Softwarekopie zum Zwecke der Datensicherung. Änderungen der in diesem Dokument enthaltenen Informationen bleiben vorbehalten.

## Warenzeichen

OP SIS ist ein Warenzeichen der Fa. Opsis AB, Schweden. Sonstige Marken und Produkt-bezeichnungen stellen Handelsmarken bzw. eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Unternehmen dar. Die in den Beispielen verwendeten Firmen, Namen und Daten sind - sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt - fiktiv.

## Beschränkte Software-Garantie

Die Gewährleistungsbedingungen für diese Software sind in dem Kaufvertrag zwischen Käufer und Verkäufer geregelt. Voraussetzung jeder Gewährleistung ist jedoch, dass die Installation, Bedienung und Wartung der Software entsprechend den Vorgaben und Anweisungen der Opsis AB (wie u.a. in diesem Handbuch enthalten) erfolgt. Die Gewährleistung beschränkt sich auf den Ersatz defekter Disketten bzw. Dokumentation aus dem Lieferumfang der Opsis AB. Opsis AB und deren Zulieferer haften in keinem Fall für Gewinneinbußen oder sonstige kaufmännische Nachteile wie z.B. direkte oder indirekte Schäden bzw. Sonder-, Neben- oder Eventualschäden, die sich aus Software- oder Dokumentationsmängeln ergeben - auch nicht für Schäden infolge Datenverlust, Anlagenausfall, Fasonwerteinbuße bzw. Beschädigung oder Ersatz von Geräten oder Sachen.



## Kontakt Daten

Anschrift	Opsis AB Box 244 SE-244 02 Furulund, Schweden
Fernruf	+46 46 72 25 00
Telefax	+46 46 72 25 01
Website	<a href="http://www.opsis.se">http://www.opsis.se</a>
E-Mail	<a href="mailto:info@opsis.se">info@opsis.se</a>

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
1.1	The monitoring path .....	1
1.1.1	Der Analysator AR500 und AR600 .....	2
1.1.2	Der Analysator AR550 und AR650 .....	3
1.2	Software .....	4
1.2.1	Inbetriebnahme des Analysegeräts .....	4
1.2.2	Grundmenü .....	5
1.2.3	Passwortschutz .....	6
1.2.4	Die Analysator Seriennummer .....	6
<b>2</b>	<b>Hardware AR500, AR600</b> .....	9
2.1	Das Gerätegehäuse .....	10
2.2	Anordnung der Bauteile, untere Ebene .....	12
2.3	Anordnung der Bauteile, obere Ebene .....	13
2.4	Sicherungen .....	14
<b>3</b>	<b>Hardware AR550, AR650</b> .....	15
3.1	Das Gerätegehäuse .....	16
3.2	Anordnung der Bauteile, untere Ebene .....	18
3.3	Anordnung der Bauteile, obere Ebene .....	19
3.4	Sicherungen .....	20
<b>4</b>	<b>Sicherheitsvorschriften</b> .....	21
4.1	Sicherheitshinweise zum Analysegerät .....	21
4.2	Sicherheitshinweise zu Kalibriergasen .....	22
<b>5</b>	<b>Inbetriebnahme und Betrieb</b> .....	25
5.1	Erste Prüfungen vor dem Einschalten/Vorbereitung .....	25
5.2	Einschaltprüfung .....	25
<b>6</b>	<b>Messungen</b> .....	27
6.1	Bildschirmanzeige während der Messung .....	27
6.2	Bildlauf der Messanzeige .....	28
6.3	Konzentration, Abweichung und Lichtpegel .....	29
<b>7</b>	<b>Das Installationsmenü</b> .....	31
7.1	Das Installationsmenü .....	31
7.2	Einrichtung der Station .....	32
7.2.1	Datum und Uhrzeit .....	33
7.2.2	Einrichten des Druckers .....	34
7.2.3	Kennworteinrichtung .....	34
7.3	Einrichtung der Messungen .....	36
7.3.1	Peripherie Kontrolle .....	37
7.3.1.1	Multiplexer .....	37
7.3.1.2	Optische Filter .....	41

---

---

7.3.1.3	Lichtoptimierung .....	43
7.3.1.4	Kalibriereinheit .....	43
7.3.1.5	Serial port setup .....	43
7.3.1.6	Peripherie Einbindung .....	44
7.3.2	Daten Gültigkeitsfilter .....	46
7.3.3	Messstreckeneinrichtung .....	48
7.3.3.1	Korrektur von Daten .....	49
7.3.4	Messdauer .....	50
7.4	Vorbereitung der Kalibrierung .....	52
7.4.1	Gasflaschen/CU004/CU007 .....	53
7.4.2	Kalibrierstrecken .....	55
7.4.3	Kalibriermodi/Prüfgase .....	57
7.4.4	Referenzkalibrierung .....	63
7.4.5	Automatische Kalibrierung .....	65
7.5	Einrichtung der Kommunikation .....	67
7.6	Einrichtung der Signaleingänge .....	69
7.7	Einrichtung der Signalausgänge .....	70
7.7.1	Konzentration, Abweichung und Lichtpegel .....	72
7.7.2	Status .....	72
7.7.3	Alarm .....	73
7.7.4	Gas flag .....	73
7.7.5	Analogsignale .....	74
7.8	Emulator Einrichtung .....	75
7.9	Lichtoptimierung .....	75
<b>8</b>	<b>Das Menü zur Messwertdarstellung .....</b>	<b>77</b>
8.1	Einleitung .....	77
8.2	Das Gas Präsentationsmenü .....	78
8.2.1	Auswahl einer Messwertdatei .....	79
8.2.2	Auswahl des Zeitraums .....	79
8.2.3	Änderung der Skalen und der Integrationszeit .....	80
8.2.4	Auswahl der Gase und Messstrecken .....	80
8.2.5	Darstellung der Messergebnisse .....	81
8.2.6	Die Umrechnungsfunktion .....	83
8.3	Darstellung der Loggerdaten .....	84
8.3.1	Auswahlmenü für Loggerdaten .....	84
8.4	Umwandlung von Dateien in ASCII Files .....	86
8.5	Messwertdateien kopieren .....	88
8.6	Löschen von Messwertdateien .....	89
<b>9</b>	<b>Kalibrierung .....</b>	<b>91</b>
9.1	Das Hauptkalibrieremenü .....	91
9.2	Span- und Offset Kalibrierung .....	92
9.2.1	Einstellungen .....	92
9.2.2	Durchführung .....	93
9.3	Referenzkalibrierung .....	96
9.3.1	Einstellungen .....	96
9.3.2	Durchführung .....	97
9.4	Manuelle Änderungen der Span- und Offsetfaktoren .....	98
9.5	Kalibrierergebnisse .....	99

---

---

9.6	Referenz wiederherstellen .....	99
9.7	Das erweiterte Kalibriermenü .....	100
9.7.1	Überprüfen der Wellenlängengenauigkeit .....	101
9.7.2	Spektralbereich anzeigen .....	103
9.7.3	Auswertung der letzten gespeicherten Spektren .....	104
9.7.4	Erstellen einer Querschnittsdatei .....	105
9.7.4.1	Durchführung .....	107
9.7.5	Korrektur für nicht-lineares Analysatorverhalten .....	108
9.7.6	Querempfindlichkeit .....	109
9.7.6.1	Welche Gase zeigen Querempfindlichkeiten? .....	109
9.7.6.2	Wie groß ist der Fehler? .....	110
9.7.6.3	Was ist die Lösung? .....	110
9.7.6.4	Anforderungen .....	110
9.7.6.5	Durchführung .....	111
9.7.6.6	Das Querempfindlichkeit-Korrekturmenü .....	111
9.7.6.7	Beispiel 1: SO <sub>2</sub> /NO .....	114
9.7.6.8	Beispiel 2: Ozon/Benzol .....	115
9.7.7	Verwaltung der Messspektren .....	118
<b>10</b>	<b>System Check .....</b>	<b>121</b>
10.1	Die Analysatorreihen AR500 und AR600 .....	121
10.1.1	Schlitzscheibenradstabilität .....	122
10.1.2	Gitterpositionierung .....	122
10.1.3	Detektorsystem .....	123
10.2	Analysatorreihen AR550 und AR650 .....	124
10.2.1	Scanner Positionierung .....	125
10.2.2	Wellenmesser Steuerung .....	125
10.2.3	Optische Ausrichtung .....	125
10.2.4	Ergebnisse des System Check .....	125
10.3	Automatischer System Check .....	126
<b>A</b>	<b>Das ComView Protokoll .....</b>	<b>127</b>
A.1	Hardware – Voraussetzungen .....	127
A.2	Software Einstellungen .....	127
A.3	Meldungen für Gasmessergebnisse .....	128
A.4	Meldungen für Loggerergebnisse .....	129
A.5	Synchronisierungsmeldungen .....	130
A.6	Beschreibung der Datenfelder .....	131
A.7	Beschreibung der Datentypen .....	132
A.8	Zusätzliche Informationen .....	132
<b>B</b>	<b>Messwertkorrekturen .....</b>	<b>133</b>
B.1	Temperatur .....	133
B.2	Druck .....	134
B.3	Feuchte .....	135
B.4	Umrechnungsfaktoren .....	136

---

---

---

## 1.1 The monitoring path

Die Meßstrecke besteht aus dem Lichtweg zwischen einem Lichtsender und einem Lichtempfänger. Die Lichtquelle im Sender ist eine Xenon-Hochdrucklampe. Dieser Lampentyp erzeugt ein nahezu kontinuierliches Lichtspektrum von ca. 200 nm bis 500 nm und von ca. 1200 bis 3000 nm. Innerhalb dieser Bereiche liegen die spezifischen Absorptionsspektren einer Reihe von Gasen. Das Lampenspektrum ist allerdings nicht absolut gleichmäßig; die verbleibenden "Unebenheiten" des erzeugten Spektrums werden jedoch bei der Auswertung berücksichtigt (s.u.).

Der vom Sender erzeugte Lichtstrahl wird auf den Empfänger gerichtet; auf seinem Weg durch das Medium wird die Intensität des Lichtstrahls durch Streuung und Absorption in Molekülen und Partikeln beeinflusst.

Vom Empfänger wird das aufgefangene Licht über ein Glasfaserkabel zum Analysator geleitet. Dieses Kabel dient lediglich dazu, die Aufstellung des Analysators an einem vor Staub, übermäßiger Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen etc. geschützten Ort zu ermöglichen.

## 1.1.1 Der Analysator AR500 und AR600

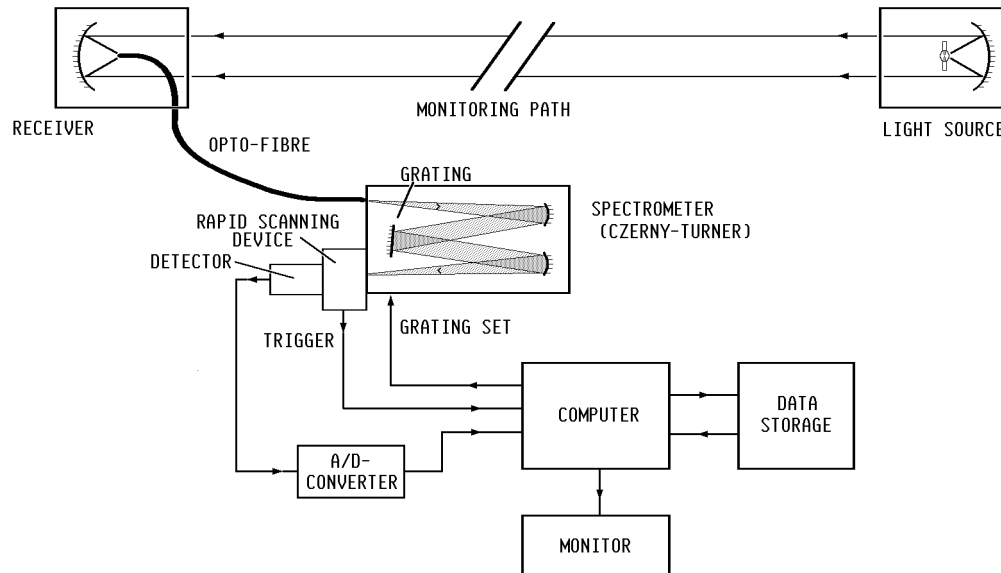


Abb. 1.1. Ein Opsis AR500- oder AR600-System besteht aus einer Lichtquelle, einem Empfänger, einem Glasfaserkabel und einem Analysator. Der Analysator enthält ein Spektrometer, ein Detektionssystem, Elektronik zum Betrieb des Gitters, des Detektionssystems etc. und einen Computer für die Auswertung und Signalverarbeitung.

Das beim Analysator eintreffende Licht wird in ein Spektrometer geleitet. Im Inneren des Spektrometers zerlegt ein Gitter das Licht in seine verschiedenen Wellenlängenanteile. Das so zerlegte Licht wird dann auf einen sich schnell bewegendes Abtastschlitz projiziert, hinter dem ein Photomultiplier-Detektor oder eine infrarot-empfindliche Diode installiert ist, durch den bzw. die ein ausgewählter Teil des Spektrums erfaßt wird. Der Abtastschlitz macht es möglich, mit nur einem Detektor alle Wellenlängen einzeln aufzunehmen.

Da das Gitter beweglich ist, kann jeder gewünschte Teil des Spektrums erfaßt werden. Das Wellenlängenfenster kann somit unter Berücksichtigung solcher Parameter wie Empfindlichkeit und Störeinfluß anderer Schadstoffe für eine bestimmte Komponente optimiert werden. Es werden ca. 100 Abtastsignale pro Sekunde aufgenommen.

Der Detektorstrom wird durch einen 12-Bit-A/D-Wandler in ein Digitalsignal umgewandelt, das dann in einem Mehrkanalregister gespeichert und aufsummiert wird. Das erfaßte Spektrum ist im UV-Bereich in der Regel 40 nm und im IR-Bereich doppelt so breit; jede Abtastung wird in Form von 1000 Punkten digitalisiert.

Jede einzelne Meßkomponente wird über einen benutzerwählbaren Zeitraum gemessen. Wenn die Meßwertsummierung abgeschlossen ist, beginnt der Auswertungsvorgang. Gleichzeitig wird die nächste Meßwertsummierung gestartet.

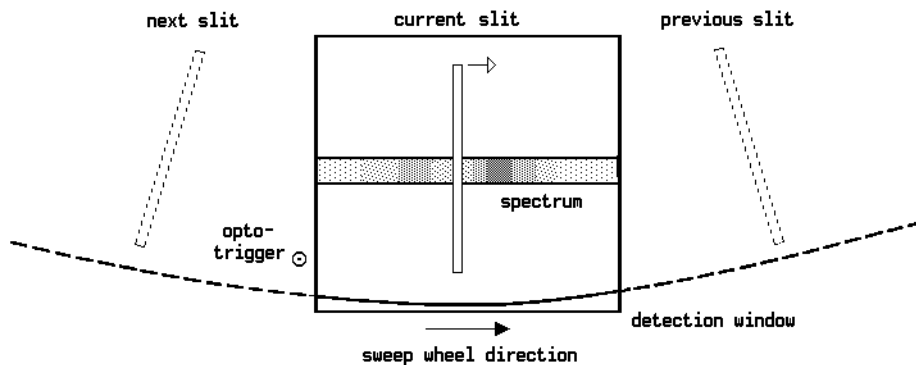


Abb. 1.2. Schemazeichnung des Ausgangsfensters und des Abtastschlitzes im Spektrometer. Das "Detektorauge" erfäßt das gesamte Fenster. Der Luftturbulenzen wegen muß die Aufnahmezeit für ein Spektrum in der Größenordnung von 10 ms liegen. Es kann daher kein feststehender Schlitz verwendet werden. Eine mit ca. 300 U/min rotierende Schlitzscheibe stellt die notwendige Zeitauflösung für das Detektionssystem her. Das Optotrigger-Signal liefert der Computer, um den Mehrkanalspeicher auf eine neue Abtastung vorzubereiten und den A/D-Wandler rückzusetzen.

### 1.1.2 Der Analysator AR550 und AR650

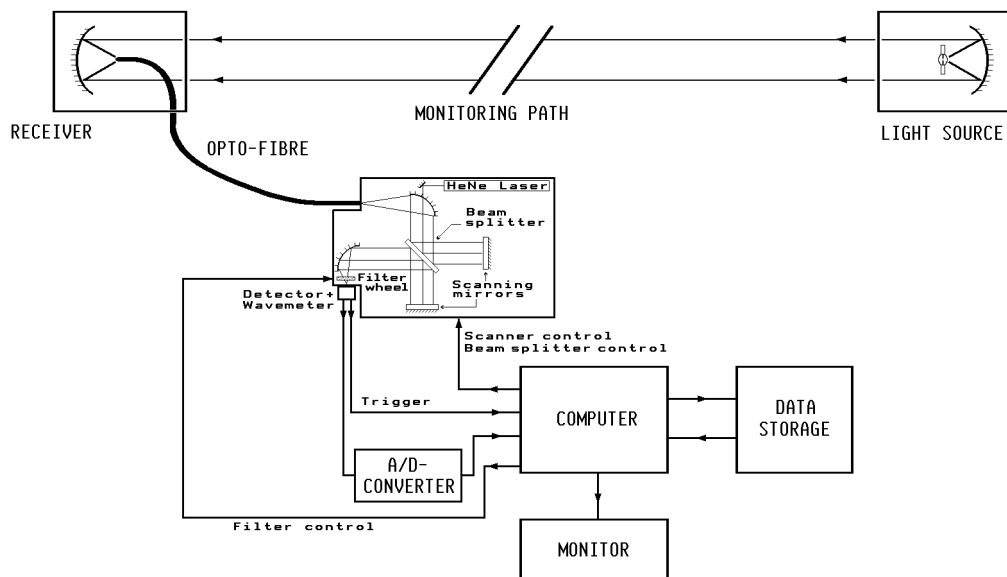


Abb. 1.3. Ein Ophis AR550- oder AR650-System besteht aus einer Lichtquelle, einem Empfänger, einem Glasfaserkabel und einem Analysator. Der Analysator enthält ein Interferometer, ein Detektionssystem, Elektronik zum Betrieb des Scanner, des Detektionssystems etc. und einen Computer für die Auswertung und Signalverarbeitung.

Wenn das Licht beim Analysator ankommt, wird es in ein Interferometer geleitet. Im Interferometer zerlegt ein Strahlteiler das Licht in zwei Lichtwege. Das Licht der beiden Lichtwege wird jeweils durch einen Spiegel zurück zum Strahlteiler reflektiert, wodurch



eine optische Interferenz entsteht (Michelson-Interferometer). Dieses interferierende Licht wird auf einen IR-Detektor fokussiert; durch Verschiebung der Reflexionsspiegel entsteht ein Signal, welches die Teile des Spektrums enthält, die der Detektor erkennen kann. Je weiter die Spiegel verschoben werden, desto höher ist die erzielte Wellenlängenauflösung.

Die Signale vom IR-Detektor werden synchron zur Spiegelverschiebung von Analogsignalen in Digitalsignale umgewandelt. Dies geschieht mittels des Signals eines Helium-Neon-Lasers, welches das Interferometer in derselben Weise durchläuft wie das Licht aus dem Glasfaserkabel. Um die Nachweisgrenze zu optimieren, kann ein Filter vor dem Detektor installiert werden. Jede Meßkomponente wird über einen bedienerspezifisierbaren Zeitraum gemessen. Wenn die Meßwertsummierung abgeschlossen ist, wird der Auswertungsvorgang gestartet. Gleichzeitig beginnt die nächste Meßwertsummierungsperiode.

## 1.2 Software

Die Opsis-Software steuert sämtliche Funktionen des Analysegeräts, darunter u.a. die Datenerfassung, den Betrieb der optischen Komponenten, die Auswertungs- und Rechengänge sowie die ein- und ausgehende Kommunikation. Das Programm ist spezifisch für das konkrete Analysegerät konzipiert und daher auf anderen Analysesystemen nicht lauffähig.

### 1.2.1 Inbetriebnahme des Analysegeräts

Nach dem Einschalten des Analysegeräts wird dieses zunächst hochgefahren. Hierzu gehören die grundlegende Initialisierung des Betriebssystems, der Start der Software für ein etwa verwendetes Protokolliergerät (Datenlogger) sowie die Initialisierung der entsprechenden mechanischen und elektrischen Komponenten. Gegen Ende der Startsequenz zeigt das Gerät die in *Abb. 1.4.* dargestellte Bildschirmmaske.



*Abb. 1.4. Startbildschirm.*

Dieser Startbildschirm enthält folgende Angaben:

- den registrierten Namen "Opsis AB" wie oben gezeigt

- die Serien-Nr. und Hardware-Konfiguration
- die Software-Versions-Nr. (im obigen Beispiel 7.21)
- das Software-Release-Datum (hier: 19. April 1999).

An die Initialisierung schließt sich ein Aufwärmintervall von 1 - 5 Minuten Dauer zur Stabilisierung der Hardware an. Die konkrete Zeit richtet sich nach dem verwendeten Modell des Analysegeräts. Nach Ablauf dieser fünfminütigen Frist nimmt das Gerät den Messbetrieb auf, wie in [Kapitel 6, Messungen](#) beschrieben. Der Countdown lässt sich durch Drücken einer beliebigen Taste auf der Tastatur unterbrechen. In diesem Fall geht das Gerät direkt in das Grundmenü (siehe Beschreibung in [Kapitel 1.2.2, Grundmenü](#)), aus dem sämtliche Konfigurations-, Darstellungs- und Kalibrierungsfunktionen zugänglich sind.

Der Zugriff auf das Grundmenü kann durch ein Passwort geschützt werden. Hinweise hierzu enthält [Kapitel 1.2.3, Passwortschutz](#).

## 1.2.2 Grundmenü

Das Analyser-Grundmenü [Analyser root menu] stellt das Hauptmenü für die Software-Funktionen dar. Der Zugriff auf die Untermenüs kann direkt durch Drücken der angegebenen Funktionstaste erfolgen, alternativ kann der gewünschte Eintrag mit den Pfeiltasten hervorgehoben und dann mit [Enter] aufgerufen werden. Diese beiden Möglichkeiten bestehen bei sämtlichen Software-Menüs.

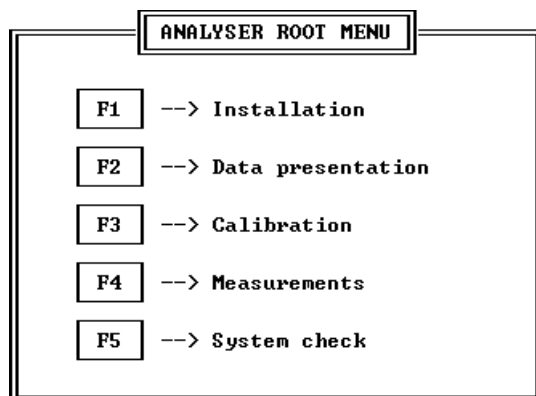


Abb. 1.5. Grundmenü des Analysegeräts.

- [F1] Installation. Zur Einstellung aller grundlegenden Geräteparameter (z.B. Messdauer, Länge der Messstrecke, zu überwachende Substanzen, Datenlogger-Initialisierung, serielle Kommunikation usw.)
- [F2] Datendarstellung [Data presentation]. Enthält Funktionen, die sich auf die Analyse und Darstellung der Messergebnisse beziehen. Auch Einstellungen zur Sicherung der Datendateien sind in diesem Untermenü verfügbar.
- [F3] Kalibrierung [Calibration]. In diesem Menü werden die Offset- und Messbereichskalibrierungen für das Analysegerät vorgenommen.

- [F4] Messungen [Measurements]. Aktiviert den Messbetrieb. Das Analysegerät geht fünf Minuten nach dem Einschalten automatisch in diesen Modus, sofern nicht während dieser Aufwärmphase eine Taste betätigt wird. Eine in die Software integrierte Zeitschaltfunktion sorgt dafür, dass das Gerät bei Nichtgebrauch der Tastatur in Schritten von ca. 1/5-Minuten Dauer immer weiter in Richtung Messbetrieb schaltet, so dass es – unabhängig davon, welches Untermenü zuletzt verwendet wurde – letztendlich immer in Messbetrieb geht.
- [F5] Systemprüfung [System check]. Zur Auslösung einer Funktionsprüfung des Geräts.

Die fünf Funktionen des Grundmenüs werden nachstehend in separaten Abschnitten behandelt.

### 1.2.3 Passwortschutz

Die Software-Menüs lassen sich mittels eines Passworts vor unbefugtem Zugriff schützen. Wenn diese Funktion aktiv ist, müssen im Grundmenü ein Benutzername sowie das Passwort eingegeben werden. Nach Eingabe des Passworts kann der Bediener dann alle Komponenten der Analyser-Software nutzen, die mit diesem Passwort zugänglich sind. Für verschiedene Softwarebereiche lassen sich separate Passwörter vergeben. Für folgende Funktionen kann jeweils ein individueller Passwortschutz eingerichtet werden:

- Einrichtung von Systemparametern
- Kalibrierungsverfahren (Zugriffsregelung in zwei Ebenen)
- Datendarstellung
- Dateiverwaltung
- Systemprüfung

Hinweise zur Passwort-Einrichtung enthält [Kapitel 7.2.3, Kennworteinrichtung](#).

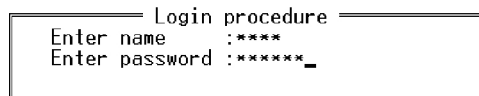


Abb. 1.6. Der Zugriff auf die Menüs ist per Passwortschutz steuerbar. Statt der eingegebenen Zeichen erscheinen auf dem Bildschirm nur Asterisk-Symbole ("\*").

### 1.2.4 Die Analysator Seriennummer

Im Initialisierungsmenü, also nach dem Starten, wird auf dem Bildschirm die Seriennummer des Analysators angezeigt. In [Abb. 1.4](#) ist sie z.B.: "AR500-A-002-Q2Z3". Diese Nummer gibt einige wichtige Informationen über die Hardwarekonfiguration des Gerätes.

Gegeben ist folgendes:

ARnnn-N-iii-ABCD

Die verschiedenen Bereiche haben folgende Bedeutung:

<b>Analysator Seriennummer</b>		
nnn	Bezeichnung des Analysatormodells. Mögliche Nummern sind: 500-503, 510-513, 520-523, 550 und die entsprechenden Nummern der 600er ,300er und 400er Serien.	
N	weitere Informationen zur Analysatorbezeichnung A bis E oder I	
iii	Analysatornummer 001 bis 999	
A	O, P oder Q:	O: alte 186 Prozessorkarte P: neue 186 Karte , altes PRom Q: neue 186 Karte, neues PRom
B	1, 2 oder 3:	1: Analog-Digital Karte, alte Version 2: Analog-Digital Karte, Model A/D2 3: Analog-Digital Karte, Model A/D3
C	S, X, Z oder F:	S: Gitterantriebseinheit, Museumsmodel X: Gittereinheit mit Gleichstrommotor Z: Gittereinheit mit Schrittmotor F: feststehendes Gitter
D	X, A, 3, 4 oder 5:	X: Computer mit XT-Mainboard A: AT –Computer 3: Computer mit 386 Prozessor 4: Computer mit 486 Prozessor 5: Computer mit Pentium Prozessor

Für die Analysatoren AR550 und AR650 sind nur die Informationen unter Punkt D relevant. A bis C werden daher nicht angezeigt.



# Hardware AR500, AR600 2

<b>Technische Daten: AR500 und AR600 Serien</b>	
Flash disk	mindestens 512 MB
Diskettenlaufwerk	3 ½" 1.44 MB
Netzanschluß, Leistungsaufnahme	230 V <sub>AC</sub> (+6 %, -10 %), 110 W, oder 115 V <sub>AC</sub> (± 10 %), 110 W
Abmessungen (L × B × H)	600 × 440 × 266 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 30 kg
Schutzklasse	IP 20
Temperaturbereich	Lagerung 0 bis 45 °C Betrieb 5 bis 30 °C
Feuchtigkeitsbereich	0 bis 80 % relative Luftfeuchtigkeit, ohne Kondenswasserbildung

---

**WICHTIG:** Es ist wichtig, daß die Feuchtigkeit Strecke auch während der Ablage gehalten wird, wenn das Instrument nicht innen Gebrauch ist. Nichtbeachten kann auf dauerhafter Beschädigung der Optik des Instrumentes resultieren.

---

## 2.1 Das Gerätegehäuse

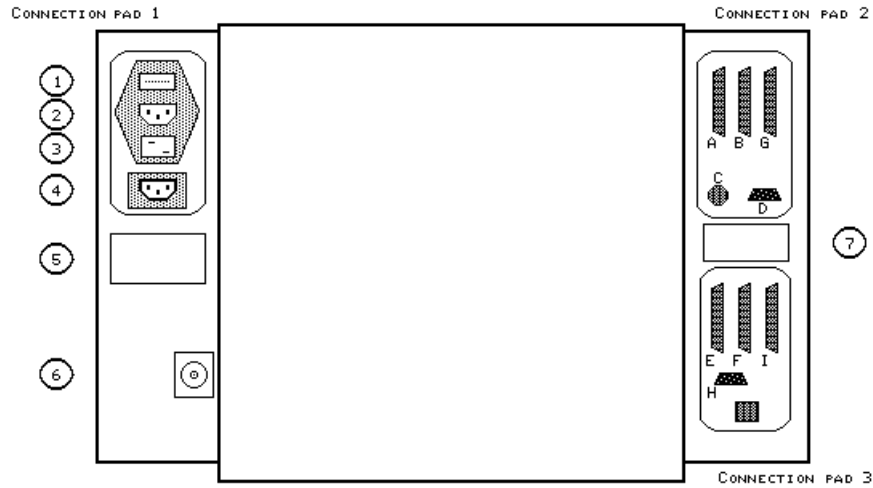


Abb. 2.1. Rückseite des Analysatorgehäuses.

AR500/AR600: Analysatorgehäuse			
1	Hauptschalter	2	Netzanschluß
3	Sicherungshalter, 115/230 V programmierbar, s. Abb. 2.2	4	Stromversorgungsanschluß für den Bildschirm
5	Warnschild	6	Glasfaserkabel-Anschluß
6	Typen-/Seriennummernschild		
A	Serielle Schnittstelle, COM1	B	Serielle Schnittstelle, COM2
C	Tastaturanschluß	D	Bildschirmanschluß
E	Serielle Schnittstelle, COM3	F	Serielle Schnittstelle, COM4
G	nicht verwendet (option: Serielle Schnittstelle)	H	Ausgangsanschluß MX004/MX012/MX024/CA004
I	nicht verwendet (option: Serielle Schnittstelle)		



Abb. 2.2. Sicherungshalter; hier auf 115 V Netzspannung eingestellt..

*Note: The use of the peripheral ports may vary depending on analyser configuration. Please refer to the individual analyser test sheet and the label attached next to the connectors.*

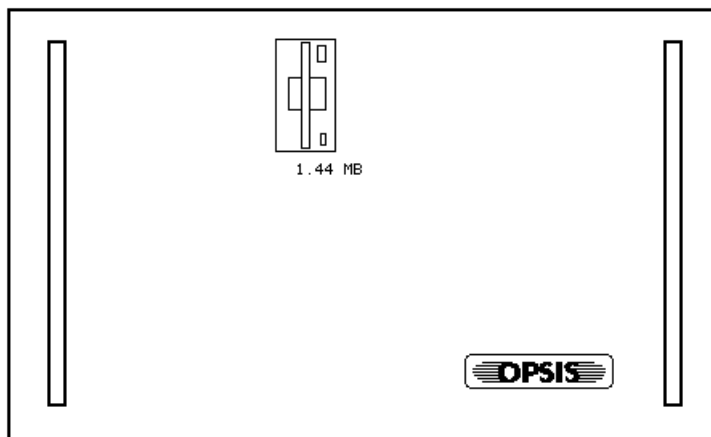


Abb. 2.3. Die Vorderseite des AR500/AR600-Analysators.

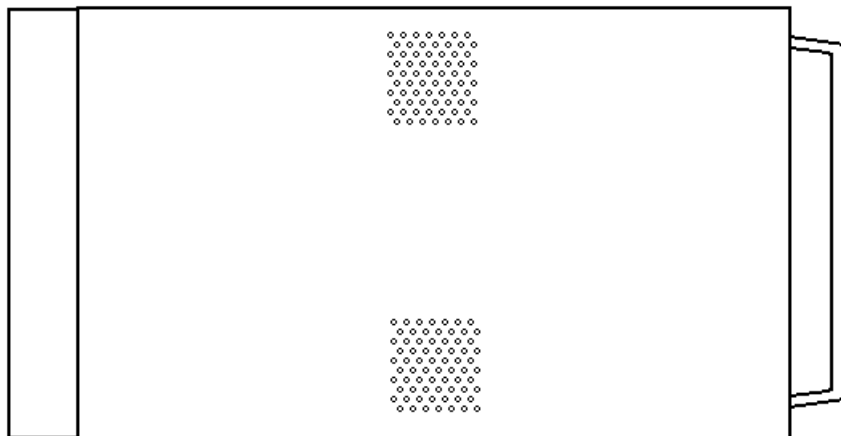


Abb. 2.4. Die linke Seite des AR500/AR600-Analysators.

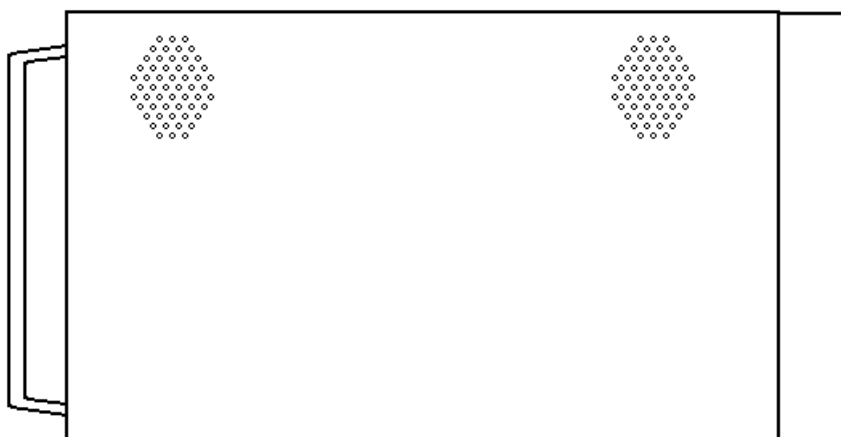


Abb. 2.5. Die rechte Seite des AR500/AR600-Analysators.



## 2.2 Anordnung der Bauteile, untere Ebene

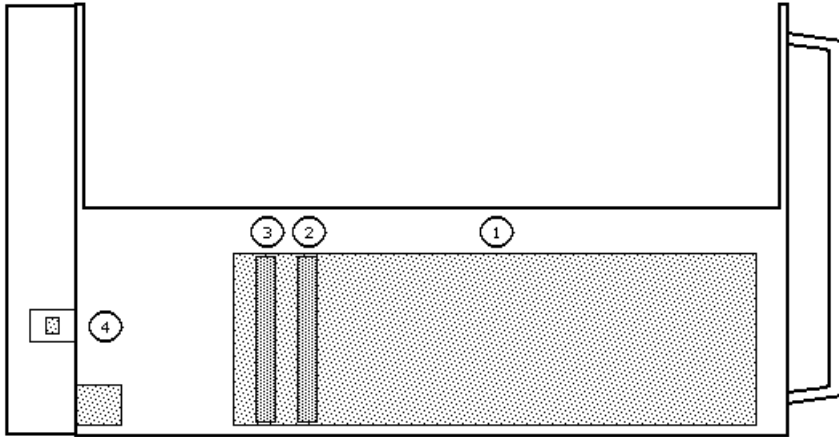


Abb. 2.6. Anordnung der Bauteile, untere Ebene (Seitenansicht).

<b>AR500/AR600: Anordnung der Bauteile, untere Ebene</b>	
1	Rahmen für Europakarten
2	Spannungsregelung des Photomultipliers und der IR-Diode - PMT-IR (1-3)
3	A/D-Wandler-Karte - A/D-3 (1-3)
4	Schlitzscheibentriggerung

## 2.3 Anordnung der Bauteile, obere Ebene

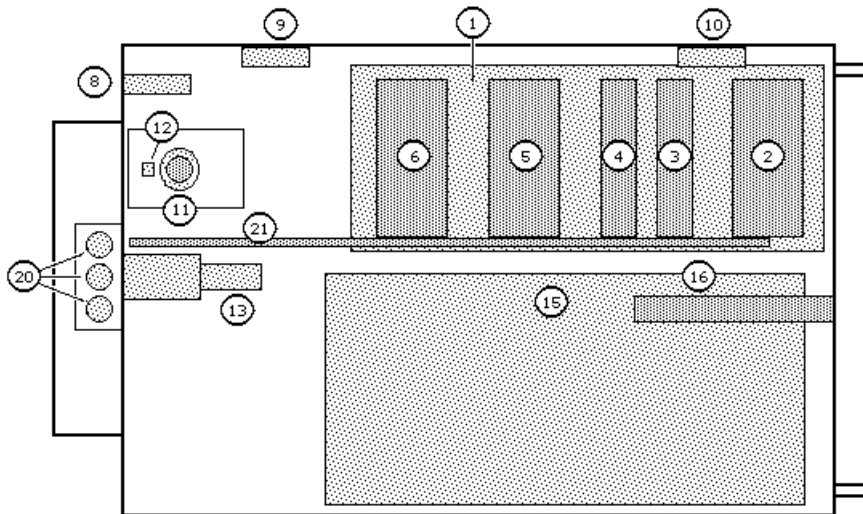


Abb. 2.7. Anordnung der Bauteile, obere Ebene (Draufsicht).

<b>AR500/AR600: Anordnung der Bauteile, obere Ebene</b>			
1	Rahmen für Europakarten	2	Stromversorgungsmodul 0 - PM0
3	Stromversorgungsmodul 1 - PM1	4	Stromversorgungsmodul 2 - PM2
5	Steuerkarte des Schlitzscheibenmotors - PFC	6	Steuerkarte des Gitter-Antriebsmotors - D63 l
8	Netzfilter	9	Lüfter
10	Lüfter	11	Gitter-Antriebsmotor
12	Gitter-Triggerkarte	13	Schlitzscheibenmotor
15	Computereinheit*	16	Diskettenlaufwerk
20	Photomultiplier und Hochspannungsversorgung und./oder IR-Dioden (1-3 Stück)	21	Verbindungskarte - BP1

\* Die Computereinheit besteht aus drei horizontal angebrachten Karten:

- PC-Mainboard
- COM3, COM4 Karte
- Co186-Karte

und das Flash disk (vertikal).

## 2.4 Sicherungen

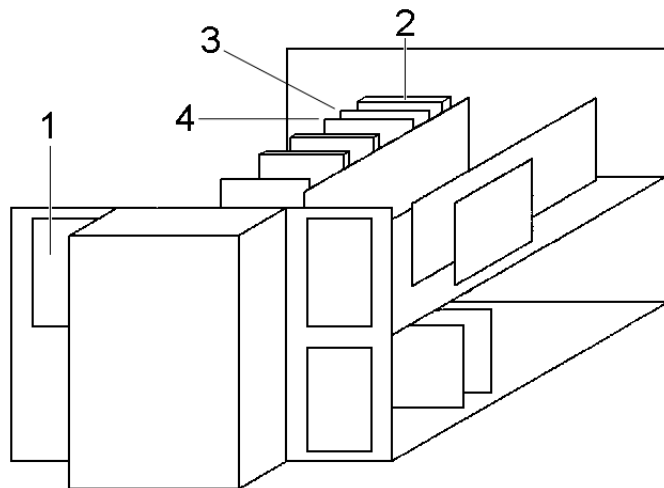


Abb. 2.8. Anordnung der Sicherungen.

No.	Position	Europäische Ausführung (230 V <sub>AC</sub> , +6 %, - 10 %)	U.S.-Ausführung (115 V <sub>AC</sub> , ±10 %)
1	Sicherungshalter	2 × 2,5 A TRÄGE/250 V	1 × 5 A TRÄGE/250 V
2	Stromversorgungsmodul 0 - PM0	1 × 8 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 6,3 × 35 mm)	1 × 8 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 6,3 × 35 mm)
3	Stromversorgungsmodul 1 - PM1	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
4	Stromversorgungsmodul 2 - PM2	1 × 2 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 2 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
	F1, F2:	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A v/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
	F3:	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A v/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)

**ACHTUNG:** Um Brandgefahr zu vermeiden, dürfen nur Ersatzsicherungen des angegebenen Typs und mit den angegebenen Nennwerten verwendet werden.

Das Schutzgehäuse des Geräts darf nur von befugtem Servicepersonal geöffnet werden.

# Hardware AR550, AR650 3

<b>Technische Daten: AR550 und AR650 Serien</b>	
Flash disk	mindestens 512 MB
Diskettenlaufwerk	3 ½" 1.44 MB
Netzanschluß, Leistungsaufnahme	230 V <sub>AC</sub> (+6 %, -10 %), 110 W, oder 115 V <sub>AC</sub> (±10 %), 110 W
Abmessungen (L × B × H)	600 × 440 × 266 mm <sup>3</sup>
Gewicht	ca. 30 kg
Schutzklasse	IP 20
Temperaturbereich	Lagerung 0 bis 45 °C Betrieb 5 bis 30 °C
Feuchtigkeitsbereich	0 bis 80 % relative Luftfeuchtigkeit, ohne Kondenswasserbildung

---

**WICHTIG:** Es ist wichtig, daß die Feuchtigkeit Strecke auch während der Ablage gehalten wird, wenn das Instrument nicht innen Gebrauch ist. Nichtbeachten kann auf dauerhafter Beschädigung der Optik des Instrumentes resultieren.

---

### 3.1 Das Gerätegehäuse

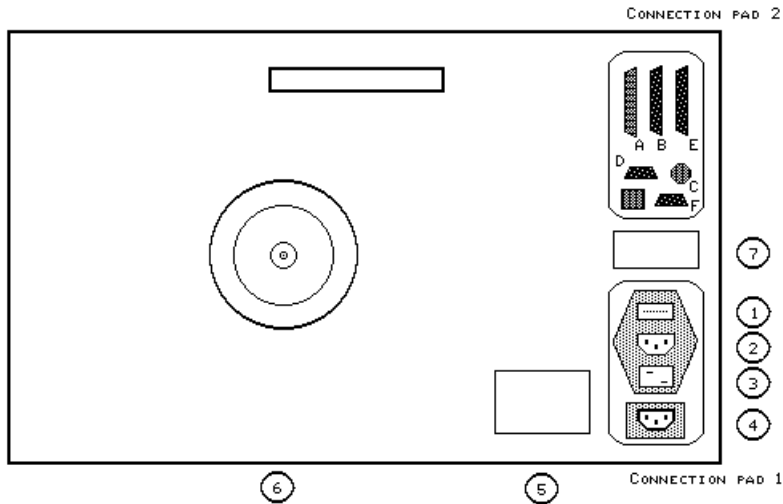


Abb. 3.1. Rückseite des Analysatorgehäuses.

<b>AR550/AR650: Analysatorgehäuse</b>			
1	Hauptschalter	2	Netzanschluß
3	Sicherungshalter, 115/230 V programmierbar, s Abb. 3.2	4	Stromversorgungsanschluß für den Bildschirm
5	Warnschild	6	Glasfaserkabel-Anschluß
7	Typen-/Seriennummernschild	A	Serielle Schnittstelle COM2
B	Serielle Schnittstelle COM3	C	Tastaturanschluß
D	Bildschirmanschluß	E	Serielle Schnittstelle COM4
F	Ausgangsanschluß MX004/MX012		



Abb. 3.2. Sicherungshalter; hier auf 115 V Netzspannung eingestellt.

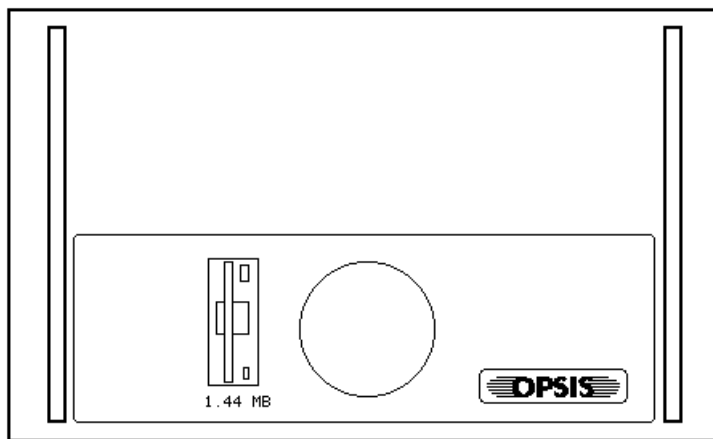


Abb. 3.3. Die Vorderseite des AR550/AR650-Analysators.

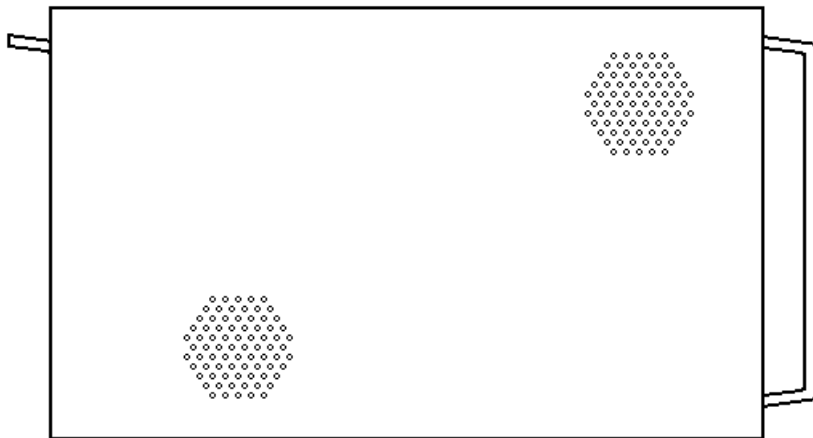


Abb. 3.4. Die linke Seite des AR550/AR650-Analysators.

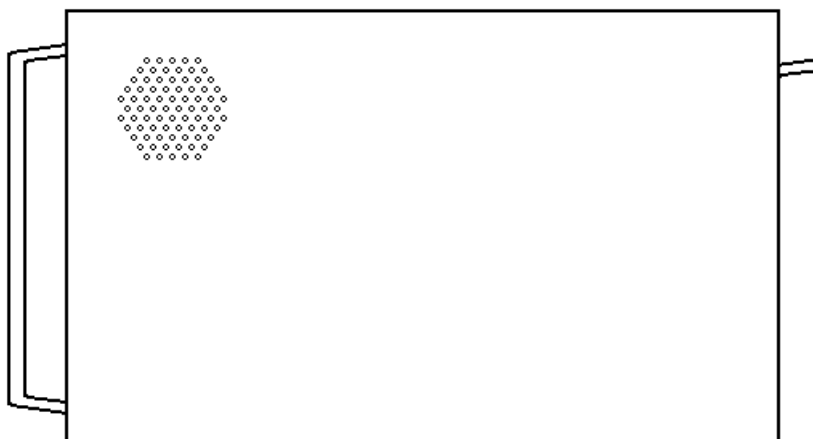


Abb. 3.5. Die rechte Seite des AR550/AR650-Analysators.

## 3.2 Anordnung der Bauteile, untere Ebene

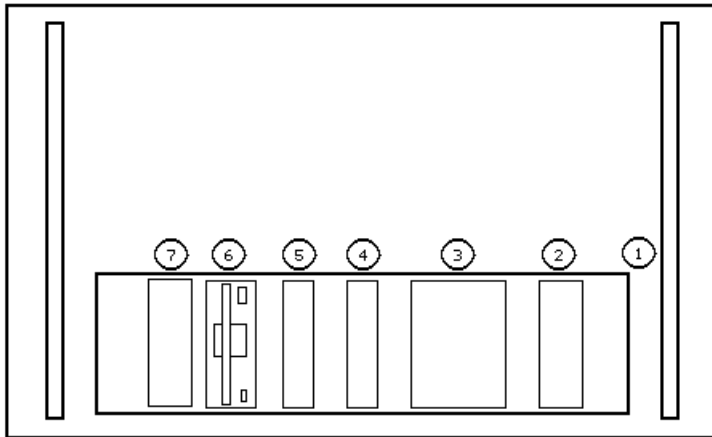


Abb. 3.6. Anordnung der Bauteile, untere Ebene.

<b>AR550/AR650: Anordnung der Bauteile, untere Ebene</b>			
1	Rahmen für Europakarten	2	Laser- Stromversorgungskarte
3	Stromversorgungsmodul 0 - PM0	4	Stromversorgungsmodul 2 - PM2
5	Stromversorgungsmodul 1 - PM1	6	Diskettenlaufwerk
7	Flash disk		

### 3.3 Anordnung der Bauteile, obere Ebene

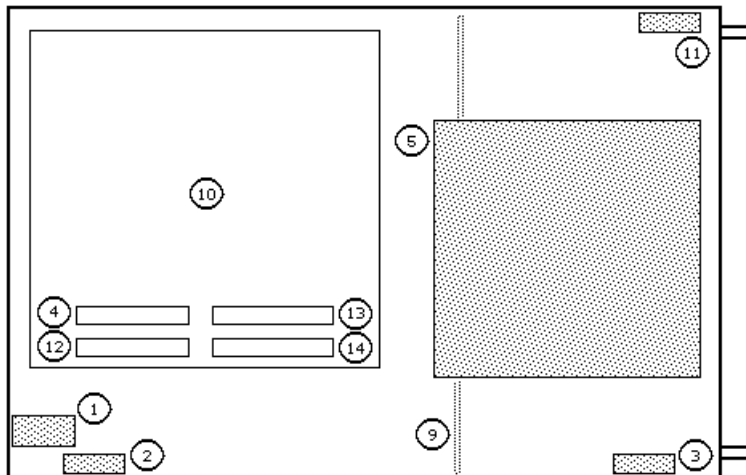


Abb. 3.7. Anordnung der Bauteile, obere Ebene (Draufsicht).

<b>AR550/AR650: Anordnung der Bauteile, obere Ebene</b>			
1	Netzfilter	2	Lüfter
3	Lüfter	4	S/D Karte
5	Computereinheit*	6	
9	Verbindungskarte - BP2	10	Interferometer
11	Lüfter	12	LF-Karte
13	SCC-Karte	14	SM1-Karte

\* Die Computereinheit besteht aus drei horizontal angebrachten Karten:

- 29K-Karte
- COM3, COM4 Karte
- PC-Mainboard.

#### Optionale Adapter

Analog- und Digitaleingangs- und ausgangssignalkarten - AO 008, AI 016 bzw. DI 032.



### 3.4 Sicherungen

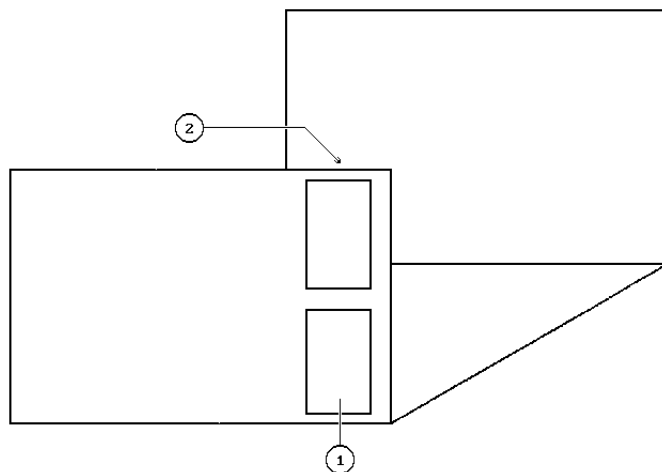


Abb. 3.8. Anordnung der Sicherungen.

No.	Position	Europäische Ausführung (230 V <sub>AC</sub> , +6 %, - 10 %)	U.S.-Ausführung (115 V <sub>AC</sub> , ±10 %)
1	Sicherungshalter	2 × 2,5 A TRÄGE/250 V	1 × 5 A TRÄGE/250 V
2	Stromversorgungsmodul 0 - PM0	1 × 8 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 6,3 × 35 mm)	1 × 8 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 6,3 × 35 mm)
3	Stromversorgungsmodul 1 - PM1	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
4	Stromversorgungsmodul 2 - PM2	1 × 2 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 2 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
	F1, F2:	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A v/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)
	F3:	1 × 5 A TRÄGE/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)	1 × 5 A v/250 V (Abmessungen 5 × 20 mm)

**ACHTUNG:** Um Brandgefahr zu vermeiden, dürfen nur Ersatzsicherungen des angegebenen Typs und mit den angegebenen Nennwerten verwendet werden.

Das Schutzgehäuse des Geräts darf nur von befugtem Servicepersonal geöffnet werden.

Auf den folgenden Seiten sind einige generelle Richtlinien zum Umgang mit dem Gerät bzw. Messsystem zusammengestellt.

---

**Achtung:** Die Kommunikation mit dem Analysator erfolgt ausschließlich über Tastatur und Bildschirm. Das Schutzgehäuse darf NUR von befugtem Servicepersonal geöffnet werden. Da der Photomultiplier/Helium Neon Laser und andere Bauteile mit Hochspannung betrieben werden, kann ein Berühren dieser Teile Lebensgefahr bedeuten.

**Achtung:** Das Gerät muß immer ausgeschaltet werden, bevor die Lichtintensität des Senders justiert oder eine neue Meßstrecke angeschlossen wird. Das Gerät nicht wieder einschalten, bevor alle Einstell- und Installationsarbeiten abgeschlossen sind. Anderenfalls kann es zur Zerstörung des Detektors kommen.

**Achtung:** Öffnen Sie unter keinen Umständen Abdeckungen, Verschraubungen etc., welche die optischen Bauteile des Analysators schützen. Alle diese Abdeckungen sind mit gelber Farbe markiert oder tragen entsprechende Warnhinweise. Bei Verstoß gegen diese Vorschrift erlischt die Werksgarantie Ihres Geräts.

**Achtung:** Vergewissern Sie sich vor der Installation, daß die Eingangsspannung richtig eingestellt ist (115 bzw. 220 V). Prüfen Sie auch, ob die richtige(n) Sicherung(en) eingesetzt ist (sind).

Beachten Sie, daß eine Änderung der Spannungseinstellung nur durch befugtes Servicepersonal vorgenommen werden darf.

---

## 4.1 Sicherheitshinweise zum Analysegerät

---

**Achtung:** Das Schutzgehäuse des Geräts darf nicht abgenommen werden. Hierzu ist ausschließlich qualifiziertes Kundendienstpersonal befugt.

---

- Das Gerät ist an eine Netzstromquelle mit 230 V bzw. 115 V Wechselstrom anzuschließen. Die Leistungsaufnahme des Analysators beträgt etwa 110 W, die des Netzteils PS150 der Xenon-Lampe etwa 220 W.
- Den Analysator auf einer ebenen, stabilen Fläche aufstellen.

- Das Gerät nicht in der Nähe von Heizkörpern, Heizelementen oder Lüftern aufstellen. Das Gerät darf nicht der Einwirkung von direkter Sonneneinstrahlung, Staub, Feuchtigkeit, Regen oder mechanischen Erschütterungen ausgesetzt werden.
- Das Gerät darf nicht in der Nähe von starken elektrischen oder magnetischen Feldern aufgestellt werden.
- Das Gerät sollte keinen schnellen Temperaturwechseln ausgesetzt sein. Die für den Analysatorbetrieb empfohlene Umgebungstemperatur liegt zwischen +5 und 25 °C und darf +30 °C in keinem Fall übersteigen!
- Das Gerät darf keinerlei Stoßeinwirkung bzw. Vibrationen ausgesetzt werden. Dies gilt vor allem, wenn der Analysator in Betrieb ist.
- Achten Sie darauf, das Gerät immer auszuschalten, bevor Kabel oder Anschlüsse montiert bzw. demontiert werden. Dies gilt auch für den Monitoranschluß, nicht jedoch für die Tastatur.
- Achten Sie darauf, das Gerät auszuschalten, bevor Glasfaserkabel angeschlossen oder abgenommen werden.
- Die Xenon-Lampe, die an denselben Netzanschluß angeschlossen ist wie der Analysator, sollte nicht bei laufendem Analysator eingeschaltet werden.

## 4.2 Sicherheitshinweise zu Kalibriergasen

Zur Kalibrierung der Messbereiche werden Gase und toxische Substanzen benötigt. Die Durchführung dieser Maßnahmen setzt gründliche Kenntnisse dieser Medien und der mit ihrer Handhabung verbundenen Risiken voraus!

---

***Hinweis:** Machen Sie sich vor jedem Umgang mit Gasen gründlich mit den Sicherheitshinweisen des Herstellers sowie den einschlägigen Vorschriften vertraut.*

---

- Vermeiden Sie es in jedem Fall, Kalibriergase zu mischen. Dies kann in einigen Fällen unerwartete chemische Reaktionen hervorrufen.
- Gasflaschen sind mittels Ketten gegen Umfallen zu sichern.
- Die Lagerung von Gasflaschen hat in gut belüfteten, eigens hierzu vorgesehenen Bereichen zu erfolgen. Ein Umgang mit toxischen Gasen sollte vorzugsweise außerhalb des Werkshallen- bzw. Laborbereichs erfolgen. Die Handhabung von kleinen Mengen in Innenräumen ist zulässig, sofern dies unter einer wirksamen Be- bzw. Entlüftungshaube erfolgt.
- Die verwendeten Armaturen müssen sich in gutem Zustand befinden. Zwischen Gasflasche und Verbraucher ist ein Druckregler zu schalten. In keinem Fall darf

eine Druckminderung durch nur teilweises Öffnen eines Gasventils herbeigeführt werden.

---

***Hinweis:*** Das Gaskalibriersystem muss unbedingt über eine Entlüftung ins Freie verfügen. Auf gasdichten Zustand ist unbedingt zu achten!

---



Dieses Kapitel enthält detaillierte Anweisungen zu Inbetriebnahme und Betrieb des Analysators. Vor der Inbetriebnahme müssen auch die vorangegangenen Kapitel dieses Handbuchs sowie die anderen Handbücher sorgfältig durchgelesen werden.

## 5.1 Erste Prüfungen vor dem Einschalten/Vorbereitung

Um Schäden am Gerät zu vermeiden, ist es wichtig, daß der Bediener vor der Inbetriebnahme einige Kontrollen vornimmt. Die folgenden Punkte sind bei AUSGESCHALTETEM Gerät zu kontrollieren und ggf. zu korrigieren.

- Bei der Installation des Geräts sind die Anweisungen in [Kapitel 4.1, Sicherheitshinweise zum Analysegerät](#), zu befolgen. Erforderlichenfalls ist der Analysator in einem temperaturgeregelten Schrank zu installieren, um das Gerät vor widrigen Umgebungsbedingungen zu schützen.
- Lose oder fehlende elektrische Anschlüsse oder Leiterplatten; beschädigte Teile; Stecker, Schrauben etc.
- Es dürfen keine losen Schrauben, Drahtenden, Schmutz etc. vorhanden sein.
- Die richtige(n) Sicherung(en) ( $1 \times 5 \text{ A}/250 \text{ V}$  für  $115 \text{ V}_{\text{AC}}$ , oder  $2 \times 2,5 \text{ A}/250 \text{ V}$  für  $230 \text{ V}_{\text{AC}}$ ) muß (müssen) fest im Sicherungshalter sitzen.
- Die Kabel an Tastatur, Bildschirm und etwaiges Sonderzubehör, wie Multiplexer, Eingangs-/Ausgangssignalsysteme etc., anschließen.
- Überprüfen, ob Sender und Empfänger richtig plaziert sind. Das Glasfaserkabel zwischen Empfänger und Zentraleinheit anschließen. Siehe auch separates Handbuch für die Sender/Empfängereinheiten.

## 5.2 Einschaltprüfung

Die optimale Temperatur zum störungsfreien Betrieb des Computers liegt zwischen  $+15$  und  $+25 \text{ °C}$ . Falls das Gerät bei Temperaturen unter  $15 \text{ °C}$  aufbewahrt wurde, sollte es erst eingeschaltet werden, nachdem es sich auf Raumtemperatur erwärmt hat.

- Den Analysator an eine geerdete Steckdose mit den für Ihr Gerät geeigneten Nennwerten anschließen.

- Gerät einschalten. Daraufhin sollten die Lüfter anspringen; an ihrem Geräusch können Sie erkennen, daß das Gerät mit Spannung versorgt wird. Falls dies nicht geschieht, das Kapitel Fehlersuche zu Rate ziehen.
- Der Rechner beginnt zu arbeiten. Zunächst wird etwa 20 Sekunden lang eine Eröffnungsmeldung angezeigt; danach erscheint folgende Bildschirmanzeige:

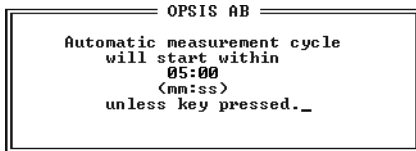


Abb. 5.1. Aufwärmmeldung.

- Falls einer der Installationsparameter (Streckenlänge, Zeiteinstellung etc.) geändert werden soll, die Leertaste betätigen und das Installationsmenü aufrufen. Alle Änderungen an Installationsparametern erfolgen über das ANALYSATOR-ROOT-MENU. Wenn keine Taste betätigt wird, beginnt das Gerät nach einer Aufwärmzeit von ca. 5 Minuten automatisch mit dem Meßbetrieb.
- In jedem Falle zunächst mindestens 5 Minuten aufwärmen lassen.
- Im Installationsmenü den Menüpunkt **Optimize light** aktivieren. Das Ergebnis sollte eine Zahl zwischen 0,5 und 95 % sein. Wenn kein Wert angezeigt wird oder der Wert außerhalb der Grenzwerte liegt, sollten Sie zunächst prüfen, ob das Glasfaserkabel richtig an die Rückseite des Analysators angeschlossen ist und ob Licht beim Analysator ankommt. Wenn immer noch kein plausibler Wert angezeigt wird, im Kapitel Fehlersuche nachschlagen.
- Die Analysator-Hardware durch Durchführung eines System-Checks überprüfen (s. [Kapitel 10, System Check](#)). Wenn einer der fünf Parameter außerhalb der zulässigen Grenzwerte liegt, im Kapitel Fehlersuche nachschlagen.
- Bevor der Analysator (AR500/AR600) in den automatischen Meßmodus geschaltet wird, sollte eine Referenzkalibrierung durchgeführt werden (s. [Kapitel 9.3, Referenzkalibrierung](#)).





1. Weglänge, Temperatur und Druck, die während der laufenden Messung einer Konzentration für die angegebene Messstrecke vorhanden sind. Die Länge ist immer konstant, Temperatur und Druck können verändert werden, wenn die Daten über einen Analogeingang eingespeist werden.
2. Ergebnisse der letzten Messung. Die Ergebnisse sind auf Normaltemperatur und druck, d.h. 0 °C und 1013 hPa, korrigiert, wenn dies vorgegeben ist. Die Messstreckenummer wird oberhalb der Konzentration angezeigt.
3. Abweichung der letzten Messung.
4. Lichtpegel in %. Ein Nullpegel zeigt an, dass überhaupt kein Licht empfangen wird. Um ein vernünftiges Ergebnis zu erhalten, sollte der Pegel zwischen 10 % und 90 % liegen.
5. Die aktuell vom Analysator gemessene Komponente. Die Messstrecken-nummer wird nach dem Gasnamen angezeigt. Es wird nur ein Gasname angezeigt, auch wenn mehrere Gase in der gleichen Gitterposition ausgewertet werden. Der Sekunden Countdown zeigt die verbleibende Zeit zur Spektraldatenerfassung.
6. Der aktuelle Stand der jeweiligen Analysator Operationen, wie z.B.: Messwegauswahl, setzen des Gitters, einstellen der Verstärkung oder Auswerten eines Spektrums.
7. Noch verfügbare Speicherkapazität auf der Festplatte in MB und im Hauptspeicher in KB.
8. Aktuelle Uhrzeit.
9. Analysator Seriennummer und Software Versionsnummer.

## 6.2 Bildlauf der Messanzeige

Wenn die Anzahl der Messstrecken und/oder gemessenen Gase die Anzeige-kapazität übersteigt, kann ein sechs Gase und vier Strecken umfassendes Fenster auf der Tabelle hin- und hergeschoben werden.

Alle Messdaten werden in eine Tabelle geschrieben, in der die Zeilen den Messstrecken und die Spalten den gemessenen Gasen zugeordnet sind. Die Bildschirmanzeige ist ein Fenster, durch das die Tabelle betrachtet werden kann. Das Fenster kann mit Hilfe der Pfeiltasten so verschoben werden, dass jeder Abschnitt der Tabelle zu sehen ist.

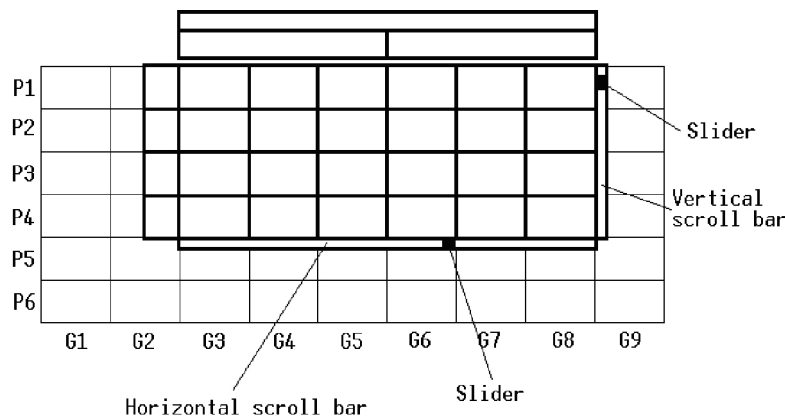


Abb. 6.2. Die dünnen Linien entsprechen der gesamten Tabelle. In diesem Beispiel werden 9 Gase über 6 Messstrecken gemessen. Die dicken Linien entsprechen dem Fenster, durch das die Tabelle betrachtet wird. Das Fenster wird mit den Pfeiltasten verschoben.

Wenn mehr als vier Messstrecken installiert sind, wird am rechten Bildschirmrand ein senkrechter Rollbalken sichtbar. Die bisher unsichtbaren Strecken können durch betätigen der Pfeiltasten nach unten und oben angezeigt werden. Eine Schiebemarkierung zeigt die Position des Fensters im Verhältnis zur Tabelle an.

Wenn mehr als sechs Gase gemessen werden erscheint unten ein waagrechter Rollbalken. Die bisher unsichtbaren Gase können durch betätigen der Pfeiltasten nach rechts und links angezeigt werden. Wie bei den senkrechten Rollbalken gibt auch hier eine Schiebemarkierung die aktuelle Position des Fensters an.

Die Cursortasten können während der Messung jederzeit betätigt werden, das Fenster wird jedoch nur verschoben, wenn und während der Rechner den Arbeitsvorgang Messung ausführt (siehe Punkt 6 in Abb. 6.1). Um unerwünschte Verschiebungen des Fensters zu vermeiden, betätigen Sie die Cursortasten nur im Modus Messung [Measure]. Beachten Sie, dass die Meldung Messung nicht angezeigt wird, wenn die Auswertungszeit länger als die Messdauer ist.

## 6.3 Konzentration, Abweichung und Lichtpegel

Jede Messung der Gase gibt nicht nur die Gaskonzentration an, sondern auch die Abweichung und den Lichtpegel. Die Abweichung ist ein Indikator für die Unsicherheit der Messung. Der Lichtpegel zeigt den Betrag des Lichtes an, welches in einem Wellenlängenbereich zur Auswertung der Gaskonzentration angezeigt wird. Folglich wird der Lichtpegel in einem Messpfad von Gas zu Gas variieren, jenachdem welche Wellenlänge eingestellt ist.

Es besteht eine enge Abhängigkeit zwischen Lichtpegel und Abweichung. Wird der Lichtpegel niedriger, wird das Rauschen und demzufolge die Messungenauigkeit größer, was sich im Anstieg der Abweichung zeigt.

Die Abweichung und der Lichtpegel belegen die Richtigkeit der Gaskonzentration. Siehe auch den Absatz über Daten Genauigkeit im [Kapitel 7, Das Installationsmenü](#). Außer Konzentration, Abweichung und Lichtstärke werden eine Reihe von Markierungen in Form von negativen Vorzeichen (-) angezeigt, die die Interpretation der Messergebnisse erleichtern.

BEN	03	FOR
-0.3 µg/m <sup>3</sup>	120.8 µg/m <sup>3</sup>	20.6 µg/m <sup>3</sup>
2.9 µg/m <sup>3</sup>	-3.0 µg/m <sup>3</sup>	4.1 µg/m <sup>3</sup>
34.7 %	49.3 %	-57.2 %

Abb. 6.3. Negatives Vorzeichen.

- Eine Konzentration kann negativ sein. Im allgemeinen läßt die Auswertung negative Konzentrationen bis zum doppelten Wert der Abweichung zu. Solche Ergebnisse sind normal, wenn die gemessenen Konzentrationen sehr niedrig sind, d.h. nahe der Nachweisgrenze des Analysators liegen. Höhere negative Konzentrationen deuten auf einen ernstzunehmenden Fehler in der Auswertung hin.
- Ein negatives Vorzeichen vor dem Wert der Abweichung zeigt an, dass die Auswertung nicht richtig angenähert werden kann. Der Meßwert ist unsicher oder ganz falsch, wird aber wie üblich abgespeichert. Wenn solche negativen Wert häufiger auftauchen, kann es sinnvoll sein, einen System Check und/oder eine Referenzkalibrierung durchzuführen.
- Die Funktion Data validation im Menü Station setup erlaubt die Festlegung einer maximal zulässigen Abweichung (siehe [Kapitel 7, Das Installationsmenü](#)). Bei Überschreitung dieser Grenze wird der gemessene Lichtpegel mit negativem Vorzeichen angezeigt. Der Wert wird jedoch wie üblich in der binären Messwertdatei gespeichert.

Es können natürlich auch Kombinationen dieser negativen Vorzeichen auftreten. Es werden in jedem Fall alle Messwert abgespeichert, bei Darstellung in Tabellenform werden die negativen Vorzeichen mitdargestellt.

Von Bedeutung sind die negativen Vorzeichen bei der Berechnung von Mittelwerten, der Umformatierung von Daten in ASCII – Dateien und bei der Verwendung der ComVision-Software zum Datenabruf. In diesen Fällen werden alle negativen Abweichungen und Lichtpegelwerte und einige der negativen Konzentrationswerte aussortiert, wenn die Integrationszeit auf einen Wert größer Null eingestellt ist. Negative Konzentrationen, deren Wert nicht größer ist als das Doppelte der Abweichung, werden akzeptiert.

Durch Betätigung der [Esc] Taste können die Messungen unterbrochen werden, um ins Hauptmenü zurückzukehren. Eine solche Unterbrechung der Messung kann durch eine entsprechende Kennwortsicherung verhindert werden.

Der Analysator muß vor Messbeginn konfiguriert werden. Das Installationsmenü gibt den kompletten Zugriff auf die Konfiguration des Analysators. Das beinhaltet die Festlegung der Messpfade und Messzeiten, der Kommunikation und Datenlogger, Kalibrierungsparameter usw. Das Installationsmenü wird auch zur Änderung der Arbeitsweise des Analysators benutzt.

Das Installationsmenü wählt man vom Hauptmenü durch drücken der Taste [F1] aus. Das Programm kann Passwortgeschützt werden.

## 7.1 Das Installationsmenü

Wenn der Analysator für Messungen installiert wird, werden alle Parameter der einzelnen Funktionen in den verschiedenen Untermenüs des Installations-menüs eingegeben.

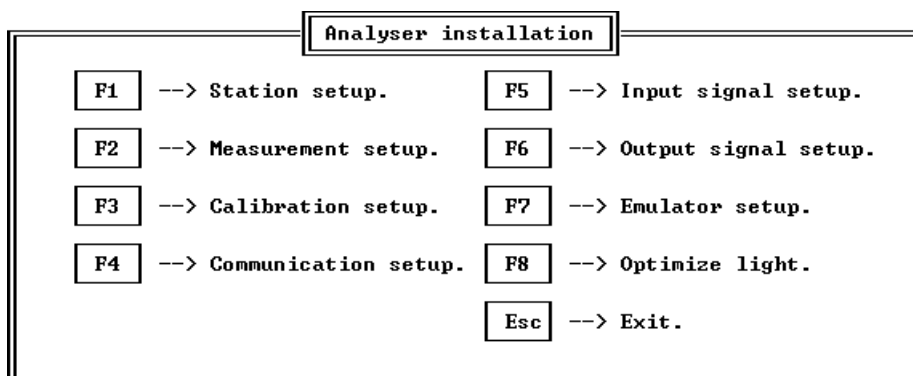


Abb. 7.1. Das Installationsmenü.

- [F1] Station setup: Hier werden Systemparameter, wie etwa Stationskennung, aktuelles Datum, Uhrzeit und Kennwörter eingegeben.
- [F2] Measurement setup: Hier werden alle Angaben über die Durchführung der Messungen eingetragen, z.B.: Anzahl der Messstrecken, zu messende Stoffe usw.
- [F3] Calibration setup: Hier werden die verschiedenen Kalibrierprozeduren, Kalibrierstrecken und die zu verwendenden Gasflaschen festgelegt.
- [F4] Communication setup: Hier werden die Parameter für das Modem und für die direkte serielle Kommunikationsverbindung eingetragen.

- [F5] Input signal setup: Aktiviert die externe Datenlogger Software IO256 und ermöglicht den Zugang zum Menü des installierten Loggers.
- [F6] Output signal setup: Die Software IO256 muß zum Output der Signale installiert werden, z.B.: von analogen Stromsignalen (4-20 mA) oder digitale Status- und Alarmsignale.
- [F7] Emulator setup: Wenn an den Analysator ein Odessa-Logger angeschlossen werden soll, muß ein DSM-Emulator installiert werden, um die Kommunikation zwischen beiden Geräten zu ermöglichen. Der DSM-Emulator wird mit [F7] installiert und ist in einem separatem Handbuch beschrieben. Diese Option kann auch für andere Spezialanwendungen genutzt werden.
- [F8] Optimize light: Dieses Menü kann in manchen Fällen zur Justierung von Sendern und Empfängern verwendet werden, um maximale Lichtintensität zu erhalten.

Die oben aufgezählten Untermenüs werden in den folgenden Kapiteln erklärt.

## 7.2 Einrichtung der Station

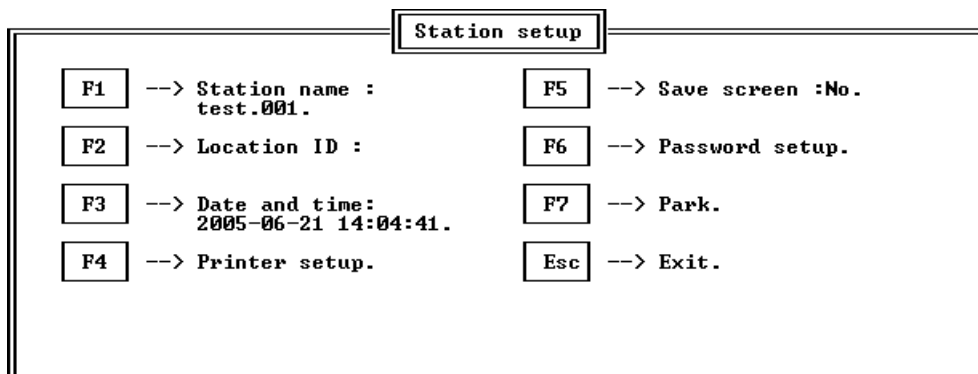


Abb. 7.2. Das Menü Station setup.

- [F1] Station name. Nach Betätigung von [F1] kann der Stationsname eingegeben werden. Der Name muß 8 Zeichen lang sein und mit einem alphabetischen Zeichen beginnen. Das fünfte Zeichen muß ein Punkt (.) sein. Die Daten werden in Monatsdateien im komprimierten Binärformat abgespeichert. Der Dateiname besteht aus dem aktuellen Jahr und Monat und dem Stationsnamen. Im Menü Data presentation können die Binär-dateien in ASCII-Files umgewandelt werden. Der Stationsname sollte bei jeder Änderung der Messkonfiguration mitgeändert werden. So kann leicht zwischen Messwerten unterschieden werden, die unter verschiedenen Bedingungen erfasst worden sind, z.B.: mit unterschiedlicher Mess-streckenanzahl oder bei Messung mit oder ohne Temperatur-kompensation.
- [F2] Location ID: Dient zur genauen Bezeichnung des Analysators, wenn an einer Messstation mehrere Analysatoren installiert sind. Die Kennung ID wird im Datenkopf der Binärdatei gespeichert und kann im Data presentation Menü gesehen werden.

- [F3] Date and time. Seit alle Daten vom Analysator mit Datum und Uhrzeit angegeben werden, ist die richtige Einstellung der Analysatoruhr von größter Wichtigkeit.
- [F4] Printer setup ruft ein Menü auf, in dem ein an den Analysator angeschlossener Drucker definiert und aktiviert werden kann.
- [F5] Save screen ist entweder an oder aus. Bei aktiver Funktion wird der Bildschirm verdunkelt, wenn auf der Tastatur etwa 15 min lang keine Taste betätigt worden ist. Diese Funktion schützt den Bildschirm vor Schäden durch Einbrennen.
- [F6] Password setup ermöglicht die Vergabe von Zugangsberechtigungen zu unterschiedlichen Zugangsebenen mittels Benutzername und Kennwörtern.
- [F7] Park ist eine sinnvolle Funktion zur Wartung des Gerätes. Die Funktion deaktiviert die schrittweise Rückkehr in den Messmodus, die normalerweise erfolgt, wenn der Analysator in irgendeinem Menü außer dem Messmenü einige Zeit nicht bedient wird.

## 7.2.1 Datum und Uhrzeit

Der Analysator hat eine eingebaute Uhr, die nach Aufruf der Funktion [F3] Date and time im Menü Station setup eingestellt werden kann. Die Opsis Uhr aktualisiert ständig die Uhr des integrierten Rechners, so dass die beiden Uhrzeiten stets übereinstimmen.

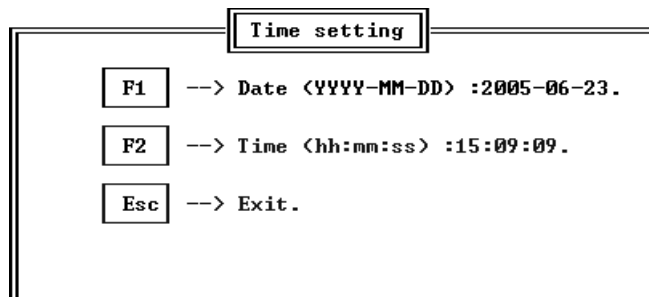


Abb. 7.3. Menü zum Einrichten der Analysatoruhr.

- Das Datum wird durch Drücken der Taste [F1] eingestellt.
- Die Uhrzeit wird durch Drücken der Taste [F2] eingestellt.

Zum Verlassen des Menüs die Taste [Esc] drücken.

**Wichtig:** Alle Messwerte werden zeitbezogen abgespeichert. Es ist daher notwendig, dass die Uhr des Analysators richtig eingestellt ist.

**Wichtig:** Die Analysatoruhr kann von einem Computer, der das Opsis Kommunikationsprotokoll benutzt synchronisiert werden.

**Wichtig:** Die Analysatoruhr kann auf Sommerzeit umgestellt werden, allerdings kann dies zu einem Verlust von Daten führen, wenn die Zeit zurückgestellt wird.

## 7.2.2 Einrichten des Druckers

Ein Drucker sollte über die parallele Schnittstelle an den Analysator angeschlossen werden.

---

**Wichtig:** Vor Anschluß des Druckers muß der Analysator ausgeschaltet sein.

---

Im Menü Station setup die Taste [F4] drücken, um das Druckereinstellungsmenü aufzurufen. Für den Drucker müssen zwei Parameter eingestellt werden.

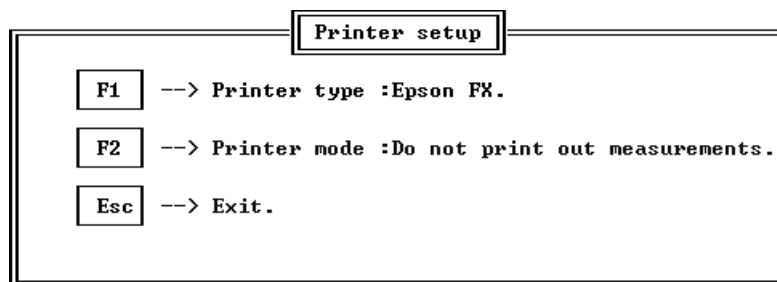


Abb. 7.4. Das Drucker Menü.

Die Taste [F1] drücken und den passenden Drucker auswählen. Es stehen fünf Typen zur Verfügung:

- Epson FX
- Epson JX
- Canon InkJet
- HP LaserJet
- HP PaintJet.

Es ist möglich, alle Messergebnisse während der laufenden Messung in numerischer Form auszudrucken. Drücken Sie [F2] um den Druckermodus zu wechseln. Der Modus kann entweder "Do not print out measurements" sein, oder "Print out each measurement", mit eindeutigen Auswirkungen auf den angeschlossenen Drucker.

Normalerweise ist kein Drucker angeschlossen, sodass der Druck der Messergebnisse ausgeschaltet sein sollte.

## 7.2.3 Kennworteinrichtung

Die Kennwörter zum Schutz der Analysator Menüs werden durch betätigen von [F6] in Menü Station setup eingegeben und bearbeitet.

Password setup

Password protection :Yes

#	SYSTEM OPERATOR NAMES	SYSTEM OPERATORS						
		Access Level	1	2	3	4	5	6
1	Knatte	Access Level						
2	Fnatte	Password	X					
3	Tjatte	Installation	X					
4		Calibration	X	X				
5		Adv. calib.	X					
6		Presentation	X	X	X			
		Delete files	X					
		System check	X	X	X			

F1 --> Edit names/passwords.  
 F2 --> Edit access level.  
 Esc --> Exit.

Abb. 7.5. Das Menü Password setup.

Die Kennwort – Installation erfolgt in zwei Schritten:

- Zuerst wird festgelegt welche Benutzer (System operators) mit dem Analysator arbeiten sollen. Jeder Benutzer sollte einen Namen und ein Kennwort erhalten.
- Dann wird definiert zu welchen Teilen der Software (Access levels) die Benutzer Zugang haben sollen.

Nach Betätigen der Taste [F1] können Name und Kennwort für die einzelnen Benutzer eingegeben werden. Das Passwort wird zweimal hintereinander eingegeben, um Tippfehler zu vermeiden.

In der Regel wird es ein Passwort für den Systemverwalter geben, der Zugang zu allen Menüs der Analysator Software hat und ein oder mehrere Kennwörter für andere Benutzer, die nur bestimmte Aufgaben am Gerät ausführen, z.B.: die Kalibrierung. Die aktuell installierten Benutzernamen werden im linken Fenster des Menüs angezeigt.

Die Zugangsebenen werden über [F2] erreicht. Folgende Tätigkeiten können einzeln gesichert werden:

- **Password setup:** D.h. das Kennwortmenü selbst. Wenigstens ein Benutzer sollte Zugang haben.
- **Installation:** In diesem Kapitel beschriebene Menü und die Untermenüs. Der Benutzer, der Zugang zum Kennwortmenü hat, hat automatisch auch Zugang zu allen anderen Installationsmenüs.
- **Calibration:** Alle in [Kapitel 9.1, Das Hauptkalibrieremenü](#) beschriebenen Aktivitäten.
- **Advanced calibration menu:** Erweitertes Kalibrieremenü mit zusätzlichen Prozeduren zur Kalibrierung, wie in [Kapitel 9.7, Das erweiterte Kalibrieremenü](#). beschrieben. Jeder, der Zugang zum erweiterten Kalibrieremenü hat, hat auch Zugang zum normalen Kalibrieremenü.
- **Data presentation:** Die Möglichkeit Messwerte anzuzeigen, wie in [Kapitel 8, Das Menü zur Messwertdarstellung](#) beschrieben.



- **Delete files:** Das Untermenü der Messwertdarstellung, in dem Messwert-dateien von der Festplatte gelöscht werden können. Der Benutzer, der Dateien löschen darf, hat automatisch auch Zugang zu allen Funktionen der Messwertdarstellung.
- **System check:** Test wie in [Kapitel 10, System Check](#) beschrieben, bezogen auf die Hardware.

Durch [Esc] kommen Sie zum Menü **Station setup** zurück.

Wenn das Feld **Password protection** in der oberen linken Ecke des **Password setup** Menüs **Yes** anzeigt, sind alle in diesem Menü eingetragenen Einstellungen für die Kennwortsicherung aktiv. Die Kennwortsicherung wird nur aktiviert, wenn allen definierten Benutzern sowohl ein Name als auch ein Kennwort zugeordnet wurde.

Der Analysator fragt den Benutzernamen und das Kennwort ab, wenn man versucht das Hauptmenü des Analysators aufzurufen. Das geschieht in zwei Situationen. Erstens: am Häufigsten nach der Unterbrechung des Messmodus, siehe [Kapitel 6, Messungen](#). Zweitens: nach dem Einschalten, wenn sich der Analysator automatisch in den Messmodus schaltet.

Ist das Kennwort eingegeben, wird in Übereinstimmung mit dem **Password setup** Menü Zugang erteilt. Um die Bedienung durch Unbefugte zu verhindern, sollte der Benutzer den Analysator immer in den Messmodus zurückschalten, bevor er seinen Arbeitsplatz verlässt.

## 7.3 Einrichtung der Messungen

Alle Informationen über die Durchführung der Messungen werden im Menü **Measurement setup** eingegeben. Dieses wird im Installationsmenü über [F2] aufgerufen.

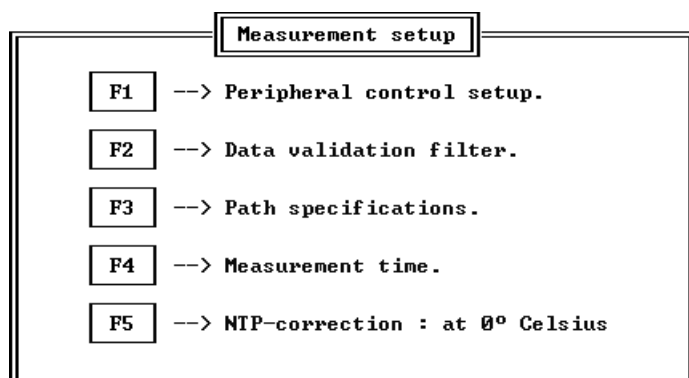


Abb. 7.6. Das Menü *Measurement setup*.

- [F1] **Peripheral control setup** wird gebraucht, um die mit der Messung verbundenen externen Bauteile zu definieren. Das beinhaltet: Multiplexer zur Auswahl der unterschiedlichen Messwege, bewegliche Filter zur Steigerung der Messleistung, automatische Lichtoptimierung und automatische Kalibriereinheiten.

- [F2] Data validation filter definiert Regeln für die Gültigkeit der Messdaten. Diese können festgelegt werden, wenn Daten an den Schnittstellen gesammelt werden und wenn ASCII files erstellt werden.
- [F3] Path specification: Hier werden die Anzahl der Messstrecken sowie die Temperatur-, Druck- und Feuchtigkeitskorrekturen für jede einzelne Messstrecke eingestellt.
- [F4] Measurement time: Gibt Zugang zum Menü zur Einstellung der Messdauer jedes einzelnen Gases in jeder Messstrecke. Außerdem werden in diesem Menü die Maßeinheit und der Einsatz beweglicher Filter eingestellt.
- [F5] NTP–correction: Hier können die Gaswerte auf Normalbedingungen gerechnet werden, d.h. 1013 hPa und 0°C oder 25°C. Wenn freigegeben, werden alle Gasdaten vor dem Speichern auf Festplatte auf Normaltemperatur und –druck berechnet. Die aktuellen Temperatur- und Druckwerte sind im Path specification Menü definiert. Siehe auch [Kapitel B, Messwertkorrekturen](#).

Über [Esc] gelangen Sie wieder zum Installationsmenü.

## 7.3.1 Peripherie Kontrolle

Das Peripherie Kontroll Programm wird zum Konfigurieren der externen Bauteile, die mit den Messungen oder dem Messverhalten zu tun haben, gebraucht. Diese Bauteile können sein:

- Multiplexer, ermöglicht Messungen auf zwei oder mehr Pfaden in einem Analysator.
- Optische Filter, erweitern die Fähigkeiten des Analysators das Messverhalten für mehrere Gase aufzunehmen.
- Lichtoptimierer, z.B.: automatische Ausrichtung auf die Messwege.
- Kalibriereinheit, z.B.: elektronische Kontrolle für Kalibriergase.

Peripheral Control Setup	Type	Control	Setup
Multiplexer	» MX004	DSUB	->
Optical filter	UF225/325	DSUB	->
Light optimiser Re	L0110/150	Serial	->
Light optimiser Tr	L0110/150	Serial2	->
Calibration unit			
[F1] - Serial port setup.			
[F2] - Peripheral control bindings.			
[Esc] - Exit.			

Abb. 7.7. Peripherie Kontrolle.

### 7.3.1.1 Multiplexer

Ein Multiplexer wird zur Selektierung eines von zwei oder mehreren Messwegen zur Gasüberwachung benutzt. Die folgenden Modelle sind verfügbar:

- MX004, für zwei Überwachungswege
- MX012, für sechs Überwachungswege
- MX024, für zwölf Überwachungswege, Dieses Produkt ist nicht mehr im Lieferprogramm.
- ER130, bewegliche Sende-, Empfängereinheit hier als Multiplexer eingesetzt, schaltet automatisch auf die nächste Messstrecke um, Auch der bewegliche Receiver RE130 kann als ER130 installiert werden.

Mit den Pfeiltasten (auf, ab) wählen Sie die Multiplexerreihe, durch Drücken von [Enter] bestätigen Sie den Multiplexertyp. Wenn der richtige Typ ausgewählt ist, gehen Sie zur Setup Spalte und drücken [Enter] zur Konfiguration des gewählten Multiplexers. Für alle Typen erscheint "DSUB". Diese Einstellung kann nicht geändert werden.

## MX004

Wenn ein MX004 gewählt wurde, erscheint folgende Bildschirmanzeige:

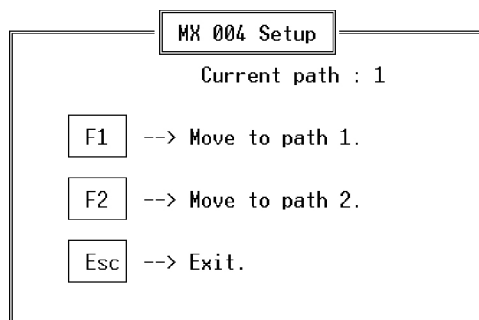


Abb. 7.8. Installationsmenü für MX 004.

[F1] (gehe zu Strecke 1) und [F2] (gehe zu Strecke 2) betätigen, um die Funktions-tüchtigkeit des MX004 zu überprüfen. Arbeite der Multiplexer ordnungsgemäß kehren Sie mit der [Esc] Taste ins Hauptinstallationsmenü zurück. Achten Sie darauf, dass "physical path 1" die gleiche Messstrecke ist, die in den Analysator Setup Menüs als "path 1" installiert ist.

## MX012 und MX024

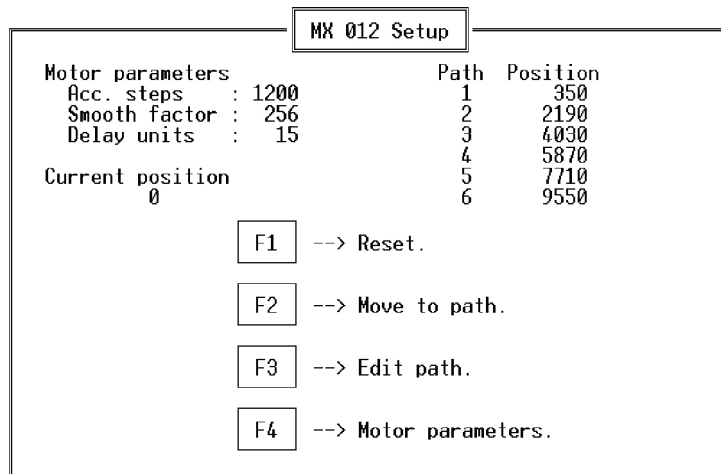


Abb. 7.9. Menü zur Installation des MX 012 Multiplexer.

Die Menüs zur Installation der MX012 und MX024 sind fast identisch. Sie unterscheiden sich nur durch die Anzahl der Messstrecken.

Auf der Innenseite der Abdeckung des Multiplexer ist eine Reihe von Parametern angegeben. Diese beziehen sich auf Funktionen wie etwa Geschwindigkeit, Abstand zwischen den Kanälen usw. Die Werte dieser Parameter müssen mit den im Menü eingetragenen Werten übereinstimmen.

- Mit [F3] wird der Positionsparameter für jede der 6 bzw. 10 Strecken eingestellt.
- Mit [F4] werden die Motorparameter eingestellt. Eine Veränderung der vorgegebenen Standardeinstellungen ist in der Regel nicht nötig.

***Wichtig:*** Stimmen nicht alle Einstellungen mit den Angaben auf der Innenseite der Abdeckung überein, kann es zu Hardwarestörungen kommen.

- Mit [F1] Reset testen Sie den Multiplexer. Der Schlitten sollte sich daraufhin in die Startposition bewegen; der unter Current position (aktueller Wert) angezeigte Wert sollte "0" betragen.
- Mit [F2] Move to path (gehe zu Strecke) werden die verschiedenen Strecken angesteuert. Unter Current position sollte dann jeweils der Wert angezeigt werden, der für die entsprechende Strecke oben rechts im Menü unter Position angegeben ist.
- Die Genauigkeit kann für jeden Kanal, durch drücken der Pfeiltasten nach rechts oder links, überprüft werden. Der Schlitten wird durch Betätigung der Tasten um je einen Schritt verschoben. Die Position der maximalen Lichtübertragung wird mit dem Lichtmeter LM010 ermittelt. Falls erforderlich kann die Schlittenposition mit Hilfe der Funktion [F3] Edit path (Strecke bearbeiten) justiert werden.

## ER130 und RE130

ER130 ist eine computergestützte, kombinierte Sender-/Empfängereinheit, die automatisch auf die nächste Messstrecke umschaltet und den Lichtpegel optimiert. Detaillierte Anweisungen zur Bedienung und zur Hardware Installation sind dem Benutzerhandbuch des ER130 zu entnehmen. Der RE130 ist praktisch ein ER130 ohne Senderoptik und die Software-installation ist die Gleiche.

[F1]- Set path coordinates. [F3]- Optimize light. [F5]- Reset ER130.  
[F2]- Seek path coordinates. [F4]- Move to path. [F6]- UV-filter On/Off.

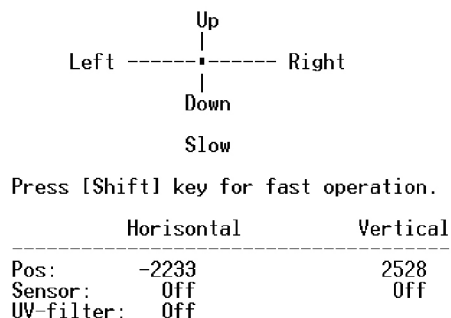


Abb. 7.10. Das Installationsmenü für den ER 130.

Das ER130 Teleskop kann mit den Pfeiltasten auf/ab und Rechts/links manuell bedient werden. Wird gleichzeitig die [Shift] Taste gedrückt, erfolgt die Bewegung mit höherer Geschwindigkeit.

- Mit [F1] können die Koordinaten definiert oder geändert werden.
- Mit [F2] wird die ER130 Einheit für eine bestimmte Strecke installiert. Details finden Sie unten.
- Mit [F3] wird die ER130 Einheit für eine bestimmte Strecke optimiert. Das Teleskop tastet dann  $\pm 20$  Schritte in horizontaler und vertikaler Richtung ab, um den optimalen Lichtpegel innerhalb dieses Bereiches zu finden.
- Mit [F4] wird das Teleskop zu den definierten Koordinaten bewegt.
- Mit [F5] wird das Teleskop zurückgesetzt, d.h. beide Koordinaten werden auf 0 gesetzt.
- Mit [F6] kann die Beweglichkeit eines UV-Filters, falls vorhanden, geprüft werden.

Am unteren Rand des Bildschirms werden die aktuellen horizontalen und vertikalen Koordinaten angezeigt. Nach einem Stromausfall muß das Teleskop zunächst rückgesetzt werden, bevor es wieder zu den Mess-strecken zurückkehren kann.

Die Installation der Messstrecke geschieht folgendermaßen:

1. Die Steuereinheit des ER130 abschalten. Das Teleskop mit den Handkurbeln manuell auf den Rückstrahler richten. Wenn eine Reflexion vom Rückstrahler sichtbar wird, die Steuereinheit wieder einschalten.

- 
- Die Funktion [F3] Optimise light (Lichtpegel optimieren) aktivieren. Der ER130 Taste den Bereich der eingestellten Richtung ab, um die optimale Reflexion zu finden. Kontrollieren Sie die Lichtpegelmatrix auf dem Bildschirm, um zu sehen dass die Reflexion richtig erfasst ist. Zwischen dem ersten und den letzten Schritt sollte eine deutliche Zunahme des Lichtpegels zu verzeichnen sein. Wenn nicht, wiederholen Sie Schritt 1.
  - Die Taste [F2] Seek path coordinates (Streckenkoordinaten suchen) betätigen. Streckennummer eingeben, der ER130 wird dann zurückgesetzt. Die Koordinaten werden automatisch im Rechner gespeichert. Die Installation ist damit beendet.

Wenn alle Strecken eingerichtet sind, kann die Funktionstüchtigkeit des ER130 mit Hilfe der Taste [F4] Move to path überprüft werden. Das Installationsmenü mit [Esc] verlassen..

---

***Wichtig:** Wenn der AR500 unter den U.S. EPA Bedingungen eingesetzt wird, darf die Gesamtzykluszeit nicht mehr als 200 Sekunden betragen. Wenn die Verzögerungszeit zwischen zwei Messstrecken mit der Pfadkonfiguration des ER130 variiert, und diese ist nicht die gleiche wie bei einem normalen Multiplexer, wird die Zykluszeit, in der oberen rechten Ecke des Bildschirms nicht korrekt angezeigt. Es mag daher am Ende der Installation nötig sein, die genaue Zykluszeit mit einer Stoppuhr zu ermitteln und wenn möglich, die eingegebenen Messzeiten dahingehend zu verändern, dass sie 200 Sekunden für einen vollen Zyklus nicht überschreiten.*

---

### 7.3.1.2 Optische Filter

Bewegliche optische Filter befähigen den Analysator verschiedene Gase zu messen. Zum Beispiel braucht man ein UF225 um NO aufzunehmen und ein UF325 ermöglicht die Erfassung von Kohlenwasserstoffen. Der UF425 kombiniert die Eigenschaften des UF225 und des UF325 Filters. Die optischen Filter befinden sich genau vor dem Ende des Glasfaserkabels im Empfänger.

---

***Wichtig:** Dieses Menü idiziert nur das Vorhandensein von Filtern. Die genaue Verwendung der verfügbaren Filter muß im Measurement time Menü eingestellt werden.*

---

#### UF225/UF325

Die Filter UF225 und UF325 sind mechanisch und elektrisch identisch und werden deshalb als ein Typ behandelt. Die Verbindung zwischen dem Analysator und den Filter Einheit wird durch eine dSub Verbindung auf der Rückseite hergestellt, die Einstellung hierfür ist immer "DSUB". Zur Verifizierung der Filter begeben Sie sich zur Setup Spalte und drücken [Enter]. Das bringt Sie zum Kontrollmenü für den ausgewählten Filtertyp.

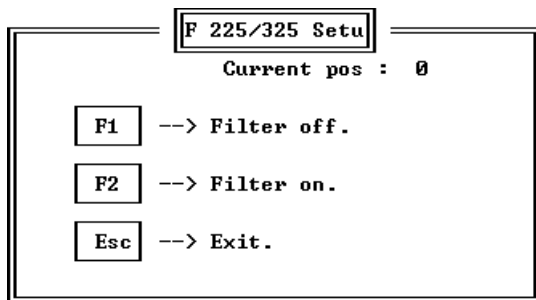


Abb. 7.11. Menü zum Testen der UF225 und UF325 Funktion.

Wählen Sie zwischen [F1] und [F2] und entscheiden Sie zwischen Filter an oder aus. Über [Esc] gelangen Sie zum Hauptmenü.

## UF425

Der UF425 Filter hantiert bis zu vier Filterpositionen, von denen wenigstens eine "Position 0" markiert. In der Praxis sind die Filter auf einem Rad plaziert, welches von einem Schrittmotor bewegt wird.

Die Verbindung zwischen dem Analysator und dem Filter ist über eine serielle Schnittstelle auf der Rückseite des Gerätes, die Einstellung hierfür ist immer "Serial". Vor Inbetriebnahme des UF425 müssen die [F1] Serial port setup und [F2] Peripheral control bindings korrekt eingerichtet sein. Siehe [Kapitel 7.3.1.5, Serial port setup](#) und [Kapitel 7.3.1.6, Peripherie Einbindung](#) unten.

Zur Verifizierung des Filters begeben Sie sich zur Setup Spalte und drücken [Enter]. Das bringt Sie zum Kontrollmenü des ausgewählten Filtertyps.

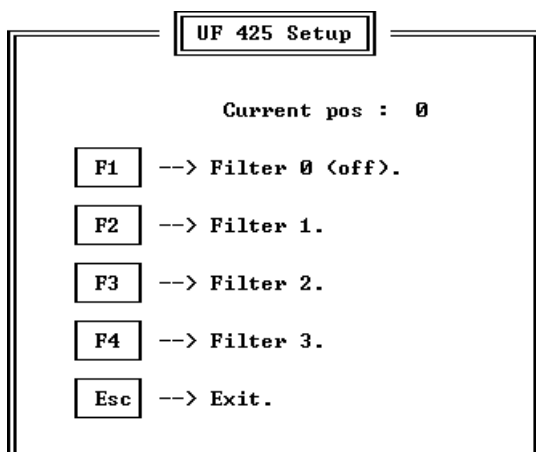


Abb. 7.12. Das Menü zur Bedienung des UF425 Filters.

Wählen Sie [F1] bis [F4] um zwischen den vier Filterpositionen zu entscheiden. Über [Esc] gelangen Sie zum Hauptmenü.

### 7.3.1.3 Lichtoptimierung

Lichtoptimierung braucht man zur automatischen und regelmäßigen Ausrichtung der Messwege. Es ist eine bequeme Art und Weise die Lichtintensität, gerade wenn sich die Basis der Sender oder Empfänger merklich bewegt, zu optimieren.

Ein Lichtoptimierer kann im Sender oder Empfänger installiert werden. Es können auch Sender und Empfänger eines Pfades mit Lichtoptimierern ausgestattet werden. Jegliche Anzahl von Pfaden, über einen Multiplexer mit dem Analysator verbunden, kann mit Lichtoptimierern ausgestattet werden.

Ein Lichtoptimierer basiert auf zwei Schrittmotoren, von denen einer die Position der Lampe (Sender) oder des Faserkabelsockels (Empfänger) in der x-Richtung und der Andere in der z-Richtung kontrolliert. Ein Kontrollalgorithmus, dessen Parametrierung im nachfolgenden Menü beschrieben ist, stellt sicher, dass die Lampe oder der Faserkabelsockel in optimaler Position sind, um dem Analysator ein Lichtmaximum bereitzustellen.

Zum installieren muss erst der Operationsmodus ausgewählt oder bestimmt werden und dann die Hardware konfiguriert und zuletzt die Kontrollparameter gesetzt werden. Dies ist im DOAS AQM System Handbuch beschrieben.

### 7.3.1.4 Kalibriereinheit

Eine Kalibriereinheit wird zur Kontrolle der Gasventile, die Prüfgase zu den Kalibrierzellen freigeben, gebraucht. Möglich ist eine manuelle Kontrolle über die Tastatur oder eine automatisch Kontrolle während der Kalibrierung des Analysators. In dieser Softwareversion sind die Grundeinstellungen der Kalibriereinheit in [Kapitel 7.4, Vorbereitung der Kalibrierung](#) zu finden. Der Zugang zur Kalibriereinheit ist in diesem Menü nicht freigegeben.

Nähere Informationen in [Kapitel 7.4, Vorbereitung der Kalibrierung](#) und [Kapitel 9, Kalibrierung](#), sowie in der CU004/007 Dokumentation.

### 7.3.1.5 Serial port setup

Alle Peripherie Geräte, der Typen "Serial" erfordern eine Konfiguration über die serielle Kommunikationsschnittstelle. Das geschieht, indem man den Cursor auf das Peripheriegerät, das die Schnittstelle braucht, stellt und [F1] drückt. Es wird ein Konfigurationsmenü geöffnet, wie in [Abb. 7.13](#).



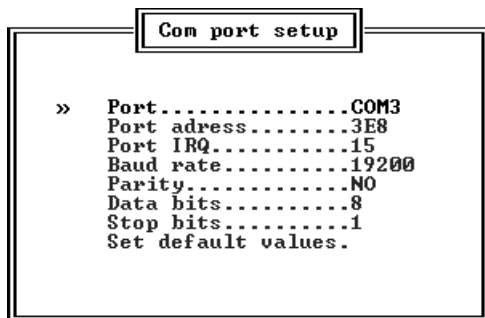


Abb. 7.13. Zeigt das Menü für die serielle Schnittstelle der Peripheriegeräte.

- Port bezeichnet das herkömmliche Kennzeichen für die serielle Schnittstelle.
- Port address gibt die Hardwareadresse der seriellen Schnittstelle. Diese muß mit der ausgewählten Adresse der in Gebrauch befindlichen Karte übereinstimmen.
- Port IRQ setzt die Interrupt Einstellung für die serielle Schnittstelle. Diese muß mit der Hardware Konfiguration übereinstimmen. Bitte Überprüfen Sie die genaue Adresse und IRQ Einstellungen mit der Hardware Dokumentation.
- Baud rate ist die Übertragungsgeschwindigkeit für die Peripheriegeräte. Normalerweise ist sie 19200 bps (bits per second).
- Parity sollte "NO" sein
- Data bits sollte "8" sein.
- Stop bits sollt "1" sein.
- Die Set default values Funktion setzt Opsis Standardparameter an der ausgewählten Schnittstelle (COMx).

---

**Warnung:** Es ist wichtig, dass die Schnittstelle, Adresse und IRQ Nummer sorgfältig ausgewählt wird, und nicht mit anderen Schnittstellen kollidiert, die von der Haupt-analysatorsoftware oder einer anderen Software (z.B. Datalogger) im Analysator benutzt wird. Andernfalls werden die Peripheriegeräte nicht arbeiten und die Funktion des ganzen Gerätes gefährden.

---

### 7.3.1.6 Peripherie Einbindung

Ist die serielle Schnittstelle definiert, siehe folgendes Kapitel, kann die Hardware-verbinding zur Schnittstelle definiert werden. Dies geschieht durch Drücken von [F2] im Peripheral control setup Menü. Es gibt ein Menü für die Kontrolle namens "Serial" und eins für "Serial2", falls in Gebrauch. Welches Menü gerade dargestellt wird hängt von der Cursorstellung ab, wenn die Funktionstaste betätigt wird. Abb. 7.14 zeigt das Verband Menü.

5 Peripheral control system, serial connection.						
#	Module type	Function	Option 1	Option 2	Opt 3	Current hardware settings
1	»MM001	UF425	All paths	I-Low	----	
2	MM001	LO	Path 1	I-Low	X Re	
3	MM001	LO	Path 1	I-Low	Z Re	
4	MM001	LO	Path 2	I-Low	X Re	
5	MM001	LO	Path 2	I-Low	Z Re	
[F1] - Program setup. [Ins] - Add module. [Enter] - Change. [F2] - Verify setup. [Del] - Remove module.						
Com port activated.						

Abb. 7.14. Das Menü Peripheral control bindings. Es sind ein bewegliches Filter, UF 425, und zwei Lichtoptimierer, LO110 und LO150, die auf dem Empfänger montiert sind, in Gebrauch.

Die Elektronik für die UF425 und die LO110/150 basiert auf dem Motorkontrollmodul MM001. Das serielle Kabel ist mit der Kommunikationseinheit CM 001 verbunden, welche ihrerseits den MM 001 überwacht.

Drücken Sie [Einf] um ein Motormodul in der Liste einzufügen, oder [Entf] um eines zu löschen. Die Gesamtanzahl der Motormodule muss mit den vorhandenen physikalischen Modulen, die mit der CM001 verbunden sind, übereinstimmen.

Die folgenden Einstellungen sind für das Verbandmenü verfügbar:

- Modul typ ist immer MM001.
- Function kann entweder ein UF425, z.B. der bewegliche Filter, oder ein LO, z.B. ein Motor für den Lichtoptimierer sein. Ein einzelner Optimierer hat zwei Motoren, die zwei MM001 benötigen. Die Anordnung in der Liste muss der im MM001 Modul, beginnend mit CM001, entsprechen.
- Option 1 definiert auf welcher Strecke die Module agieren. Die Einstellung müssen mit den physikalischen Verbindungen der Motoren entsprechen.
  - Ein UF425 arbeitet entweder auf einer einzigen Strecke oder auf allen. Im zweiten Fall sind zwei oder mehr UF425 parallel am gleichen MM001 angeschlossen, sie bewegen sich synchron. Das ist möglich, da der Analysator nur auf einer Strecke misst.
  - Die Lichtoptimierer Motormodule müssen auf eine bestimmte Strecke geleitet werden.
- Option 2 bestimmt den Strom, der durch den Motor fließt. Dieser kann drei verschiedene Größen haben, sollte aber normalerweise immer auf "I-Low" sein, d.h. der kleinste mögliche Strom.
- Option 3 ist nur für die Lichtoptimierer verfügbar. Diese Funktion leitet jedes Motor-modul zu einem speziellen Ort. "X Re" ist die x-Achse des Empfängers, "Z Re" ist die z-Achse des Empfängers, "X Tr" ist die x-Achse des Senders und "Z Tr" ist

die z-Achse des Senders. Die Eingaben müssen mit den physikalischen Verbindungen zum Motormodul des arbeitenden Lichtoptimierers übereinstimmen. Beachten Sie auch, dass der Betrieb auch von der Configuration im **Light optimise setup** Menü abhängt. Siehe [Kapitel 7.3.1.3, Lichtoptimierung](#)

Sind alle Motormodule genau definiert, müssen die physikalischen Bauteile programmiert werden. Dazu drücken Sie [F1]. Mit [F2] bestätigen Sie, dass die Module korrekt programmiert sind. Programmiercodes sind in der **Current hardware settings** Spalte zu sehen.

## 7.3.2 Daten Gültigkeitsfilter

Der Analysator hat auch für die Ergebnisse der Gasmessungen Filterfunktionen. Die Bedingungen für die Filter kommen in zwei, möglicherweise auch drei Fällen zur Anwendung.

- Präsentation der Daten. Siehe auch [Kapitel 8, Das Menü zur Messwertdarstellung](#). Die Filter werden auch eingesetzt, wenn ASCII Files wie in diesem Kapitel beschrieben, generiert werden. Die Filter können deaktiviert werden, indem man die Integrationszeit auf Null setzt, dabei sind alle Daten der angeforderten Präsentation in den Daten Files zu finden.
- Transfer von Daten. Die Filter werden gesetzt, wenn die Software Daten mit Integrationszeiten über Null anfordert. Mit Null Integrationszeit werden alle Daten übertragen, ungeachtet der Filtereinstellungen.
- IO256 Ausgang. Das Filter kann auch freigeschaltet werden für weiterverarbeitete Daten, z.B. zur Verwendung mit Analogausgängen.

Drei Parameter definieren den Filter für jedes gemessene Gas:

- Abweichungsgrenze: Als alleinstehender Parameter werden nur Messergebnisse mit einer Abweichung unter der Vorgegebenen werden in die Mittelwertbildung einbezogen. Die Abweichungsgrenze kann auch kombiniert werden mit der...
- Signal-/Rauschgrenze: Eine vorgegebene Signal-/Rauschgrenze schließt Daten aus, wenn die Konzentration kleiner als die Signal-/Rauschgrenze ist. Es werden auch Daten ausgefiltert, deren Konzentration unter der negativen Abweichungsgrenze liegen. Siehe [Abb. 7.15](#).
- Lichtpegelgrenze: Daten deren Lichtpegel unter der gesetzten Grenze liegen, werden bei der Durchschnittbildung ausgeschlossen.

Jedes Filterparameter kann durch setzen der entsprechenden Grenze auf Null deaktiviert werden. Jedoch, eine Abweichungsgrenze erfordert das Setzen einer Signal-/Rauschgrenze.

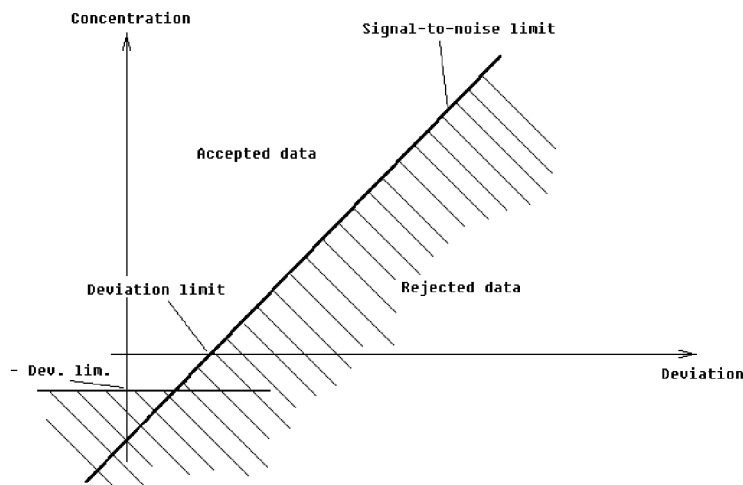


Abb. 7.15. Darstellung der Abweichung und Signal-/Rauschfilterregeln.

Abb. 7.16 zeigt das Menü zum Setzen der Filtergrenzen. Es wird durch [F2] Data validation filter im Measurement setup Menü ausgewählt.

Data validation				
Filter active on analog output : No				page 1
Gas	Unit	Deviation limit	S/N limit	Light limit (%)
» NO	µg/m <sup>3</sup>	2.000	15.0	10.0
NH <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	3.000	10.0	10.0
TOL	µg/m <sup>3</sup>	5.000	Not used	35.0
BEN	µg/m <sup>3</sup>	4.000	Not used	35.0
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	5.000	Not used	Not used
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	Not used	Not used	Not used
FOR	µg/m <sup>3</sup>	Not used	Not used	25.0
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	1.000	100.0	40.0

[PgUp]/[PgDn] to turn page, arrow keys and [Enter] to change, [Esc] to exit. [F1] - toggle filter on analog output.

Abb. 7.16. Das Menü Data validation.

Die Gase sind auf verschiedenen Seiten zu finden. Jede Seite umfasst zehn Gase. Zum Wechseln der Seiten die Tasten [Bild nach oben] und [Bild nach unten] drücken. Mit den Pfeiltasten bewegen Sie sich zu einem speziellen Gas auf dieser Seite, und mit der [Enter] Taste können Sie die Filtergrenzen verändern. Über [Esc] gelangen Sie zum vorherigen Menü.

Die Werte sollen in den gezeigten Einheiten eingegeben werden, welche im Menü Measurement time ausgewählt sind. Wenn Sie Null für einen Filterwert eingeben, wird dieser spezielle Filter deaktiviert und der numerische Wert wird durch den Text "Not used" ersetzt.

Alle Messdaten werden auf der Festplatte des Analysators gespeichert, auch wenn die Filtereinstellungen die Werte von der Durchschnittsbildung ausgeschlossen haben. Um die fehlgeschlagenen Filtereinstellungen zu markieren, haben die Lichtpegel der fehlgeschlagenen Messungen ein negatives Vorzeichen.

[F1] schaltet zwischen den Funktionen Filter anwenden, wenn Daten zum Ausgang geschickt werden, oder nicht. Wenn aktiviert, werden nur Konzentrationswerte, die das Filter passieren, weitergegeben. Der aktuelle Status ist unter Filter active on analog output zu sehen.

***Wichtig:** Es ist generell besser die Filter deaktiviert im Analysator zu lassen, und statt dessen das Filtern den Präsentationsprogrammen, wie Opsis EnivMan ComVisioner, zu überlassen. Die Daten werden am besten mit Null Integrationszeit übertragen, was dem anrufenden Computer garantiert, ein Spiegelbild der Daten zu bekommen, die auf der Festplatte des Analysators findet.*

### 7.3.3 Messstreckeneinrichtung

Um die Messstrecken einzurichten, im Menü Measurement setup die Taste [F3] Path specifications wählen. Wenn mehr als eine Messstrecke verwendet werden soll, muß zunächst ein Multiplexer installiert werden. Die Installation der Multiplexer ist in Kapitel 7.3.1, Peripherie Kontrolle beschrieben.

Path specifications.	Path # 1	Path # 2
Path length (meter) Controlled by I/O ch. # — T-ref = 273.15 K	» 212.000 none	562.000 none
Temperature correction Logged channel Temperature value Temperature unit — P-ref = 101.325 kPa	Constant — 20.00 Celsius	Constant — 20.00 Celsius
Pressure correction Logged channel Pressure value Pressure unit	Constant — 101.30 kPa	Constant — 101.32 kPa
Humidity correction Logged channel Humidity value Humidity unit	None — ----- ----	None — ----- ----
[Ins] - Add path. [Del] - Delete path.		

Abb. 7.17. Messstreckeneinrichtungsmenü mit zwei definierten Strecken.

Es können maximal 10 Messstrecken eingerichtet werden; diese werden von 1 bis 10 durchnummeriert.

- Um eine neue Strecke einzurichten, die Taste [Einf]g betätigen. Die neue Strecke wird immer als letzte an die bereits definierten Strecken angehängt.
- Mit der Taste [Entf] kann eine Messstrecke gelöscht werden. Dabei wird immer die letzte Strecke gelöscht.

Der Cursor wird mit den Pfeiltasten bewegt. Sind mehr als vier Strecken eingerichtet, wird auf die nicht angezeigten Strecken mit einem Doppelpfeil hingewiesen. Mit den Pfeiltasten rechts/links wird die Bildschirmanzeige in die entsprechende Richtung verschoben.

- 
- Unter **Path length** ist die Messstreckenlänge in Metern mit bis zu sechs Dezimalstellen einzugeben. Bei den Berechnungen werden alle Dezimalstellen berücksichtigt, auch wenn nicht alle angezeigt werden.
  - Die Messung einer bestimmten Strecke kann extern durch einen Datenlogger ein- oder ausgeschaltet werden. Die Kanalnummer des Datenloggers wird unter **Controlled by I/O ch.#** angegeben. Die Messung ist freigegeben, wenn der Analysator einen digitalen Hochpegelwert in dem angegebenen Kanal findet. Die Funktion wird durch Eingabe einer 0 als Kanalnummer deaktiviert; im Menü erscheint dann die Angabe "none".

### 7.3.3.1 Korrektur von Daten

Eine Kompensation ist für drei Parameter möglich: Temperatur, Druck und Feuchte. Gaskonzentration und Abweichung werden immer auf 0°C und 1013,25 hPa korrigiert, wenn nichts anderes angegeben ist.

#### Temperaturkorrektur

Eine Temperaturkorrektur kann entweder auf Basis eines Konstantwertes oder auf Basis eines Datenloggerwertes erfolgen.

- "Constant" kann verwendet werden, wenn davon ausgegangen wird, dass die Temperatur weitgehend gleichbleibend ist. In diesem Fall wird der Temperaturwert unter **Temperature value** eingegeben.
- "Logged" meint, dass eine dynamische Korrektur aufgrund der von einem Logger gelieferten Werte erfolgt. Die Nummer des Datenloggerkanals, der den Temperaturwert liefert, ist unter **Logged channel** einzugeben. Der aktuelle Temperaturwert ist unter **Temperature value** angezeigt.
- Temperaturmeseinheiten sind: Celsius (°C), Fahrenheit (°F) oder Kelvin (K)

#### Druckkorrektur

Die Druckkorrektur ist in der gleichen Weise entweder konstant oder logged.

- Bei Verwendung von "Constant" muß ein Druckwert (**Pressure value**) eingegeben werden.
- Bei Verwendung der Funktion "Logged" erfolgt eine dynamische Korrektur aufgrund der von einem Datenlogger gelieferten Messwerte. In diesem Fall muß die Kanalnummer unter **Logged channel** angegeben werden. Der aktuelle Messwert wird unter **Pressure value** angezeigt.
- Druckmeseinheiten sind: pascal (Pa), Hektopascal (hPa), Kilopascal (kPa) oder Millimeter Quecksilbersäule (mmHg).

Wenn keine Temperatur- oder Druckkorrektur gewünscht wird, ist die Temperatur bzw. der Druck auf "Constant" zu setzen und als Temperaturwert von 0°C (32°F) und als Druckwert 1013,25 hPa, d.h. den jeweiligen Normalwert bei 0°C zu nehmen.

## Feuchtigkeitskorrektur

Humidity correction dient dazu, Trockenkonzentrationen anstelle der standardmäßig erfaßten Feuchte Konzentrationen anzugeben.

- Wird für die Feuchtigkeitskorrektur "None" gewählt, so werden die Konzentrationen als Gewicht je Kubikmeter feuchtes Gas dargestellt, d.h. es erfolgt keine Feuchtigkeitskorrektur.
- Eine konstante Feuchtigkeitskorrektur "Constant" wird verwendet, wenn der Wasserdampfpegel gleichbleibend und bekannt ist. Der entsprechende Wert wird unter Humidity value eingegeben. Die Einheit kann entweder % oder g/m<sup>3</sup> sein.
- Erfolgt die Feuchtigkeitskorrektur über die Funktion "Logged", so wird der gemessene Wasserdampfpegel von einem Datalogger-Kanal erfasst. Die Nummer des Datenloggerkanals, der den Wasserdampfmesswert liefert, wird unter Logged channel eingetragen. Wie bei der konstanten Korrektur kann die Einheit entweder % oder g/m<sup>3</sup> sein.

Wird die Wasserdampfkonzentration vom Analysator selbst geliefert, muß der gemessene Wert zunächst zum Ausgangskanal der IO256 Schnittstelle geleitet und dann intern in der IO256 Software zum Eingangskanal rückgekoppelt werden.

Für den Wasserdampf-Messwert wird keine Wasserdampfkorrektur durchgeführt.

## 7.3.4 Messdauer

Die Parameter zur Messung jedes Gases und jeder Messstrecke müssen vor Messbeginn definiert werden. Das Menü wird angezeigt wenn man [F4] Measurement time aus dem Measurement setup Menü wählt.

[F1] - Help [F3] - Group		Measurement time (mm:ss)				Cycle time : 05:12.						
[F2] - Mode : Normal												
Path	NO	NH3	TOL	BEN	O3	S02	FOR	NO2				
#1	00:45	<--				00:30		00:30				
#2			01:00	<--	00:30	00:30	00:30	00:30				
Unit	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3			
Filt	1	<--	2	<--	0	0	0	0				
Pos.	1	1	2	2	3	4	5	6				
Det.	UV1	UV1	UV1	UV1	UV1	UV1	UV1	UV1				
Page 1 (1)										Press [Enter] to change		

Abb. 7.18. Das Menü Messdauer.

In dem Menü können bis zu 12 Gase angezeigt werden. Falls mehr Gase vorhanden sind, benutzen Sie die Tasten [Bild Nach oben] und [Bild nach unten], um zwischen den Bildschirmseiten zu blättern. Der Cursor wird mit den Pfeiltasten bewegt.

Das Menü Measurement time liefert wichtige Informationen darüber, wie der Analysator die Messungen durchführt.

---

## Gase

Die Gase werden in der selben Reihenfolge angezeigt, wie sie auch vom Analysator gemessen werden. Die Anordnung der Messungen und Präsentationen mit [F2] und [F3] wie unten beschrieben verändert werden. Die Zeile Det. zeigt an welcher Detektor für das jeweilige Gas verwendet wird.

## Messdauer

Die Messdauer wird für jede Messstrecke einzeln eingestellt.

- Den Cursor auf das gewünschte Gas bewegen und die Taste [Enter] drücken. Die Zeit wird im Format "MM:SS" angegeben, wobei M die Minuten sind und S die Sekunden.
- Die Messdauer wird jeweils nur für eine Gitterposition eingegeben. Bei parallel gemessenen Komponenten braucht man daher nur die Zeit für das erste Gas eingeben. Bei den anderen Gasen steht anstelle der Zeitangabe ein Pfeil.
- Durch Eingabe der Messdauer "0" wird die Messung und/oder Auswertung des Gases deaktiviert.
- Die Gesamtzykluszeit wird in der oberen rechten Ecke des Menüs angezeigt.

## Einheit

Die Einheit der Gasmesswerte kann für jedes Gas einzeln eingestellt werden. Die Ergebnisse werden auf die Bezugstemperatur  $T_0$  und den Bezugsdruck  $P_0$  korrigiert.

- Mit [Enter] kommen Sie zur gewünschten Einheit.
- Mögliche Einheiten sind:  $\text{ng/m}^3$ ,  $\mu\text{g/m}^3$ ,  $\text{mg/m}^3$  und  $\text{g/m}^3$ , und für die Volumenkonzentration ppt, ppb, ppm und %.
- Die hier gewählte Einheit wirkt sich auf alle Menüs des Opsis Programms aus, d.h. den Messmodus, das Messwertdarstellungsmenü, das Kalibriermenü usw.
- Unabhängig von der gewählten Einheit werden alle Ergebnisse in  $\mu\text{g/m}^3$  auf der Festplatte gespeichert.

Die Gaskonzentrationen werden in der absoluten Einheit  $\mu\text{g/m}^3$  gemessen. Automatische Temperatur- und Druckkorrektur auf  $T_0$  und  $P_0$  werden vor dem Abspeichern und Darstellen durchgeführt, vorausgesetzt, dass diese Funktion freigegeben ist, siehe [Kapitel 7.3, Einrichtung der Messungen](#). Die Temperatur- und Druckkorrektur sowie die Umrechnung in verschiedene Einheiten sind in [Kapitel B, Messwertkorrekturen](#) ausführlich erklärt.

## Hilfetext

Unter [F1] wird ein Hilfetext für die Measurement time Einstellungen aufgezeigt.

## Messmodus

Mit [F2] wechseln Sie den Messmodus.

- "Normal" ist der bevorzugte Arbeitsmodus und berechnet und zeigt die Gaskonzentrationen sofort nach Erfassung des Spektrums für das einzelne Gas an.



- "Concurrent" zeigt und berechnet die Daten für alle Gase zur gleichen Zeit an, nachdem der komplette Messzyklus für alle Gase auf diesem Pfad abgeschlossen ist. Diesen Modus wählt man nur in einigen Fällen.

### Anordnung der Gasmessung

[F3] öffnet ein Unterprogramm, indem die Anordnung der Gasmessung verändert werden kann. Eine typische Anwendung ist ein Gas oder einen Pfad öfter zu messen, während andere Gase oder Pfade seltener gemessen werden, z.B. um Abläufe zu regulieren.

Measurement grouping							
No	Gas(es)	Path	Group	No	Gas(es)	Path	Group
1	NO	1	1	16			
2	O3	2	3	17			
3	TOL	2	2	18			
4	O3	2	3	19			
5	SO2	1	4	20			
6	O3	2	3	21			
7	SO2	2	4	22			
8	O3	2	3	23			
9	FOR	2	5	24			
10	O3	2	3	25			
11	NO2	1	6	26			
12	O3	2	3	27			
13	NO2	2	6	28			
14				29			
15				30			

[Enter] - Mark Group. [Ins] - Add group. [Del] - Delete group.

Abb. 7.19. Veränderung der Gruppenabfolge.

Beim ersten Start des Menüs sind die Anordnung der Gruppen wie im Menü Measurement time eingegeben. Es ist jetzt möglich eine Gruppe auszuwählen, indem man den Cursor vor diese stellt und [Enter] drückt.

Die ausgewählte Gruppe kann nun kopiert und an anderer Stelle der Gruppen eingefügt werden. Das geschieht durch Bewegen des Cursors an die Stelle an der das Gas eingefügt werden soll. Dann betätigen Sie [Einf].

Eine kopierte Gruppe kann wieder gelöscht werden, indem man den Cursor auf sie setzt und [Entf] drückt. Es ist nicht möglich eine der originalen Gruppen zu löschen. Um ein Gas komplett aus der Liste zu nehmen, stellen Sie die Measurement time auf Null im Haupt Measurement time Menü.

**Wichtig:** In diesem Menü können nur Gruppen zugefügt oder verändert werden. Falls zwei oder mehrere Gase in einer Gruppe gemessen werden, werden diese gleichermaßen modifiziert.

## 7.4 Vorbereitung der Kalibrierung

Die Informationen, die zur Aktivierung der Kalibrierung benötigt werden, sind im Menü Calibration setup einzugeben. Dieses wird im Installationsmenü durch Betätigung der Taste [F3] aufgerufen.

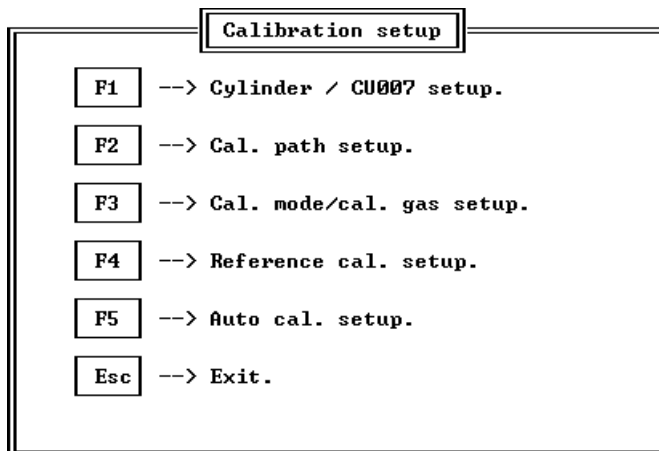


Abb. 7.20. Das Menü Calibration setup.

Die Vorbereitung erfolgt in folgenden Schritten:

1. Unter [F1] Cylinder/CU007 setup werden die Gasflaschen zur Kalibrierung des Analysators ausgewählt.
2. Dann müssen die Kalibrierstrecken eingerichtet werden. Dies geschieht in dem Menü, das mit der Taste [F2] Cal path setup aufgerufen wird.
3. Mit der Taste [F3] Cal mode/cal gas setup können Kalibrierungen definiert werden, die auf Messungen bekannter Gaskonzentrationen basieren. Als Ergebnis dieser Kalibrierungen erhält man Span- und Offsetfaktoren, die zur Korrektur der Analysator Messergebnisse dienen können.
4. Schließlich kann jede der definierten Kalibrierprozeduren extern durch Triggersignale oder in bestimmten Zeitabständen durch den Analysator selbst aktiviert werden. Diese Möglichkeiten werden unter [F5] Auto cal setup definiert.

### 7.4.1 Gasflaschen/CU004/CU007

Mit der Funktion [F1] Cylinder/CU007 setup im Menü Calibration setup werden, die bei der Kalibrierung zu verwendenden Gasflaschen definiert. Das Menü kann zur manuellen Bedienung der Gasflaschen und zur automatischen Handhabung der zu verwendenden CU004 oder CU007 Kalibriereinheiten benutzt werden. Die siebenventilige CU007 ist im unteren Text erläutert, aber es kann genauso eine CU004 mit vier Ventilen eingesetzt werden.

Cylinder/CU007 settings							
Cyl #	Man/ Auto	Cylinder name	Open/ Close	Cyl #	Man/ Auto	Cylinder name	Open/ Close
1	»Auto	zero air	closed	15	Man		----
2	Auto	S02 low	closed	16	Man		----
3	Auto	S02 mid	closed	17	Man		----
4	Auto	S02 high	closed	18	Man		----
5	Man	Test NO	----	19	Man		----
6	Man	Test CO2	----	20	Man		----
7	Man		----	21	Man		----
8	Man		----	22	Man		----
9	Man		----	23	Man		----
10	Man		----	24	Man		----
11	Man		----	25	Man		----
12	Man		----	26	Man		----
13	Man		----	27	Man		----
14	Man		----	28	Man		----

[F1] : Toggle between >measure and calibration path.  
 [F2] : CU007 Connection : serial. [F3] : Set com. par.

Abb. 7.21. Menü zur Einrichtung der Gasflaschen.

- Bis zu 28 Gasflaschen können definiert werden. Die Gasflaschen sind von 1 bis 28 durchnummeriert. Jede Gasflasche muß einen Namen erhalten, der im Feld Cylinder name einzutragen ist. Die Namen sollen eindeutig sein und die Gasflaschen so beschreiben, dass sie leicht zu identifizieren sind. Die Namen werden bei den im Kalibrieremenü aktivierten Kalibrierungen verwendet, siehe [Kapitel 9, Kalibrierung](#).
- Wenigstens eine der definierten Flaschen sollte eine Nullgas Flasche sein. Es wird empfohlen der Nullgas Flasche Nr. 1 zu geben. Ob es sich tatsächlich um eine Gasflasche mit Nullgas (oder N<sub>2</sub>) handelt oder ob es ein Anschluß an reine Spülluft ist, ist unerheblich.
- Wenn eine oder mehrere automatische Kalibriereinheiten CU007 verwendet werden, kann festgelegt werden, dass die Gasflaschen von dieser Einheit geöffnet werden. Da eine CU007 sieben Ventile hat, sind die Gasflaschen in sieben Gruppen unterteilt worden. Die Flaschen Nr. 1 bis 7 gehören zur CU Nr.1, die Flaschen 8 bis 14 zur CU Nr.2 usw.
- Im Feld Man/auto wird festgelegt, ob das Ventil von der CU geöffnet wird oder ob der Bediener während der Kalibrierung aufgefordert werden soll, die Gasflasche anzuschließen. Wenn in diesem Feld die Einstellung "Auto" gewählt wird, erfolgt die Öffnung durch die automatische Kalibriereinheit.
- Die Funktion der CU004 und CU007 kann überprüft werden, indem man den Cursor auf das Feld Open/close bewegt und die [Enter] Taste drückt. Daraufhin sollte sich das entsprechende Ventil öffnen. Wenn [Enter] nochmals betätigt wird, schließt sich das Ventil wieder.

Zwei oder drei Funktionen sind in dem Menü wählbar:

- [F1] Hin- und herschalten zwischen dem Messweg und der Kalibrierung, vorausgesetzt die Sender- und Empfänger Hardware ist entsprechend ausgerüstet und die CU004/CU007 ist in Gebrauch. Die Schaltung wird gebildet, indem man einen Spiegel leicht schlägt (ER060AUTOL). Die Klammer zeigt den aktuellen Status des Schaltsignals an.

- [F2] Hier wählen Sie die Anschlußmöglichkeit für die CU007. Entweder wird die CU 007 über eine spezielle Digitalkarte angeschlossen, die CU007 connection steht dann auf "digital", oder CU004 und CU007 benutzen eine serielle Schnittstelle zur Kontrolle der Ventile, CU007 connection steht dann auf "serial".
- Falls ein serieller Anschluß der CU007 genutzt wird, muß der Anschluß über [F3] konfiguriert werden. Das Menü für die Anschlußkonfiguration ist identisch mit den Peripherie Kontroll Anschlüssen im Kapitel 7.3.1.5, Serial port setup.

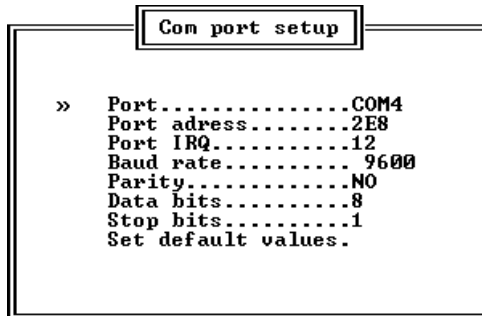


Abb. 7.22. Serielle Schnittstelle für Kalibriereinheiten.

**Wichtig:** Stellen Sie sicher, dass die serielle Schnittstelle nicht für andere Zwecke belegt ist. Falscher Gebrauch der Schnittstelle führt im Instrument zu Fehlfunktionen.

## 7.4.2 Kalibrierstrecken

Die Informationen über die Kalibrierstrecken werden im Menü Calibration setup unter dem Menüpunkt [F2] Cal path setup eingetragen.

Calibration path spec.	Path # 1
Cell length (meter)	» 0.198
Initial delay (sec)	30
Cell fill time (sec)	60
Physical path	3
Path control	Automatic
Affected path(s)	all
Zero air cylinder	zero air
— T-ref = 273.15 K —	
Temperature correction	Logged
Logged channel	11
Temperature value	
Temperature unit	Celsius
— P-ref = 101.325 kPa —	
Pressure correction	Constant
Logged channel	--
Pressure value	101.32
Pressure unit	kPa
[Ins] - Add path. [Del] - Delete path.	

Abb. 7.23. Einrichten der Kalibrierstrecken.

Das Einrichten der Kalibrierstrecken entspricht bis auf wenige Ausnahmen dem der Messstrecken.

Normalerweise ist eine Kalibrierstrecke zur Durchführung aller erforderlichen Kalibrierungen ausreichend. Es gibt jedoch Situationen in denen unterschiedliche Streckenlängen benötigt werden. Unter Umständen ist die Verwendung von mehreren Kalibrierstrecken auch behördlich vorgeschrieben sein. Aus diesen Gründen können bis zu sechs Kalibrierstrecken eingerichtet werden. Maximal vier werden gleichzeitig auf dem Bildschirm angezeigt.

Die Kalibrierstrecken werden von 1 an aufwärts numeriert. Durch Betätigen der Taste [Einf] wird eine neue Kalibrierstrecke eingefügt. Die neue Strecke wird immer als letzte Strecke angehängt. Durch Betätigen von [Entf] wird die letzte Strecke gelöscht.

Der Cursor wird mit Hilfe der Pfeiltasten von einem Feld zum anderen bewegt. Sind mehr Kalibrierstrecken vorhanden, als auf dem Bildschirm angezeigt werden, erscheint links bzw. rechts von den Streckennummern ein Doppelpfeil. Bewegt man den Cursor über die angezeigten Strecken hinaus, erscheinen die vorher unsichtbaren Strecken.

- Die Länge der einzelnen Kalibrierstrecken wird unter **Cell length** in Metern angegeben. Es können bis zu sechs Dezimalstellen angegeben werden, auch wenn nicht alle auf dem Bildschirm angezeigt sind.
- **Initial delay** ist eine Wahl, die nicht im System LD500 verwendet wird und sollte 0 sek sein.
- **Cell fill time** definiert die Zeit zwischen dem Öffnen der Gasflasche und dem Beginn der Konzentrationsmessung durch den Analysator. Dieser Zeitraum ist in Sekunden anzugeben. Die Zeit ist von der Durchflussrate des von der Flasche gelieferten Gases und der Größe der Zelle abhängig. Sie sollte immer so eingestellt sein, dass zur Stabilisierung der Konzentration vor Beginn der Messung genug Zeit bleibt.
- **Physical path** ist die Position des Multiplexers (falls vorhanden) während der Kalibrierungen. Ist ein ER070 oder ER080 eingesetzt, ist die physikalische Strecke mit der Messstrecke des Sender/Empfänger identisch. In diesem Fall schaltet der Analysator automatisch auf die Kalibrierstrecke in den ER070/ER080 Einheiten um. Bei Verwendung einer separaten Kalibrierstrecke, die an einen Multiplexer Eingang angeschlossen ist, ist die Nummer des separaten Eingangs anzugeben. Mögliche Werte sind die Zahlen von 1 bis 10.
- Falls der Benutzer die Kalibrierstrecke von Hand an den Analysator anschließen möchte, sollte unter **Path control** die Einstellung "Manual" gewählt werden. In diesem Fall wird der Bediener vor Beginn der Kalibrierung aufgefordert, das Glasfaserkabel anzuschließen. Der Multiplexer wird sich allerdings auch in diesem Fall zu der unter **Physical path** definierten Strecke bewegen. Wenn **Path control** auf "Automatic" steht, wird der Benutzer nicht aufgefordert, das Kabel anzuschließen, auch wenn die Kalibrierung manuell aktiviert wird.
- Als Ergebnis der Gaskalibrierung erhält man neue Span- und Offsetfaktoren. Auf Wunsch können die alten Faktoren automatisch durch die Neuen ersetzt werden, wodurch man einen selbstkalibrierenden Analysator erhält. Das Gerät speichert für jede Messstrecke einen Satz Span- und Offsetfaktoren. Unter **Affected path** wird festgelegt, bei welchen Messstrecken die Span- und Offsetfaktoren durch die von der aktuellen Kalibrierstrecke erhaltenen Werte ersetzt werden sollen.
  - Wird nur eine Kalibrierstrecke verwendet, lautet diese Eintragung "All".

- Nach den bisherigen Erfahrungen ist keine Situation vorstellbar, in der die physikalische Strecke nicht mit der betroffenen Messstrecke identisch ist, es sei denn für die Letztere ist die Einstellung "All" gewählt.
- Unter **Zero air cylinder** ist die Nummer der Flasche einzutragen, die die Kalibrierstrecke mit Nullgas versorgt. Es gibt während der Kalibrierung eine Situation in denen der Analysator wissen muß, wie die Nullgas an die Kalibrierzelle angeschlossen wird:
  - Nach Abschluß einer Gaskalibrierung. Wenn die letzte bei der Kalibrierung verwendete Flasche nicht die Nullgasflasche ist, wird der Analysator die Zelle automatisch mit Gas aus der unter **Zero air cylinder** eingetragenen Nullgasflasche spülen. Auf diese Weise werden reaktionsfähige Gase in jedem Fall aus der Kalibrierzelle gespült, um etwaigen Korrosionsschäden vorzubeugen.

### Korrektur von Daten

Die Strecke sollte mit Temperaturkorrektur **Temperature correction** und Druck-korrektur **Pressure correction** eingerichtet werden, um die Messergebnisse bei 0 oder 25°C (Temperatur) und 101,32 kPa (Druck) zu erhalten. Die Einstellungen und die Vorgehensweise entsprechen der im [Kapitel 7.3.3, Messstreckeneinrichtung](#). Siehe auch [Kapitel B, Messwertkorrekturen](#).

Zum Verlassen des Menüs die Taste [Esc] drücken.

## 7.4.3 Kalibriermodi/Prüfgase

Nach Definition der Gasflaschen und der Kalibrierstrecken können die eigentlichen Kalibrierprozeduren eingerichtet werden. Unter [F3] **Cal mode/cal gas setup** wird die Gaskalibrierung definiert.

Calibration mode setup				
Calibration mode	1	2	3	4
Mode active	» Yes	Yes	No	No
Add-On calibration	Yes	No	No	No
Mode name Mode sequences	Daily 1	Quarterly 1	1	Manual 1
Gas setup for cal. path 1	--->	--->	--->	--->

Abb. 7.24. Einrichtung des Kalibriermodus.

Gaskalibrierungen können in verschiedenen Modi durchgeführt werden. Ein Modus definiert eine bestimmte Kalibrierprozedur, einschließlich der zu kalibrierenden Gase und der zu verwendenden Gasflaschen. Ein Modus erstreckt sich auf alle definierten Kalibrierstrecken. Zu Beginn einer Gaskalibrierung muß zunächst der Modus gewählt werden. Es können bis zu vier Modi gewählt werden.

Dank der Modi können verschiedene Kombinationen von Kalibriersequenzen definiert werden. Die [Abb. 7.24](#) umfasst einen Modus für tägliche Kalibrierung, einen Modus für die vierteljährliche Kalibrierung, dessen Vorgaben sich von der täglichen Kalibrierung unterscheiden, und schließlich ein Verfahren zur manuellen Kalibrierung, das zu gegebener Zeit den jeweiligen Anforderungen entsprechend geändert werden kann.

Der Cursor wird mit den Pfeiltasten durch das Menü bewegt.

- **Mode active** gibt an, ob der Modus aktiv ist oder nicht. Den Cursor auf das Feld mit dem gewünschten Modus bewegen und die Taste [Enter] drücken, um zwischen den Möglichkeiten "Yes" und "No" umzuschalten.
- **Add-on calibration** kann aktiv sein oder nicht. Dies ist eine wichtige Einstellung und nimmt Einfluss auf die Gesamtleistung der Kalibrierung. In "add on calibration" wird eine bekannte Konzentration über einem unbekanntem, aber messbarem Grundpegel gemessen. Bei normaler Kalibrierung ist kein Grundpegel vorhanden und es können absolute Werte gemessen werden. In der nachfolgenden Beschreibung wird der letztere Fall erklärt und notwendige Modifizierungen der "add-on" Einstellung sind am Ende des Textes interpretiert.
- Jeder Modus muß einen eindeutigen Namen haben. Der Name sollte die Funktion des jeweiligen Kalibriermodus beschreiben, da er bei der Auswahl der durchzuführenden Kalibrierung verwendet wird. Um den Namen einzugeben, den Cursor auf das entsprechend Feld der Zeile **Mode name** bewegen und die [Enter] Taste drücken.
- Fordern die Behörden eine mehrmalige Kalibrierung, kann unter **Mode sequences** die Anzahl der Wiederholungen festgelegt werden.
- **Gas setup for...** ruft das umseitig beschriebene Menü auf, in dem die Einzelheiten der Kalibrierung der jeweiligen Gase für die gewählte Strecke definiert werden. Ob das Menü erscheint hängt davon ab, ob "add on calibrations" gewählt wurde oder nicht.
- Mit [Esc] verlassen Sie das Menü.

Das Verfahren zur Kalibrierung eines bestimmten Gases kann für jeden Modus und jede Strecke einzeln festgelegt werden. Plaziert man den Cursor auf einen der Pfeile im Menü **Calibration mode setup** und drückt die [Enter] Taste erscheint das folgende Menü:

Calibration gas setup, mode : 2 path : 1					
Gas name	< BEN	O3	S02	FOR	N02
Unit	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
Active	No	Yes	Yes	No	Yes
Measure range		1000.00	1000.00		1000.00
Zero/low level cyl.		zero air	zero air		zero air
--"--- conc.		0.00	0.00		0.00
No. of measurements		1	1		1
Mid level cyl.		Not used	Not used		Not used
--"--- conc.		----	----		----
No. of measurements		----	----		----
High level cyl.		O3 calibr.	S02 high		N02 high
--"--- conc.		329.00	291.00		250.50
No. of measurements		1	1		1
Measurement time (sec)		30	30		30
Adjust span/offset		No	No		No
Max cal error (%)		3.00	2.00		2.00

Abb. 7.25. Einrichtung der Gaskalibrierung. Der Inhalt dieses Menüs ist je nach Kalibriermodus und Kalibrierstrecke unterschiedlich.

Das Menü hat für jedes Gas eine eigene Spalte. Der Cursor wird mit den Pfeiltasten hin- und herbewegt. Zum Bearbeiten eines Feldes wird in diesem Feld die [Enter] Taste gedrückt. Fünf Gase werden gleichzeitig angezeigt. Sind mehr als fünf Gase kalibriert, wird dies durch Doppelpfeile rechts bzw. links der Gasnamen angezeigt. Das Fenster kann mit den Pfeiltasten nach rechts und links verschoben werden.

- Die Kalibrierung kann für jedes Gas ein- oder ausgeschaltet sein, indem man in den Feldern der Zeile Active die [Enter] Taste drückt. Wenn die Kalibrierung aktiv ist, steht in diesem Feld ein "Yes" andernfalls ein "No". Nachdem ein Gas aktiviert ist, kann das Kalibrierverfahren für dieses Gas festgelegt werden. Weiter unten werden eine Reihe von Bezugs-konzentrationen definiert. Die Maßeinheit für diese Konzentrationen ist dieselbe wie in Measurement time festgelegt. Siehe Kapitel 7.3.4, Messdauer.
- Zur Auswertung der Ergebnisse einer Gaskalibrierung kann ein Messbereich als Referenz gefordert sein. Da der Analysator keinen Messbereich im herkömmlichen Sinne hat, muß einer im Menü Measure range festgelegt werden. Der Messbereich hat keine Auswirkung auf die Messungen. Der Wert wird oft behördlich vorgeschrieben, je nach dem welcher Höchstwert erwartet wird.

## Normale Span/Offset Kalibrierung

- Jedes Gas kann für jeden Kalibriermodus und jeder Kalibrierstrecke mit drei verschiedenen Konzentrationen kalibriert werden. Diese Konzentrationen werden als "Zero/low level", "Mid level" und "High level" (Nullpegel, mittlerer und hoher Pegel) bezeichnet. Jeder Pegel ist durch seine Gasflasche und die Konzentration des Prüf gases in der Flasche charakterisiert.
  - Cyl. name bestimmt die Gasflasche, die während der Kalibrierung mit einem bestimmten Pegel verwendet wird. Wenn die Kalibrierung bei diesem Pegel deaktiviert ist, steht in diesem Feld die Angabe Not used.



- Wenn der Pegel bei der Kalibrierung benutzt wird, ist die Gaskonzentration der angegebenen Flasche unter **conc.** einzutragen.
- Die Anzahl der Messungen wird unter **No. of measurements** festgelegt. Werden mehrere Messungen durchgeführt, ist das Kalibrierergebnis der Mittelwert aller bei diesem Pegel ermittelten Messwerte.
- Unter **Measurement time** wird die Messdauer, in Sekunden, der einzelnen Messungen bei den verschiedenen Pegeln festgelegt. Pro Pegel können mehrere Messungen durchgeführt werden.
- Schließlich lassen wir den Analysator das Ergebnis der Kalibrier-messungen auswerten und die jeweiligen Span- und Offset-Faktoren einstellen. Die automatische Justierung wird unter **Adjust span/offset** ein- und ausgeschaltet. Wenn in entsprechenden Feld "Yes" steht, werden die Justierungen automatisch durchgeführt. Details siehe [Kapitel 9, Kalibrierung](#).
- Um Fehler aufgrund falscher Gaskonzentrationen oder Hardware-störungen zu vermeiden, muß ein maximal zulässiger Fehler definiert werden:

$$CE = \frac{C_m - C_c}{r} \cdot 100 \% \quad (7.1)$$

$C_m$  = gemessene Konzentration,  $C_c$  = Gasflaschenkonzentration,  $r$  = Messbereich

Wenn der Kalibrierfehler über den **Max cal error** steigt, ist die Kalibrierung ungültig. In diesem Fall werden keine Änderungen an den Span- und Offset-Faktoren vorgenommen.

## Additive Kalibrierung

---

***Wichtig:** Die additive Kalibrierung wird hauptsächlich zur Aufzeichnung der Qualität der Umgebungsluft in Anspruch genommen.*

---

Die additive Kalibrierung basiert auf einer bekannten Gaskonzentration in einer im Messweg befindlichen Zelle. Der Analysator sollte einen stufenweisen Anstieg der Untergrundkonzentration aufzeichnen. Um die Untergrundkonzentration zu kompensieren, wird vor und nach dem Kalibriergas Nullgas in die Zelle gefüllt und Untergrundmessungen werden vor und nach dem Konzentrationssprung gemacht. Siehe [Abb. 7.26](#).

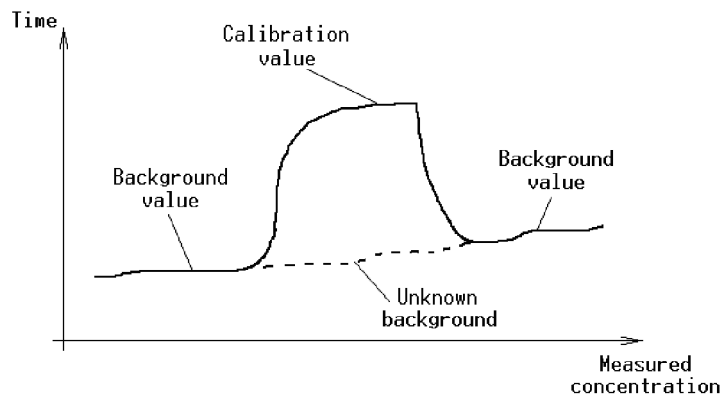


Abb. 7.26. Additive Kalibrierung.

Das Kalibrierergebnis ist der gemessene Wert der Kalibrierung minus dem allgemeinen Untergrundwert vor und nach der Kalibrierung. Über den Durchschnittswert kommen wir zu einer vernünftigen Aussage über die unbekannte Gaskonzentration im Untergrund während die Zelle mit Kalibriergas gefüllt wird und der Analysator einen Anstieg der Konzentration aufzeichnet.

Der Kalibrierungsfehler CE berechnet sich wie folgt:

$$step = v - \frac{b_1 + b_2}{2} \quad (7.2)$$

$step$  = Sprung,  $v$  = Kalibrierungswert,  $b_1$  = Untergrundwert 1,  $b_2$  = Untergrundwert 2

$$CE = \frac{step - C_c}{r} \cdot 100 \% \quad (7.3)$$

$C_c$  = Flaschenkonzentration,  $r$  = Messbereich

Wenn die additive Kalibrierung freigegeben ist, verändert sich das Gas setup Menü geringfügig, wie in [Abb. 7.27](#) zu sehen.

Calibration gas setup, mode : 1 path : 1					
Gas name	BEN	O3	SO2	FOR	NO2
Unit	μg/m3	μg/m3	μg/m3	μg/m3	μg/m3
Active	No	Yes	Yes	No	Yes
Measure range		1000.00	1000.00		1000.00
Zero level cyl.		zero air	zero air		zero air
--- conc.		0.00	0.00		0.00
No. of measurements		1	1		1
High level cyl.		O3 calibr.	SO2 high		NO2 high
--- conc.		469.00	238.00		390.30
No. of measurements		1	1		1
Zero level cyl.		zero air	zero air		zero air
--- conc.		0.00	0.00		0.00
No. of measurements		1	1		1
Measurement time (sec)		30	30		30
Adjust span/offset		No	No		No
Max cal error (%)		5.00	5.00		5.00

Abb. 7.27. Das Kalibrierungsmenü wenn additive Kalibrierung freigegeben ist.

- Jedes Gas wird, für jeden Kalibriermodus und jede Kalibrierstrecke, in drei Schritten kalibriert. Erstens wird eine Untergrundmessung gemacht, wenn die Kalibrierezelle im normalen Messweg mit Nullgas gefüllt ist. Das entspricht dem ersten Zero level. Dann wird das bekannte Kalibriergas; als High level spezifiziert, gemessen. Zuletzt wird eine zweite Untergrundmessung gemacht, entsprechend dem zweite Zero level Eingang. Alle drei Kalibrierungen müssen durchgeführt werden, damit die additive Kalibrierung komplett ist.
  - Wählen Sie die Flasche mit dem entsprechenden Flaschennamen aus dem Menü Cylinder configuration.
  - Setzen Sie die Konzentration der Nullpegel auf "0" und die Konzentration des hohen Pegel auf die zu erwartende Konzentration nach dem sprunghaften Anstieg. Berücksichtigen Sie auch die Flaschenkonzentration, Pfad- und Zellenlänge. Normalerweise nimmt man für beide Nullpegel die gleiche Nullgasflasche.
  - Geben Sie die Anzahl der Messungen unter No. of measurements ein. Gibt es mehr als eine Messung, so ist das Kalibrierergebnis der Mittelwert aus den Ergebnissen dieses Pegels.
- Measurement time Zeigt die Zeit für jede Messung an.
- Als Ergebnis der additiven Kalibrierung kann der Spanfaktor abgeglichen werden. Durch Setzen von Adjust span/offset auf "Yes" wird diese Funktion freigegeben. Um Kalibrierfehlern vorzubeugen, wird der maximal erlaubte Kalibrierfehler (wie oben errechnet) unter Max cal error eingegeben. Falls der Wert diese Grenze überschreitet, wird keine Spankorrektur vorgenommen.

## Reihenfolge der Messungen

Die Reihenfolge der Messung im Kalibriermodus ist nicht notwendigerweise die gleiche wie die Reihenfolge der Gase im Menü. Im Gegenteil, der Ablauf wird optimiert, um Kalibriergas zu sparen. Zum Beispiel wird die Nullgasflasche für die Nullpegel aller Gase eingesetzt. Um unnötige Spülzeit zu vermeiden, werden die Nullpegel aller Gase zur gleichen Zeit gemessen, was nur einmalig Spülzeit benötigt. In gleicher Weise werden

"mixed" Gasflaschen für mehr als ein Gas verwendet, um die Anzahl der benötigten Gasflaschen und die Gesamtkalibrierzeit zu verringern.

Die Reihenfolge der Gasflaschen im Cylinder setup wird von der Kalibrierungsabfolge bestimmt (siehe Kapitel 7.4.1, Gasflaschen/CU004/CU007). Das Programm startet mit der höchstnumerierten Gasflasche und fährt rückwärts zur ersten Flasche, die normalerweise die Nullgasflasche ist. So werden die Kalibrierzellen zur gleichen Zeit mit Nullgas gespült wenn auch die Untergrundmessung läuft.

**Wichtig:** In einigen Fällen, bei Kalibrierung mehrerer Gase, kann die Zeit zwischen der Ersten und Letzten Untergrundmessung inakzeptabel lang sein. Die Kalibrierung sollte dann in zwei oder mehr Modi aufgeteilt werden.

Drücken Sie [Esc] um zu vorhergehenden Menü zurückzukehren.

## 7.4.4 Referenzkalibrierung

**Wichtig:** Eine Referenzkalibrierung wird nicht für alle Gase gebraucht. Besonders die IR-DOAS Analysatoren AR550 und AR650 benötigen normalerweise keine Referenzkalibrierung.

Die Referenzkalibrierung ist die Überprüfung und Aufzeichnung der Referenzspektren für jeden Wellenlängenbereich, den der Analysator für seine Messungen braucht. Das Menü zur Einrichtung der Referenzkalibrierung wird im Menü Calibration setup mit der Taste [F4] Reference cal. setup aufgerufen.

Reference calibration setup, page 1						
Gas name	NO	NH3	TOL	BEN	O3	
Active	Yes	No	No	No	Yes	
Calibration path	1				1	
Measurement time (sec)	180				180	
Max repetitions	2				2	
Unit	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	
Threshold conc (±)	10.00				8.00	
Threshold deviation	3.00				3.00	
New ref limit conc (±)	2.00				1.00	
New ref limit dev	1.00				1.00	
Use [PgUp]/[PgDn] to turn page, the arrow keys to select item, press [Enter] to change item, or [Esc] to quit.						

Abb. 7.28. Das Menü zum Einrichten der Referenzkalibrierung.

Der Cursor wird mit den Pfeiltasten zwischen den Menüfeldern bewegt. Durch betätigen der [Enter] Taste wird das Feld bearbeitet, auf dem sich der Cursor gerade befindet. Das Menü ist in mehrere Seiten unterteilt. Jede Seite enthält Informationen zur Referenzkalibrierung von fünf Gasen. Ist der Analysator für mehr als fünf Gase kalibriert, kann durch Betätigen der Tasten [Bild auf] und [Bild ab] zwischen den Seiten geblättert werden.

- Die Referenzkalibrierung kann für jede Messgruppe definiert werden. Die Kalibrierung wird im Active Feld ein- oder ausgeschaltet. Zeigt das Feld "Yes" an, ist

die Referenzkalibrierung für diese Gruppe freigegeben. Ein Pfeil in diesem Feld zeigt an, dass die Aktivierung der Kalibrierung bei einem anderen Gas der Gruppe geschieht.

Bei einigen Gasen wird kein Referenzspektrum zur Auswertung verwendet. Daher kann für diese Gase keine Referenzkalibrierung durchgeführt werden. In diesem Fall steht im Feld Active die Angabe "undef".

- Pro Gas gibt es ein Lampenspektrum, selbst wenn das Gas auf mehreren Strecken gemessen wird. Unter **Calibration path** wird die Strecke zur Aufzeichnung des Lampenspektrums angegeben. Es kann jede der definierten Kalibrierstrecken verwendet werden. Da zwischen den Spektren der verschiedenen Kalibrierstrecken kein Unterschied bestehen sollte, kann für alle Gase dieselbe Strecke benutzt werden, auch wenn Mehrere zur Verfügung stehen.

Zu Beginn der Referenzkalibrierung wird die Kalibrierstrecke zunächst mit Nullgas gefüllt. Dann wird die Messung für das Gas bzw. die Gasgruppe durchgeführt. Das Messergebnis wird mit den zulässigen Pegeln verglichen, je nachdem, welches Ergebnis dieser Vergleich liefert, werden die entsprechenden Maßnahmen getroffen.

- **Measurement time** gibt an, wie lange die Testmessung des Gases dauern soll. Sie wird in Sekunden angegeben.
- Unter **Max repetitions** wird eingetragen wie oft höchstens versucht werden soll, ein neues Referenzspektrum zu lesen. Durch diese Vorkehrung soll sichergestellt werden, dass der Analysator die Referenzkalibrierung, während der automatischen Kalibrierung, wieder verlassen kann.

Die **Max repetition** Parameter sind:

- 0 bei manueller Kalibrierung
- 1 oder höher bei automatischem Start.
- Die gemessenen Konzentrationen und Abweichungen werden zuerst mit den Werten verglichen, die unter **Threshold conc** (Schwellenkonzentration) und **Threshold deviation** (Grenzabweichung) eingetragen sind. Wenn der Absolutwert der gemessenen Konzentration oder die gemessene Abweichung höher ist als der jeweilige Schwellenwert, wird die Messung als fehlgeschlagen eingestuft und die Referenzkalibrierung des jeweiligen Gases beendet. Dadurch wird die Aufzeichnung eines ungültigen Referenzspektrums verhindert. Dazu kann es z.B. kommen, wenn die Nullluft in der Kalibrierzelle verunreinigt ist.
- Wenn die Messwerte die Schwellenprüfung bestehen, werden sie in entsprechender Weise mit den Werten **New ref limit conc** und **New ref limit dev** verglichen. Wenn der Absolutwert der gemessenen Konzentration unterhalb des Wertes **New ref limit conc** liegt und die gemessene Abweichung unterhalb von **New ref limit dev** liegt, wird das vorhandene Referenzspektrum als tauglich eingestuft. Es wird daher kein neues Spektrum aufgezeichnet. Damit ist die Kalibrierung der Gase in der aktuellen Gruppe beendet.
- Wenn die Messergebnisse zwischen den **Threshold** und **New ref limit** Werten liegen, wird das Spektrum als neue Referenz aufgezeichnet. Falls die neue Referenz nicht innerhalb der **Max repetitions time** angegebenen Zahl akzeptiert wird, wird das ursprüngliche Spektrum wiederhergestellt und die Kalibrierung der Gase in die-

ser Gruppe wird beendet. Während manueller Referenzkalibrierung kann der Benutzer ein neues Spektrum in den Analysator eingeben, ohne auf gemessene Werte Rücksicht zu nehmen.

## 7.4.5 Automatische Kalibrierung

Die Kalibriermodi und Referenzkalibrierungen können entweder über die Menüs oder automatisch gestartet werden. Im letzteren Fall wird entweder durch einen Zeitgeber im Analysator oder extern über einen digitalen Eingang gesteuert. Das Menü, wählbar über [F5] Auto cal. setup im Menü Calibration setup definiert die automatische Kalibrierung. Automatische Kalibrierung ist nur möglich, wenn die automatische Kalibriereinheit CU004 oder CU007 mit dem Analysator verbunden ist.

Automatic and remote reference/span/offset settings.					
	Ref. mode	Cal. mode 1	Cal. mode 2	Cal. mode 3	Cal. mode 4
Active	» Yes	Yes	Yes	No	No
Control	Combined	Time	Input		
Input ch #	1	--	5		
Interval Time (hh:mm) Day	Daily 00:01 ---	Daily 02:30 ---			
System check	Yes	Yes	No		
Acknowledge Ack. time (s) Requests	No ---	No ---	Yes 20		
Gas ch #1	2				
Gas ch #2	3				
Interrupt ch	4				

Abb. 7.29. Menü Einstellungen für automatische Kalibrierung.

Die Referenzkalibrierprozedur und die einzelnen Gaskalibriermodi haben jeweils eine eigene Spalte im Menü. Auch hier wird der Cursor mit den Pfeiltasten im Menü bewegt, um ein Feld zu bearbeiten, muß die [Enter] Taste gedrückt werden.

- Das Feld Active kann den Eintrag "Yes" oder "No" haben und legt fest, ob der Modus bei der automatischen Initialisierung geprüft wird.
- Control kann über "Time", "Input" oder "Combined" geschehen.
  - Wenn die Steuerung über "Input" erfolgt, wird unter Input ch# definiert, welcher Datenlogger-Kanal den Kalibriermodus steuert. Hierzu kann jeder beliebige Datenlogger-Kanal verwendet werden. Beachten Sie, dass die Datenlogger Software entsprechend eingerichtet werden muß, um das externe Signal zur Eingangsschnittstelle des Analysators zu übertragen.
  - Wenn die Einstellung über "Time" gewählt wird, ist unter Interval einzugeben, in welchen Zeitabständen die Kalibrierung gestartet wird. Mögliche Intervalle sind "Daily", "Weekly" und "Monthly". Die Tageszeit der Kalibrierung ist im Feld Time in Stunden und Minuten mit einem Doppelpunkt als Trennzeichen anzugeben. Bei wöchentlicher Kalibrierung muß zusätzlich ein Wochentag unter Day angegeben werden. Bei

monatlicher Kalibrierung muß unter Day ein Tagesdatum eingegeben werden.

- Combined ermöglicht die Kalibrierung sowohl über Input als auch Time.
- Vor Beginn der Kalibrierung kann ein System-Check durchgeführt werden, siehe [Kapitel 10, System Check](#). Diese Möglichkeit wird unter dem Punkt System check aktiviert. Der System Check wird durchgeführt, wenn hier "Yes" eingestellt ist. Das Ergebnis des System Checks kann an einem Ausgang abgegriffen werden.
- Der Analysator kann so eingestellt werden, dass er nach Abschluß einer bestimmten Kalibrierprozedur ein Bestätigungssignal gibt. Diese Funktion wird unter Acknowledge aktiviert bzw. deaktiviert. Die Signalgabe erfolgt durch die Software IO256.
- Ist die Bestätigungsfunktion aktiv, muß unter Ack. time die Dauer des Bestätigungssignals in Sekunden eingegeben werden.
- Wird die Kalibrierprozedur durch ein externes Digitalsignal gestartet, werden Requests (die Anforderungen) definiert. Es können zwei Start-signale gesetzt werden, und die entsprechende Eingangskanalnummer muß angegeben werden. Das Anforderungssignal besteht aus einer fünfstelligen Zahl:

Nummer	Bedeutung	Ergebnis
1	Kalibriermodus 1–4	Startet die Kalibrierung im angegebenen Modus für alle Gase, die in diesem Modus aktiv sind Mode 1 = 1, mode 2 = 2, usw.
2	Strecke 0–9	Alle Pfade = 0, Pfad 1 = 1, usw.
3, 4	Gasnummer 00–99	Die Gase sind in der Reihenfolge numeriert, in der sie im Menü präsentiert sind. In einem typischen CEM: HCl = 07, NH <sub>3</sub> = 17. Alle Gase = 00
5	Pegel 0–3	Alle Pegel = 0, niedriger Pegel = 1, mittlerer Pegel = 2, höchster Pegel = 3

Da es zwei voneinander unabhängige Anforderungskanäle gibt, kann man z.B.: die Kalibrierung von HCl und NH<sub>3</sub> gleichzeitig anfordern, ein Gas je Kanal. Beispiel für Kalibrieranforderungen:

Kanal Nr. 1	Kanal Nr. 2	Wirkung
11070	00000	Modus 1, Pfad 1, Gas HCl, alle Pegel
12173	00000	Modus 1, Pfad 2, Gas NH <sub>3</sub> , höchster Pegel
10000	00000	Modus 1, alle Pfade, alle Gase, alle Pegel
20070	20170	Modus 2, alle Pfade, Gase HCl und NH <sub>3</sub> , alle Pegel

Die Anforderung wird nur einmal in den Eingangskanal geschickt. Daher soll der Analysator als Empfangsstation betrieben werden und das DAS-System ist die Sendestation.

Falls der Kalibrierzyklus unterbrochen wird, kann die Kanalnummer für das Unterbrechungssignal unter Interrupt ch eingetragen werden. Beim Unterbrechungssignal = 1, wird die laufende Kalibrierung so schnell wie möglich beendet, z.B. wenn die Zellen mit Nullgas gespült werden.

## 7.5 Einrichtung der Kommunikation

Der Analysator ist serienmäßig mit einem Modem zur Datenübertragung per Telefon ausgerüstet. Es handelt sich um ein Hayes-kompatibles Modem, mit dem eine Telekommunikation nach den Standards: Bell 103/212A für die USA und CCITT V.21 und V.22 für Europa möglich ist. Das asynchrone Modem arbeitet mit Standard Modemgeschwindigkeiten. Außerdem kann auch eine zweite Kommunikationsschnittstelle zur direkten Datenübertragung an einen anderen Rechner über eine Standleitung eingerichtet werden.

Die Datenübertragung basiert auf dem Opsis ComVision/ComView Protokoll siehe auch [Kapitel A, Das ComView Protokoll](#).

Nach Betätigen der Taste [F4] Communication setup im Installationsmenü erscheint folgende Anzeige:

```

      Communication setup
  » Password.....***
  Station address.....default
  Transmit delay.....0 ms
  Primary port type..... Hayes
  Primary port init str..... ATB0
  Primary port.....COM1
  Primary port adress.....3F8
  Primary port IRQ.....4
  Primary baud rate..... Auto
  Test primary port.
  Secondary port type.....RS232
  Secondary port init str....
  Secondary port.....COM2
  Secondary port adress.....2F8
  Secondary port IRQ.....3
  Secondary baud rate.....19200
  Test secondary port.

```

Abb. 7.30. Menü zur Einrichtung der Kommunikationsparameter.

Um die Einstellungen zu ändern, markieren Sie die Parameter mit den Pfeiltasten und drücken [Enter].

- Bei jedem Analysator kann ein Kennwort (Password) für die Kommunikation vergeben werden, das unbefugte Zugriffe auf den Analysator über die Telefonleitung verhindert. In der Software des anrufenden Rechners muß dann das gleiche Passwort eingetragen sein.
- **Station address:** Die Stationsadresse wird in bestimmten Situationen benötigt, in denen mehrere Analysatoren eine gemeinsame Verbindungsleitung zum anrufenden Rechner haben. Die Stationsadresse ist eine Zahl zwischen 0 und 9; der entsprechende Wert muß auch in der Software des anrufenden Rechners eingestellt sein. Die Standardvorgabe ist 0.
- **Transmit delay** gibt die genaue Verzögerungszeit zwischen dem Erhalt einer Anfrage und der Weitergabe der Antwort an. Die Verzögerung kann notwendig werden, wenn in der Kommunikationslinie eine Funkverbindung eingesetzt ist und diese Verbindung eine Verzögerung zwischen dem Umschalten von Datenempfang und Datenweitergabe verursacht. Solche Geräte sind beispielsweise Funkmodems und einige Mobilfontypen. Das Transmit delay Parameter ist auch sinnvoll bei



Überseeverbindungen, wenn Satellitenübertragung eine Verzögerung verursacht. Im anrufenden Computer sollte die entsprechende Verzögerung eingegeben werden.

Meistens wird die Übertragungsverzögerung auf 0 gesetzt. Falls viele Übertragungsfehler auftreten, mag es sich lohnen eine ausreichend lange Verzögerungszeit zu setzen, besonders wenn eine Funkverbindung in die Kommunikationshardware eingebunden ist. Geben Sie eine Verzögerung von 30ms ein und kontrollieren Sie ob die Fehler verschwinden. Falls nicht, erhöhen Sie die Zeit in 30iger Schritten, bis eine Verbesserung festzustellen ist.

Die Verzögerung sollte nicht mehr als 100 ms sein, da sonst die Datentransferegeschwindigkeit zu gering wird. Überprüfen Sie die Kommunikation ob eine höhere Verzögerung angefordert ist, eventuell schalten Sie einige Quick reply Modi frei.

- Es gibt eine primäre und eine sekundäre serielle Schnittstelle. Port ist von COM1 bis COM4. In einigen Analysatorsoftwareversionen können die Schnittstellendresse und Interrupt Anforderungsnummer ausdrücklich gesetzt werden. Die Schnittstellenbelegung kann von Analysator zu Analysator verschieden sein, je nach dem welche anderen auf serieller Kommunikation basierenden Geräte angeschlossen sind. Bitte informieren Sie sich darüber in der Hardwareokumentation.

---

***Wichtig:*** Nutzen Sie nie Schnittstellen, die für eine andere Belegung reserviert sind. Das führt zu Fehlfunktion des Analysators. In der Hardwareokumentation finden Sie eine Liste der Verfügbaren freien Schnittstellen.

---

- **Port type** sollte "Hayes" sein für den Anschluss eines Hayes kompatiblen Modems. Die Eingabe von Hayes fordert den Analysator auf, den richtigen Modem Initialisierungscode beim Start oder beim Verlassen des Kommunikationskonfigurations Menü zu senden.
- **Port init string:** Dieser Schnittstellen-Initialisierungsstring enthält zusätzliche Informationen, die das Modem zu seiner Initialisierung braucht. Der Inhalt des String sollte sich nach dem Hayes-AT-Standard richten. Ein üblicher String ist z.B.: "ATB0".
  - "AT": Code zur Befehlsankündigung. Er löscht den Pufferspeicher und informiert das Modem über Baud-Rate, Datenformat und Parität. Am Anfang eines jeden Befehls bzw. einer jeden Befehlszeile muß AT stehen.
  - "B0" stellt das Modem auf das CCITT V21, V22 Protokoll ein, den europäischen Standard.
  - "B1" stellt das Modem auf das Bell 103/212A Protokoll, den amerikanischen Standard, ein.

Beachten Sie, dass im Sende- und Empfangscomputer das selbe Protokoll eingestellt sein muß.

- "Sr=n" setzt das Register r auf den Wert n. Die folgenden Register können eingestellt werden:
- "S0": Anzahl der Klingelzeichen bis zur automatischen Antwort des Modems.

- "S10": Verzögerung bis zum Auflegen nach Verlust der Verbindung. Je höher der Wert, desto geringer die Empfindlichkeit gegen kurzzeitige Signalausfälle, z.B. wegen schlechter Verbindung oder bei Verwendung von Mobiltelefonen. Bereich  $(1-225) \times 0,1$  Sekunden, Standardvorgabe ist 60. Der Wert sollte nicht verändert werden.

Zum Beispiel: "ATB0S0=1". "ATB0" ist die Einstellung für Hayes, den europäischen Standard. "S0=1" bedeutet, dass das Modem nach dem ersten Klingeln antwortet.

---

***Wichtig:** Andere Initialisierungscode können je nach Modemtyp und Verbindungsqualität verwendet werden. Nähere Informationen finden Sie in der Modemdokumentation.*

---

Port adress und Port IRQ werden je nach Hardwarespezifikation gesetzt. Normalerweise haben "COM1" und "COM2" feste Adressen und IRQs, aber die Einstellungen für "COM3" und "COM4" können variabel sein. Immer in die Hardwaredokumentation sehen. Die Adresse und IRQ sind in einigen Softwareversionen der Analysatoren nicht einstellbar.

---

***Wichtig:** Bitte nicht die Einstellungen der IRQ oder Adresse ändern, wenn Sie nicht genau wissen was Sie tun. Falsche Einstellungen führen zu Analysatorfehlfunktion. Achten Sie auf die Hardwaredokumentation.*

---

- **Baud rate** gibt die Datenübertragungsgeschwindigkeit an und muß mit der Einstellung im Sendecomputer übereinstimmen.  
Wenn Baud rate auf "Auto" gesetzt wird, stellt das Modem die Übertragungsgeschwindigkeit automatisch auf die des anrufenden Modems ein. Hierfür muß das Analysatormodem allerdings eine Mindestleistung von 9600 bps erbringen können. Datenkompensation und Fehlerkorrektur müssen deaktiviert sein, da diese Funktionen von der Software übernommen werden. Bei den Initialisierungscode der Opsis-Modems sind ab Werk die Datenkompensation und Fehlerkorrektur deaktiviert. Nähere Infos entnehmen Sie dem Modem Handbuch.
- **Test port** kontrolliert die Reaktionen des an die Schnittstelle angeschlossene Gerätes. Jedes empfangene Signal wird auf dem Bildschirm dargestellt. Mit [Esc] verlassen Sie den Testmodus.

## 7.6 Einrichtung der Signaleingänge

In vielen Anwendungen wird ein Datenlogger mit dem Analysator verbunden. Vier verschiedene Modelle stehen zur Verfügung: DL010, DL016, IO80 und IO256. Ein Datenlogger besteht aus einer Hardware, zum Lesen der Daten, und einer Software, zum Berechnen der Werte und zur Datenspeicherung. Die Software muß mit der Analysatorsoftware zusammenarbeiten, um die Daten ständig abzuspeichern. Genauso muß die Analysatorsoftware auf die Ergebnisse des Datenloggers zurückgreifen können, um z.B. die Temperaturkompensation durchzuführen.

Der richtige Datenloggertyp muß in der Analysatorsoftware installiert werden. Wählen Sie [F5] Input signal setup im Installationsmenü und wählen Sie so lange "Y" (yes) oder "N" (no) bis der richtige Datenloggertyp erscheint. Nach Installation der Eingangseinheit kann das Menü zur Einrichtung des Loggers aufgerufen werden. Eine Beschreibung des Datenloggermenüs ist im Handbuch des jeweiligen Datenloggers enthalten.

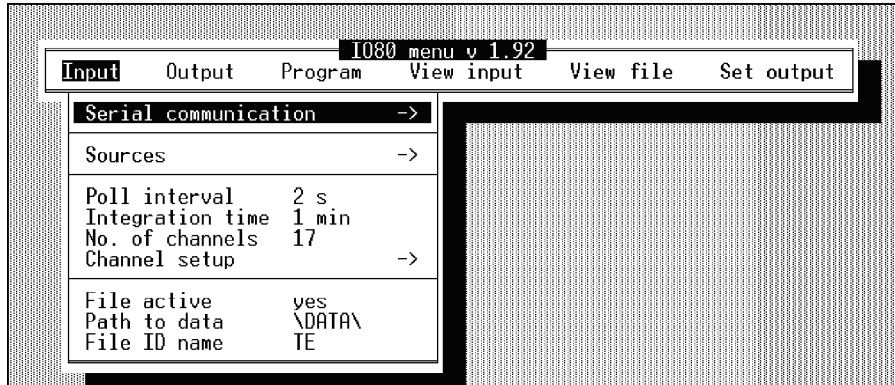


Abb. 7.31. Das Menü zur Einrichtung der Eingänge für einen IO80 Datenlogger.

## 7.7 Einrichtung der Signalausgänge

Zusätzlich zur standardmäßigen Kommunikationsmöglichkeiten unter Verwendung des ComVision/ComView Protokolls ist der Analysator auch in der Lage, Messergebnisse und Statussignale über die standardisierte Software IO256 weiterzuleiten. IO256 können Analog- und Digitalausgänge verwalten und Daten unter Verwendung verschiedener Kommunikationsprotokolle an andere Rechner weiterleiten. So kann man problemlos neue Hardware und Kommunikationsprotokolle, durch Erweiterung mit IO256, installieren.

Die IO Software kann gleichzeitig als Datenlogger benutzt werden, siehe Kapitel 7.6, Einrichtung der Signaleingänge.

Die Zusammenarbeit zwischen Analysator und IO256 erfolgt über ein Software Interface. Das für Ausgänge bereitgestellte Interface verfügt über 256 Speicherplätze. Der Analysator kann Werte in diese Kanäle schreiben, die das IO256 auslesen und nach den ihm erteilten Anweisungen weiterverarbeiten kann.

Wie der Analysator diese 256 Kanäle nutzen soll, kann unter [F6] Output signal setup im Installationsmenü festgelegt werden.

OUTPUT DEFINITIONS	Ch #	Specifications, page : 1				
		Output	Type	Gas	Path	Cal mode
	1	» Conc	Measured	S02	1	
[F1] - Define hardware	2	Conc	Cal. low	S02	1	All
[F2] - Test outputs	3	Conc	Cal. high	S02	1	All
	4	Conc	Measured	NO	1	
[Enter] - Edit.	5	Conc	Cal. low	NO	1	All
[PgDn] - Page down.	6	Conc	Cal. high	NO	1	All
[PgUp] - Page up.	7	Conc	Measured	NH3	1	
[Esc] - Exit.	8	Dev	Measured	NH3	1	
	9	Light	Measured	NO	1	
	10	Gas flag		S02	1	
	11	Status	Meas mode			
	12	Status	Cal mode			
	13	Status	Cal ack			
	14	Not used				
	15	Alarm	Sum			
	16	Alarm	Disk space			

Abb. 7.32. Menü zur Einrichtung der Ausgangssignale.

Die Ausgangskanäle sind von 1 an aufwärts numeriert. 16 Kanäle sind auf einer Seite des Menüs angezeigt. Die Seiten der restlichen Kanäle können durch Betätigen der Tasten [Bild nach oben] und [Bild nach unten] angezeigt werden. Um den Inhalt der Menüfelder zu ändern, den Cursor mit den Pfeiltasten auf das entsprechende Feld bewegen und die Taste [Enter] drücken.

- Durch Drücken von [F1] wird die IO Software gestartet und die von IO benutzte Hardware kann definiert werden.
- Durch Drücken von [F2] können die Ausgänge eingestellt werden, indem man von Hand die Werte in die Ausgangskanäle eingibt.

Die IO256 Software ist in einem eigenen Handbuch beschrieben.

- In der Spalte Output wird der auszugebende Parameter definiert. Zur Wahl stehen "Concentration" (Konzentration), "Deviation" (Abweichung) und "Light level" (Lichtpegel), d.h. die Messergebnisse des Analysators, sowie "Status", "Alarm" und "Gas flag", das sind Zustandssignale, die von der Analysator Software während des Betriebs gesetzt werden können. Eine andere Ausgabeparameterart ist "Analog", welche die Parameter definiert, die an das Arbeiten der Lasermodule angeschlossen werden.
- Zu jedem Ausgangstyp gehört ein Satz verschiedener Types, die nachstehend beschrieben werden.

Die in den Interface Kanälen abgelegten Werte sind die aktuell gemessenen Werte der Konzentration, Abweichung und Lichtpegel nach Kompensation der Temperatur usw. Als Maßeinheit der Konzentration und der Abweichung werden die in den Menüs Measurement setup und Calibration setup festgelegten Einheiten verwendet. Die Maßeinheit für den Lichtpegel ist immer dB.

Die Status-, Alarm- und Gasflagsignale können entweder den Wert 1,000 (aktiv) oder 0,000 (inaktive) annehmen. Wenn eine dieser Angaben für einen der Kanäle im Ausgangsmenü geändert wird, so wird das aktuelle Ausgangssignal für diesen Kanal auf Null gesetzt.

## 7.7.1 Konzentration, Abweichung und Lichtpegel

Bei diesen Ausgängen stehen fünf Typen zur Verfügung: All, Measured, Cal. low, Cal. mid und Cal. high

- "Measured" bedeutet, dass die Konzentrations-, Abweichungs- und Lichtpegelergebnisse einer normalen Messung in den Ausgangskanal geschrieben werden. Die Gasbezeichnung wird in der Spalte Gas ausgewählt, die Messstrecke in der Spalte Path.
- Die Einstellung "Cal. low", "Cal. mid" und "Cal high" bedeuten, dass die Konzentrations-, Abweichungs- und Lichtpegelwerte, die während einer Gaskalibrierung bei einem entsprechenden Pegel (niedrig, mittel oder hoch) gemessen wurden, an den Ausgangskanal weitergeleitet werden. Die Gasbezeichnung wird in der Spalte Gas ausgewählt, die Kalibrierstrecke in der Spalte Path und der Kalibriermodus in der Spalte Cal mode. Der Kalibriermodus kann entweder ein bestimmter Modus sein, der durch seine Nummer definiert wird, oder All. In letzterem Fall werden die Ergebnisse aller Kalibriermodi, für die das Gas und die Strecke aktiviert sind, im selben Ausgangskanal abgelegt, unabhängig davon, wann und wie die Gaskalibrierung aktiviert wurde. Dies kann in Verbindung mit dem unten beschriebenen Bestätigungssignal der Kalibrierung nützlich sein. Beachten Sie, dass das Ergebnis einer Gaskalibrierung nur dann in den Ausgangskanal geschrieben wird, wenn dieser auch freigegeben wurde.
- "All" bedeutet, dass jedes Messergebnis für das angegebene Gas und die angegebene Strecke in den Ausgangskanal geschrieben wird, unabhängig davon, ob das Ergebnis bei einer normalen Messung oder bei einer Gaskalibrierung ermittelt wurde. Dies kann in Verbindung mit der unten beschriebenen Kalibrierstatusmarkierung (flag) nützlich sein.

## 7.7.2 Status

Für Status stehen acht Typen zur Auswahl:

- "Meas mode" ist aktiv, solange der Analysator im normalen Messbetrieb ist. Bei Abruf des Menüs wird die Markierung deaktiviert
- "Cal mode" wird aktiviert, wenn eine Gas- oder Referenzkalibrierung durchgeführt wird, unabhängig davon, ob diese manuell oder automatisch aktiviert wurde. Durch Aufzeichnung der Messmodus und Kalibriermodus Signale kann festgestellt werden, ob in einem Ausgangskanal ein echter Messwert oder ein Kalibrierergebnis vorliegt.
- "Syst check flag" erscheint während der Durchführung eines Systemchecks. Die drei Zustandsmarkierungen Meas mode, Cal mode und System check können also niemals gleichzeitig aktiv sein.
- "Neg dev" ist eine Warnmarkierung, die aktiviert wird, wenn der Analysator bei der Messung eine negative Abweichung erhalten hat. Nähere Angaben hierzu finden Sie in [Kapitel 6, Messungen](#).

- 
- "Cal ack" kann aktiviert werden, um anzuzeigen, dass eine Referenzkalibrierung oder ein Gaskalibriermodus durchgeführt worden ist. Durch Abfrage der Zustandsmarkierung Calibration acknowledge kann festgestellt werden, welches Kalibrierergebnis zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem Ausgangskanal anliegt, wenn die Einstellung Cal mode eines Gases auf All gesetzt ist.
  - "Path nn" on zeigt für jede Messstrecke an, ob der Analysator gerade misst oder nicht.
  - "Meas valid" wird nach Abschluß eines vollständigen Messzyklus aktiviert.
  - "Gas valid" zeigt an, wann eine spezifizierete Gaskonzentration vorliegt. Das Ergebnis ist gültig, wenn die folgenden frei Bedingungen erfüllt sind:
    - $|\text{Standardabweichung}| < \text{Abweichungs Grenzwert}$
    - $|\text{Lichtpegel}| > \text{Lichtpegel Grenzwert}$
    - $\text{Konzentration} \neq -999.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Das Gas valid Signal ist 0, wenn das Messergebnis zugelassen ist. Das Signal wird auch bei einer Messunterbrechung auf 0 gesetzt.

### 7.7.3 Alarm

Alarm kann entweder für "Sum", "Disk space", "Modem", "Sys. chk" oder "Program" alarm gegeben werden.

- "Sum" wird aktiviert, wenn irgendein anderer Alarm aktiv geworden ist.
- "Disk space" wird aktiviert sobald die auf der Festplatte verfügbare Speicherkapazität unter 500 kB sinkt.
- "Modem" wird bei einer Störung des eingebauten Modems aktiv, die die Kommunikation über eine an den Analysator angeschlossene Telefonleitung verhindern würde.
- "MX" wird aktiviert, wenn der Analysator eine Störung bei einem angeschlossenen Multiplexer feststellt.
- "System check" wird aktiviert, wenn eine Funktionskontrolle der Hardware aus irgendeinem Grund misslingt. Nähere Informationen siehe [Kapitel 10, System Check](#).
- "Program" wird gesetzt, wenn die Analysator Software unterbrochen wird.
- "186 card n" wird aktiv, wenn der Analysator einen Fehler in der Steuerelektronik des Spektrometers und der Detektoren feststellt.

Die letzten beiden Alarme sind hauptsächlich für Testbetriebe gedacht.

### 7.7.4 Gas flag

Das Gas flag Signal besteht aus 8 Bit und ist damit nur für die serielle Kommunikation bestimmt, z.B. bei Verwendung eines Cactus-Protokolls. Das Signal wird für ein bestimmtes

Gas auf einer bestimmten Strecke definiert und gibt Aufschluß über den momentanen Betriebszustand des Analysators. Die 8 Bit haben folgende Bedeutung:

Bit Nr.	Pattern	Bedeutung
7,6	00	Kalibriermodus 1
	01	Kalibriermodus 2
	10	Kalibriermodus 3
	11	Kalibriermodus 4
5,4	00	Normaler Messmodus
	01	Kalibrierung, niedriger Pegel
	10	Kalibrierung, mittlerer Pegel
	11	Kalibrierung, hoher Pegel
3	0	Kanal shift $\geq 6$
	1	Warnung Kanal shift $> 6$
2	1	Kalibriert
1	1	Idle, keine Messergebnisse verfügbar
0	0	Ergebnis ist ok
	1	Ergebnis ist schlecht, siehe unten

Der Wert des letzten Bits wird folgendermaßen ermittelt. Das Ergebnis wird als mangelhaft bewertet, wenn eine der drei Behauptungen zutrifft:

- $|\text{Standardabweichung}| > \text{Abweichungsgrenzwert}$
- $|\text{Lichtpegel}| < \text{Lichtpegelgrenzwert}$
- Konzentration oder Abweichung  $< 0$  und gleichzeitig Konz.  $>$  doppelte Abweichung

## 7.7.5 Analogsignale

Die Arten der Analogergebnissignale hinsichtlich sind des Arbeitens jedes Lasermodul werden in der Tabelle nachstehend aufgeführt. Die Zahl [n] bezieht sich die auf Laser modulnummer, n = 1, 2, 3 oder 4.

Parameter	Beschreibung
Int.Temp	Innentemperatur
TDev LH[n]	Temperaturstabilität
Cool LH[n]	Kühl-/Heizfunktion
Conc LH[n]	Zellenkonzentration
Temp LH[n]	Zellentemperatur
WDev LH[n]	Wellenlängen-Abweichung
Light C[n]	Lichtintensität

---

## 7.8 Emulator Einrichtung

In einigen Anwendungen ist eine zusätzliche Software zum Erkennen der seriellen Protokolle nötig, falls diese von anderen Datenquellen kommen, z.B. andere Datenloggerfabrikate. Die Konfiguration solcher Kommunikationsroutinen, oder Emulatoren, wird durch Drücken von [F7] Emulator setup im Installationsmenü gewählt. In separaten Manuals wird die Konfiguration erklärt. Eine Fehleranzeige erscheint nur wenn kein Emulator am Analysator installiert ist.

## 7.9 Lichtoptimierung

Zuverlässige und genaue Messung sind nur möglich, wenn genug Licht in das Spektrometer gelangt. Daher sollte der Lichtpegel regelmäßig kontrolliert werden. Sobald ein Abfall der Lichtpegel bemerkt wird, sollten Sender und Empfänger entsprechend justiert werden. Die Justierungsverfahren sind in den Handbüchern der Sender/Empfängereinheiten beschrieben.

Der Lichtpegel sollte nach Möglichkeit mit einem LM010 Lichtmeter und einer kurzen Faserkabelverbindung zum Analysator justiert werden. Steht kein Lichtmeter zur Verfügung, kann der maximale Lichtpegel statt dessen anhand der Werte kontrolliert werden, die nach Aufruf der Funktion [F8] Optimise light im Installationsmenü angezeigt werden.

```
Light level optimizing.
14.15 %
14.16 %
14.15 %
14.18 %
14.18 %
14.19 %
14.17 %
14.18 %
14.22 %
14.18 %
Press any key to exit.
```

Abb. 7.33. Die Lichtintensität in % wird bei Auswahl der Funktion Optimize light kontinuierlich angezeigt.

Die Werte werden in % angegeben, wobei 0 % bedeutet, dass kein Licht vorhanden ist, und 100 %, dass der Detektor gesättigt ist. Die Pegel können nicht mit dem Lichtpegel verglichen werden, der während der normalen Messung erreicht wird. Die Funktion wählt keinen bestimmten Lichtweg, sondern zeigt einfach die z.Zt. an den Analysator angeschlossene Strecke an. Wenn mehrere Messstrecken verwendet werden, kann die gewünschte Strecke im Multiplexer Installationsmenü ausgewählt werden, bevor die Funktion Optimize light aktiviert wird.

Die Funktion Optimize light ist nur in den UV-DOAS Systemen verfügbar. Sie ist nicht verfügbar in Analysatoren mit feststehenden Gittern. Siehe [Kapitel 10, System Check](#) für ausführliche Informationen.





## Das Menü zur Messwertdarstellung 8

Die Opsis Analysatoren haben eine interne Funktion zur Präsentation der Gasdaten und Datenloggerdaten als numerisches oder graphisches Format. Die Funktionen werden vom Hauptmenü aus über [F2] Data presentation ausgewählt.

Das Präsentationsmenü ist im Analysator hauptsächlich zur Kontrolle vor Ort vorgesehen. Normalerweise werden Daten über verschiedene Kommunikations-programme gesammelt und an anderer Stelle ausgewertet.

Der Analysator stoppt die Gasmessung während er Daten dargestellt.

### 8.1 Einleitung

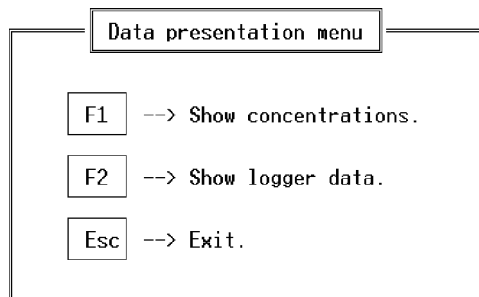


Abb. 8.1. Das Menü Datenpräsentation.

Das in Abb. 8.1 gezeigte Menü zur Datenpräsentation beinhaltet zwei Untermenüs:

- [F1] Show concentrations zeigt die Messergebnisse an.
- [F2] Show logger data zeigt die Daten des internen Datenloggers, falls vorhanden.

Mit [Esc] kehrt man zum Hauptmenü zurück.

Alle Messwerte werden in Binärdateien auf der Festplatte des Analysators gespeichert. Bei der Umformung in ASCII Files ist die angegebene Integrationszeit ein wichtiger Parameter.

Wenn die Integrationszeit auf Null gesetzt ist, können alle Messwerte dargestellt und umformatiert werden. Auch eventuelle negative Vorzeichen werden nach der Umformatierung beibehalten.

Wenn die Integrationszeit größer als Null ist, z.B. zur Berechnung stündlicher Mittelwerte, werden die markierten Werte nicht mit angezeigt (mit Ausnahme negativer Konzentrationen, deren Absolutwert nicht das Doppelte der Abweichung überschreitet). Wenn eine Datei mit solchen Werten umformatiert wird, werden die markierten Werte nicht in die neue Datei übernommen; siehe auch [Kapitel 8.3, Darstellung der Loggerdaten](#).

Diese Kriterien gelten nur für Gasmesswerte. Loggerwerte können nicht gefiltert werden.

## 8.2 Das Gas Präsentationsmenü

Durch Drücken von [F1] Show concentrations im Datenpräsentationsmenü erscheint folgende Bildschirmanzeige:

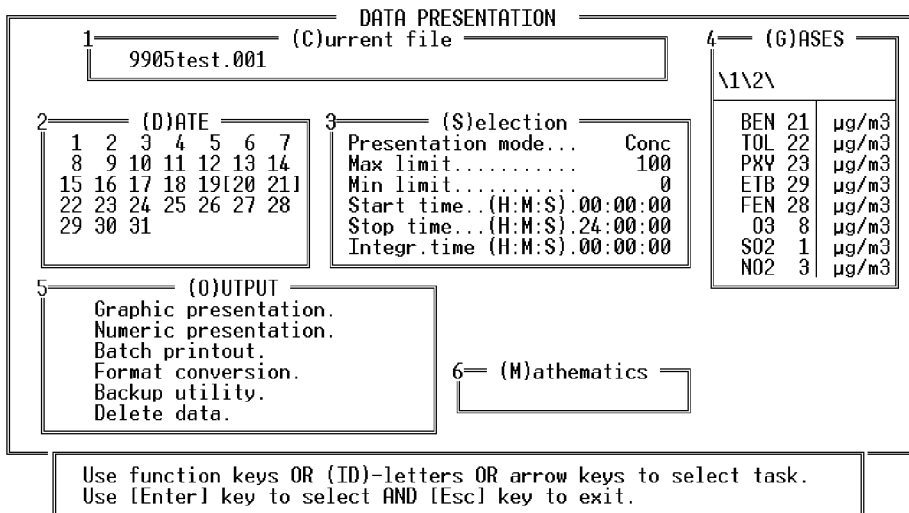


Abb. 8.2. Das Datenpräsentationsmenü für Gase.

Erläuterungen zum Menü Data presentation:

- [F1] (C)urrent file: Dateiname der aktuell angezeigten Messwertdatei einschließlich der im Menü Station setup eingetragenen Standardkennung.
- [F2] (D)ate: gibt an für welche Tage des Monats Messwerte angezeigt werden können.
- [F3] (S)election: Funktion, mit der Integrationszeit und Skalen für die graph-ische Darstellung eingestellt werden können.
- [F4] (G)ases: Funktion zur Auswahl der Messkomponenten und Messstreck-en, für die Messwerte angezeigt werden sollen.
- [F5] (O)utput: gibt an, wie die Dateien präsentiert werden sollen und ob sie in das ASCII Format umformatiert werden sollen.
- [F6] (M)athematics: Die Funktion wird verwendet, wenn die Daten mit einem kon-stanten Faktor korrigiert werden sollen.

Die einzelnen Menüpunkte können mit den entsprechenden Funktionstasten oder den, oben in Klammern stehenden, Buchstaben angewählt werden. Wahlweise kann auch die Bildschirmmarkierung auf den gewünschten Punkt bewegt und die Taste [Enter] gedrückt werden. Zum Verlassen des Menüs [Esc] drücken.

## 8.2.1 Auswahl einer Messwertdatei

Die Messwerte werden in Dateien mit dem Namen YYMMABCD.EFG gespeichert, wobei YYMM für Jahr und Monat steht und ABCD.EFG der im Menü Install station eingetragene Stationsname ist. Es wird also für jeden Monat eine neue Messwertdatei angelegt. Wird der Menüpunkt (C)urrent file gewählt, erscheint folgende Anzeige :

(C)urrent file				
Directory: \DATA\		Files: 6	Free space: 156288 kBytes	
#:	Filename:	Date:	Time:	Size:
» 1...	9905TEST.001	990521	11:46	110985
2...	9904TEST.001	990501	00:00	972000
3...	9903TEST.001	990401	00:00	1004400
4...	9902TEST.001	990301	00:00	453600
5...	9804HAMN.001	980412	15:36	388620
6...	9803HAMN.001	980401	00:00	226695

↑↓-Up/Down. [PgUp]/[PgDn]-Page. [Enter]-Select.

Abb. 8.3. Auswahl einer Messwertdatei.

Die angezeigte Liste enthält alle Binärdateien. Um die Messwerte eines bestimmten Monats anzeigen zu lassen, die gewünschte Datei mit den Pfeiltasten markieren und die Taste [Enter] drücken. Sind mehr als 10 Messwertdateien vorhanden, können die restlichen Dateien durch Betätigen der Tasten [Bild nach oben] und [Bild nach unten] gezeigt werden. Um in das Menü Data presentation zurückzukommen, drücken Sie [Esc].

## 8.2.2 Auswahl des Zeitraums

Unter (D)ate kann ein Zeitraum von 1 bis 31 Tagen definiert werden. Die eckigen Klammern können mit den Pfeiltasten verschoben werden; mit [Enter] oder [F1] kann zwischen der linken und rechten Klammer umgeschaltet werden. Nur die Daten, die Messwerte enthalten, sind hell markiert. Um in das Data presentation Menü zurückzukommen, die Taste [Esc] betätigen.

		(D)ATE						
1	2	3	4	5	6	7		
8	9	10	11	12	13	14		
15	16	17	18	19	20	21		
22	23	24	25	26	27	28		
29	30	31						
[F1] start/stop toggle								

Abb. 8.4. Auswahl des darzustellenden Zeitraums.

## 8.2.3 Änderung der Skalen und der Integrationszeit

Im Untermenü [F3] (S)election können Integrationszeit und Skalen für die graphische Darstellung geändert werden.

```
(S)election
» Presentation mode... Conc
  Max limit..... 100
  Min limit..... 0
  Start time..(H:M:S).00:00:00
  Stop time... (H:M:S).24:00:00
  Integr.time (H:M:S).00:00:00

↑↓-Up/Down [Enter]-Select [Esc]-Exit
```

Abb. 8.5. Das Menü (S)election.

Mit den Pfeiltasten die Parameter markieren, die geändert werden sollen, und dann [Enter] drücken.

**Presentation mode:** gibt an, welche Gasparameter im Diagramm angezeigt werden sollen. Die beiden Wahlmöglichkeiten sind **Conc**, d.h. nur die Konzentrationen werden angezeigt, und **Combined**, d.h. für die gewählten Gase werden Konzentration, Standardabweichung und Lichtpegel angezeigt.

**Max limit** und **Min limit:** es wird die Skala der Y-Achse im Diagramm eingestellt. Diese Einstellung hat keinen Einfluß auf die numerische Anzeige.

**Start time** und **Stop time:** geben das Zeitintervall für alle Operationen im Menü **Data presentation** an. Diese Einstellung gilt auch für die Funktionen **Format conversation** und **Mathematics**.

**Integration time:** definiert die Größe des "Zeitrahmens". So muß die Integrationszeit z.B. auf 60 min eingestellt werden, um die Darstellung der Messergebnisse auf Stundenmittelergebnisse zu erreichen. Wenn die Integrationszeit auf 0 gesetzt wird, werden die Messergebnisse als Kurve dargestellt. Ist die Integrationszeit größer als Null, werden die Ergebnisse als Balkendiagramm dargestellt, wobei Werte mit negativen Vorzeichen aussortiert werden. Die Einstellung der Integrationszeit wirkt sich auch auf die Umformatierung **Format conversation** aus.

Um zum **Data presentation** Menü drücken Sie [Esc].

## 8.2.4 Auswahl der Gase und Messstrecken

Die Auswahl der Gase und Messstrecken erfolgt im Untermenü [F4]. Zur Auswahl eines Gases oder einer Messstrecke, mit den Pfeiltasten einen Eintrag markieren und [Enter] drücken. Diesen Vorgang wiederholen, um einen Eintrag zu löschen. Die markierten Daten und Strecken erscheinen bei der Datenpräsentation.

(G)ASES		
\1\2\		
» BEN	21	µg/m <sup>3</sup>
TOL	22	µg/m <sup>3</sup>
PKY	23	µg/m <sup>3</sup>

Abb. 8.6. Auswahl der Pfade und Gase.

Um ins Menü Data presentation zurückzukommen, wählen Sie [Esc].

## 8.2.5 Darstellung der Messergebnisse

Im Untermenü [F5] werden die Messergebnisse numerisch oder graphisch auf dem Bildschirm dargestellt oder auf den Drucker ausgegeben. In diesem Menü können auch Messwertdateien ins Textdateiformat umgewandelt, auf Diskette kopiert oder gelöscht werden. Den gewünschten Menüpunkt mit den Pfeiltasten markieren.

(O)OUTPUT	
»	Graphic presentation.
	Numeric presentation.
	Batch printout.
	Format conversion.
	Backup utility.
	Delete data.
↑↓-Up/Down. [Enter]-Select. [Esc]-Exit	

Abb. 8.7. Das Menü (O)utput.

Die ausgewählten Werte können mit Graphic presentation oder Numeric presentation auf dem Bildschirm dargestellt werden. Die Diagramme der nächsten Seite veranschaulichen die Bedeutung der eingestellten Integrationszeit.

- **Graphic presentation:** es wird ein Diagramm entweder als Kurve oder als Histogramm erstellt. Der Diagrammtyp ist abhängig von der eingestellten Integrationszeit. Die Zeitskala wird durch das unter **Date** gewählte Intervall und die Einstellung für **Start time** und **Stop time** bestimmt. Die Konzentrationskala wird durch die Einstellungen für **Max limit** und **Min limit** bestimmt. Für einen Ausdruck des Diagramms, betätigen Sie [P].
- **Numerical presentation:** Es wird eine Tabelle erstellt. Die Tabelle ist durch die Einstellungen unter **Date**, **Integration time**, **Start time** und **Stop time** definiert. Zum Wechseln der Bildschirmseite drücken Sie die Leertaste; für einen Ausdruck antworten Sie mit [Y] am Ende der Tabelle.
- Wenn eine Anzahl von Tagen einzeln ausgedruckt werden soll, kann die Funktion **Batch printout** (Stapeldruck) gewählt werden. Nach der Auswahl der Gase, Daten, etc. erfolgt automatisch ein Ausdruck für jeden gewählten Tag. Der Ausdruck kann entweder in numerischer Form [N] oder graphischer Form [G] erfolgen.
- Eine detaillierte Beschreibung der Funktion **Format conversation** ist im Kapitel 8.4, [Umwandlung von Dateien in ASCII Files](#).

- **Backup utility:** Es können Binär- oder ASCII - Files zum internen Diskettenlaufwerk kopiert werden. Mit "backup utility" können auch Disketten formatiert werden. Siehe auch [Kapitel 8.5, Messwertdateien kopieren](#) für mehr Details.
- **Delete data** löscht Messwertdateien von der Festplatte. Näheres in [Kapitel 8.6, Löschen von Messwertdateien](#).

Um ins Menü Data presentation zurückzukommen, wählen Sie [Esc].

Gas	Path	Date	Time	Unit	Conc	Dev	Light (%)
		YYMMDD	HH:MM:SS				
S02	1	990520	09:49:06	µg/m3	1.73	0.41	84.9
S02	1	990520	09:50:02	µg/m3	1.83	0.41	84.9
S02	1	990520	09:50:26	µg/m3	1.77	0.42	84.9
S02	1	990520	09:50:48	µg/m3	1.68	0.42	84.9
S02	1	990520	09:51:10	µg/m3	1.41	0.40	84.9
S02	1	990520	09:51:32	µg/m3	1.48	0.39	84.9
S02	1	990520	09:51:54	µg/m3	1.49	0.40	84.9
S02	1	990520	09:52:16	µg/m3	1.33	0.41	84.9
S02	1	990520	09:52:38	µg/m3	1.69	0.41	84.9
S02	1	990520	09:53:00	µg/m3	1.39	0.41	84.9
S02	1	990520	09:53:54	µg/m3	1.23	0.42	84.4
S02	1	990520	09:54:16	µg/m3	1.47	0.41	84.9
S02	1	990520	09:54:38	µg/m3	1.39	0.41	84.9
S02	1	990520	09:55:00	µg/m3	1.41	0.40	84.9
S02	1	990520	09:55:22	µg/m3	1.43	0.40	84.9
S02	1	990520	09:55:44	µg/m3	1.55	0.41	84.9
S02	1	990520	09:56:06	µg/m3	1.32	0.39	84.9
S02	1	990520	09:56:28	µg/m3	1.23	0.41	84.9
S02	1	990520	09:56:50	µg/m3	1.38	0.42	84.9
S02	1	990520	09:57:12	µg/m3	1.39	0.41	84.9
S02	1	990520	09:58:08	µg/m3	1.45	0.41	84.4

Abb. 8.8. Darstellung der Messwerte in numerischer Form. Alle Messwerte innerhalb des ausgewählten Zeitraumes werden angezeigt. Die Integrationszeit ist Null.

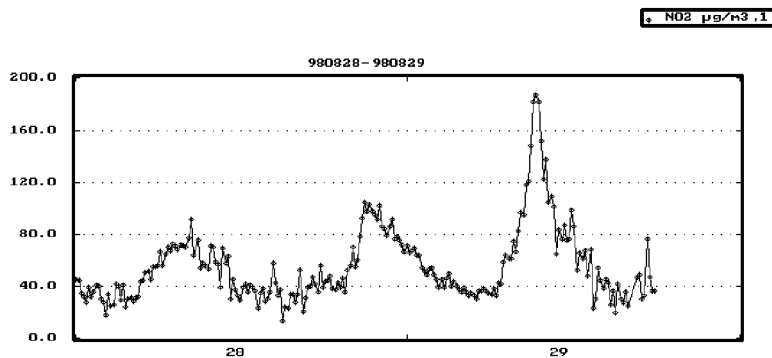


Abb. 8.9. Eine graphische Darstellung. Integrationszeit ist auf Null gesetzt. Alle Messwerte werden angezeigt. Die Skala der y-Achse ist von den im Selection Fenster gewählten Einstellungen für Max limit und Min limit abhängig.

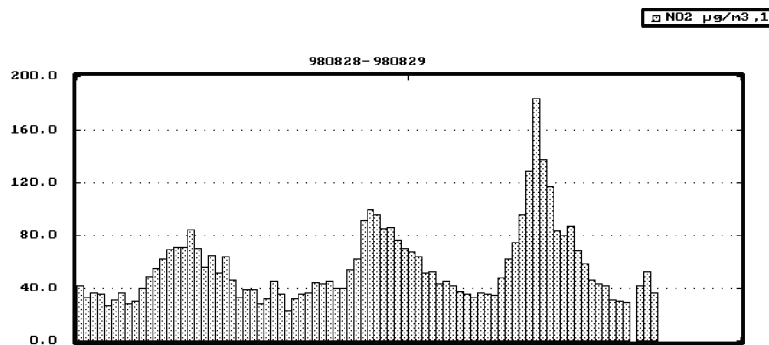


Abb. 8.10. Eine graphische Darstellung mit einer integrationszeit von 30 Minuten. Hier sind die negativen Werte herausgefiltert.

## 8.2.6 Die Umrechnungsfunktion

Die Funktion (M)athematics wird verwendet, wenn die Messwerte einer Messwertdatei mit einem konstanten Faktor korrigiert werden sollen. Der Faktor kann entweder zu den Werten addiert oder mit ihnen multipliziert werden. Dies kann sinnvoll sein, wenn z.B. die Länge der Messstrecke falsch eingegeben worden ist.

Diese Änderung wirkt sich nur auf die Messwerte aus, die zwischen der eingestellten Start- und Stopzeit für die markierten Daten und Gase liegen.

```
(M)athematics
(1= +) (2= *) (0= Exit)..(0..2): 2
Multiplication factor..1.014
Changes will be permanent !
Are you sure (Y/N) :Y_
```

Abb. 8.11. "1" bedeutet Addition, "2" bedeutet Multiplikation.

- Die addierte Konstante sollte in der Einheit angegeben werden, die im entsprechenden Feld (Gases frame) für das Gas vorgegeben ist. Die Einheit wird im Menü Measurement time definiert, siehe Kapitel 7, Das Installationsmenü. Nur die Konzentrationswerte sind verändert. Subtraktion ist das gleiche wie Addition einer negativen Konstante.
- Die Multiplikation wird sowohl bei den Konzentrationswerten als auch bei den Abweichungen durchgeführt.

**Wichtig:** Die Änderung der Messwerte ist endgültig. Daher muss die Funktion Mathematics mit äußerster Vorsicht benutzt werden.



## 8.3 Darstellung der Loggerdaten

Um Loggerdaten auf dem Bildschirm darzustellen, drücken Sie [F2] Show logger data. Dieses Menü ist genauso aufgebaut, wie das Menü in dem die Konzentrationen gemessen werden.

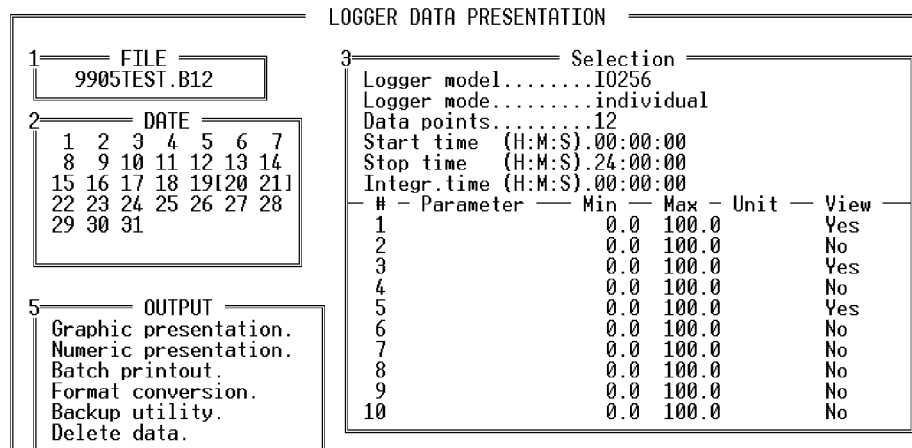


Abb. 8.12. Menü zur Präsentation von Loggerdaten.

- [F1] File: Dient dazu, die anzuzeigende Messwertdatei auszuwählen. Die Logger Dateien haben die Endung ".Bnn", wobei nn die Anzahl der Gebersignale ist. Die Dateien eines als Windstation eingerichteten Loggers haben immer die Endung ".B06".
- [F2] Date: Mit Date werden die gewünschten Tage des aktuellen Monats ausgewählt. Hell markiert sind nur die Dateien, für die Messwerte vorhanden sind. Mit der [Enter] Taste kann zwischen den beiden Klammern geschaltet werden.
- [F3] Selection: Mit Selection werden Gebertypen, Skalen und Integrationszeiten ausgewählt. Siehe [Kapitel 8.3.1, Auswahlmenü für Loggerdaten](#).
- [F5] Output: Das Menü ist weitgehend identisch mit dem zur Darstellung von Gasmessdaten. Die y-Achse ist von 0% bis 100% eingeteilt, da Parameter mit verschiedenen Einheiten gleichzeitig dargestellt werden. 0% entspricht dem unteren Grenzwert Min value und 100% entspricht dem oberen Grenzwert Max value, wie im Selection Menü definiert. Siehe auch [Kapitel 8.3.1, Auswahlmenü für Loggerdaten](#).

Um zum Data presentation Menü zurückzukehren, drücken Sie [Esc].

### 8.3.1 Auswahlmenü für Loggerdaten

Das Auswahlmenü für Loggerdaten stimmt in einigen Punkten mit dem entsprechenden Menü für Gasmesswerte überein. Es gibt aber signifikante Unterschiede.

```

Selection
» Logger model.....IO256
  Logger mode.....individual
  Data points.....12
  Start time (H:M:S).00:00:00
  Stop time (H:M:S).24:00:00
  Integr. time (H:M:S).00:00:00
- # - Parameter - Min - Max - Unit - View -
  1          0.0 100.0
  2          0.0 100.0      No
  3          0.0 100.0      Yes
  4
  5
  6
  7
  8
  9
 10
      Show value      Yes
      Min value       0.0
      Max value       360.0
      Value string    Wind dir
      Value unit
      Value type      argument

↑↓-Up/Down [Enter]-Select [Esc]-Exit

```

Abb. 8.13. Auswahlmenü für Loggerdaten.

- **Logger model:** schaltet zwischen DL010, DL016, IO80 und IO256 um und sollte nach Auswahl der Messwertdatei auf das entsprechende Modell gestellt werden.
- **Logger mode** gibt an, ob der Datenlogger als Windstation konfiguriert ist oder mit individueller Einstellung der Messwertgeber. Die Einstellung muss korrekt sein, andernfalls werden die Werte falsch angezeigt.
- **Data points** zeigt die Anzahl der vom Datenlogger benutzten Kanäle an. Der Wert muss der gleiche sein, wie in dem des Dateinamens.
- **Start time, Stop time** und **Integration time** haben die gleiche Bedeutung wie bei den Gasmessdaten.
- Um eine korrekte Darstellung der Loggerwerte zu erhalten, müssen die Parameterdefinitionen mit der Loggerkonfiguration übereinstimmen. Bei Auswahl eines Parameters wird ein weiteres Menü angezeigt:
  - **Show value** gibt an, ob der jeweilige Parameter angezeigt werden soll oder nicht.
  - **Min und Max value** definieren den Anzeigebereich.
  - **Value string** hier wird ein passender Name für den Parameter eingetragen.
  - **Value unit** gibt die Maßeinheit des Parameters an.
  - **Value type**, schließlich, sollte entsprechend dem Parametertyp eingestellt werden. **Scalar** wird üblicherweise gewählt. **Abs. value** wird für Vektorparameter, wie z.B. Windvektoren; verwendet. **Argument** wird für Parameter verwendet, die einen Winkel, z.B. die Windrichtung, messen. Der **Max value** sollte in diesem Falle 360° sein.

## 8.4 Umwandlung von Dateien in ASCII Files

Die Messergebnisse werden auf der Festplatte als Binärdateien gespeichert und so formatiert, dass die Messungen eines Monats jeweils eine eigene Datei bilden. Dieses Format kann in ASCII files konvertiert werden, indem man im Menü Output die Funktion Format conversion wählt. Es gibt in jedem Anzeigemenü eine Formatierungsfunktion, eine für Gasmesswerte und eine für Datenlogger Messwerte.

Vor Durchführung der Formatierung müssen drei Fragen geklärt werden:

- Convert file to logger format? (Y/N)
- Include seconds? (Y/N)
- Enter 2 ID- letters:XX

Beachten Sie, dass das ASCII Format davon abhängig ist, ob die Sekunden in der Zeitangabe mit abgespeichert werden oder nicht. Die verschiedenen ASCII Formate sind unten beschrieben. Die zwei ID Buchstaben sollen die gleichen wie die der Datei sein. Informationen über Jahr und Monat der Messung sind wie bei den Binärdateien immer in den Dateinamen enthalten. Die Dateierweiterung richtet sich nach dem Format z.B. 9504PR.OPS.

Die Umformatierung wird in Übereinstimmung mit den Einstellungen der Menüs Date, Gas und Selection durchgeführt. Auch die im Menü Selection gewählten Einstellungen für Integration time und Start und Stop time sind wichtige Parameter. Die Integrationszeit ermöglicht nicht nur die Umformatierung der Messwerte, z.B. in Stundenmittelwerte, sondern definiert auch das Filterkriterium.

- Wenn die Integrationszeit auf Null ist werden alle Messwerte umformatiert.
- Ist die Integrationszeit größer als Null, werden einige Werte nicht in die Umformatierung mit einbezogen. Die Werte, bei denen Konzentration, Abweichung oder Lichtpegel mit einem negativen Vorzeichen markiert sind, fallen weg. Siehe auch [Kapitel 6, Messungen](#). Gasmesswerte werden aussortiert, wenn:
  - die Konzentration negativ ist und mehr als das Doppelte der maximal zulässigen Standardabweichung beträgt.
  - die Standardabweichung die maximal zulässige Standardabweichung übersteigt (was durch ein negatives Vorzeichen vor dem Lichtpegel angezeigt wird).
  - die Standardabweichung durch ein negatives Vorzeichen markiert ist, das anzeigt, dass die Auswertung nicht plausibel ist.

Beachten Sie, dass Datenloggerwerte nicht gefiltert werden. Folgende ASCII Formate sind für Gasmesswerte möglich:

Standardgaswerte ohne Sekunden	xx.OPS
Gasmesswerte mit Sekunden	xx.SEC
Windstationdaten ohne Sekunden	xx.WND
Verschiedene Loggerdaten ohne Sekunden	xx.Ann
Loggerdaten mit Sekunden	xx.Snn

"xx" = die bei der Umformatierung eingegebenen Kennbuchstaben, "nn" = Anzahl der auf dem Datenlogger benutzten Kanäle, sind die selben, wie in der Binärdatei.

In den folgenden fünf Tabellen werden die ASCII File Formate erklärt. Beispiele der Formate sind nach jeder Tabelle gegeben.

Tabelle 8.1: Standard ASCII File für Gasdaten, xx.OPS

Position	No. of char.	Interpretation
1-2	2	Gas number, siehe <a href="#">Kapitel B.4, Umrechnungsfaktoren</a> .
5-12	8	Month / day / year
15-19	5	Hour : minute
21-22	2	Monitoring path number
24-30	7	Concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
32-38	7	Deviation in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
40-41	2	Light level in %
42-43	2	Carriage Return + Line Feed
<i>Beispiel:</i> 27 05/21/99 14:00 02 1.23E+1 1.23E-1 62		

Tabelle 8.2: Gasmessdaten mit Sekunden, xx.SEC.

Position	No. of char.	Interpretation
1-2	2	Gas number, siehe <a href="#">Kapitel B.4, Umrechnungsfaktoren</a> .
5-12	8	Month / day / year
15-22	8	Hour : minute : second
24-25	2	Monitoring path number
27-33	7	Concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
35-41	7	Deviation in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
43-44	2	Light level in %
45-46	2	Carriage Return + Line Feed
<i>Beispiel:</i> 22 05/21/99 15:00:00 01 1.23E+1 1.23E-1 66		

Tabelle 8.3: ASCII Format einer Winddatei, die mit sechs Kanälen konfiguriert ist; vier Windparameter und zwei Temperaturen. Dateiname xx.WND

Position	No. of char.	Interpretation
1-2	2	ID number
5-12	8	Month / day / year
15-19	5	Hour : minute
21-27	7	Wind velocity in m/s
29-35	7	Wind vector in m/s
37-43	7	Wind direction in degrees (0-360)
45-51	7	Standard deviation of wind direction in degrees
53-60	8	Temperature 1 in °C
62-69	8	Temperature 2 in °C
70-71	2	Carriage Return + Line Feed
<i>Beispiel:</i> 99 05/21/99 12:00 1.23E+0 1.23E+0 1.23E+2 1.23E+1 1.234E+1 1.234E+1		

Tabelle 8.4: Typische Datenloggerdatei, xx.Ann.

$n = \text{Anzahl der Sensoren}, x = (n-1)*11 + 21.$

Position	No. of char.	Interpretation
1-2	2	ID number
5-12	8	Month / day / year
15-19	5	Hour : minute
21-30	10	Value 1
32-41	10	Value 2
43-52	10	Value 3
...	...	...
x-(x+9)	10	Value n
x+11	1	Carriage Return
x+12	1	Line Feed

Beispiel: 01 05/21/99 07:15 1.2345E+01 1.2345E+02 1.2345E+03...

Tabelle 8.5: Loggerdaten mit Sekunden, xx.Snn.

$n = \text{number of sensors}, y = (n-1)*11 + 22.$

Position	No. of char.	Interpretation
1-2	2	ID number
4-11	8	Month / day / year
13-20	8	Hour : minute : second
22-31	10	Value 1
33-42	10	Value 2
44-53	10	Value 3
...	...	...
y-(y+9)	10	Value n
y+11	1	Carriage Return
y+12	1	Line Feed

Beispiel: 01 05/21/99 07:15:00 1.2345E+01 1.2345E+02 1.2345E+03...

## 8.5 Messwertdateien kopieren

Auf der Festplatte können vier Arten von Messwertdateien gespeichert werden. Sie sind an ihren Namen zu unterscheiden.

- Die Dateinamen der binären Gasmesswertdateien bestehen aus 12 Zeichen, von denen die ersten vier jeweils Jahr und Monat der Messung angeben. Die vier + drei folgenden Zeichen werden bei der Installation festgelegt. Beispiel: 9504PUST.069.
- Eine umformatierte Datei hat eine aus zwei Buchstaben bestehende Kennung und die Endung OPS oder SEC, je nachdem, ob die Sekunden mit abgespeichert worden sind oder nicht. Beispiel: 9504PU.OPS.

- Bei binären Datenloggerdateien sind die ersten vier Zeichen mit denen der entsprechenden Gasmesswertdatei identisch, die Dateieindung lautet aber Bnn. "nn" ist die Anzahl der im Datenlogger belegten Kanäle. Eine Windstation hat immer die Dateieindung B06. Beispiel: 9504PUST.B06.
- Ins ASCII Format umgewandelte Datenloggerdateien können die Endung WND, Ann oder Snn haben. Beispiel: 9504PU.WND.

Die Messwertdateien können durch Aufrufen der Funktion "backup utility" im Menü "output" kopiert werden.

- Eine Datei im [B]inär oder [A]scii Format zum Kopieren auswählen. Nach Auswahl des Dateityps wird eine Liste sämtlicher in diesem Format gespeicherten Dateien angezeigt.
- Wenn die Diskette im Diskettenlaufwerk nicht formatiert ist, kann sie durch Betätigen der Taste [F1] formatiert werden. Mit [F2] wird das gewünschte Diskettenlaufwerk, d.h. entweder A: oder B: ausgewählt. Falls ein internes Laufwerk vorhanden ist, hat es die Bezeichnung B:, sofern es nicht anders spezifiziert wurde.
- Um den Kopiervorgang zu starten, den Cursor auf die gewünschte Datei bewegen und die [Enter] Taste drücken.

Wenn die Datei nicht auf eine Diskette passt, wird sie auf mehrere Disketten kopiert. Der Rechner fordert eine neue Diskette an, wenn die vorhergehende voll ist, solange, bis die gesamte Datei kopiert ist. Alte Daten auf den Disketten werden gelöscht. Es ist wichtig, die Disketten in der richtigen Ordnung zu halten.

Zum Kopieren der Disketten auf einen anderen Rechner, wird der Restore DOS Befehl verwendet. Nähere Informationen siehe im DOS Handbuch des Auswerterechners.

## 8.6 Löschen von Messwertdateien

Durch die Speicherung von Daten auf der Festplatte des Analysators nimmt der verfügbare Speicherplatz ab. Um Probleme wegen des Mangels an Speicherplatz zu vermeiden, müssen alte Messwertdateien von der Festplatte gelöscht werden. Die verfügbare Festplattenkapazität wird im Messmenü angezeigt, siehe [Abb. 6.1](#). Der verfügbare Speicherplatz sollte mindestens einmal im Monat kontrolliert werden. Außerdem kann ein Alarm eingerichtet werden, der ausgelöst wird wenn die Festplatte fast voll ist. Siehe [Kapitel 7, Das Installationsmenü](#).

---

***Wichtig:** Es wird dringend empfohlen, immer Sicherungskopien der Original Binärdateien anzufertigen, bevor diese von der Festplatte des Analysators gelöscht werden.*

---

Das Kopieren von Dateien ist im vorherigen Abschnitt beschrieben.

Um Messwertdateien von der Festplatte zu löschen, muss die Funktion [Delete data] im Menü [Output] aufgerufen werden.

- Zunächst muss angegeben werden, ob ein [B]inärformat oder [A]sciiformat gelöscht werden soll. Nach Auswahl des Datentyps, erscheint eine Liste aller in diesem Format gespeicherten Dateien.
- Um den Löschvorgang zu starten, den Cursor auf die zu löschende Datei schieben und die [Enter] Taste drücken.
- Durch betätigen der Taste [Y] bestätigen, dass die markierte Datei gelöscht werden soll.

---

***Wichtig:*** Eine einmal gelöschte Datei kann nicht wieder hergestellt werden. Die Löschfunktion sollte daher mit äußerster Vorsicht gehandhabt werden.

---

Opsis Analysatoren brauchen, wie alle anderen Analysatoren auch, eine Kalibrierung, um sicherzustellen, dass die aufgezeigten Gaskonzentrationen richtig sind. Alle Schritte, die zur Kalibrierung der Geräte gehören, sind im Kalibrieremenü zu finden.

Dieses Kapitel beschreibt die Software hinsichtlich der Kalibrierung und darauf bezugnehmende Funktionen. Zusätzliche wichtige Informationen zur Kalibrierung finden Sie auch im QA/QC Handbuch der Opsis Analysatoren.

## 9.1 Das Hauptkalibrieremenü

Zur Anzeige des Kalibrieremenüs [F3] Calibration im Analysator Hauptmenü aufrufen.

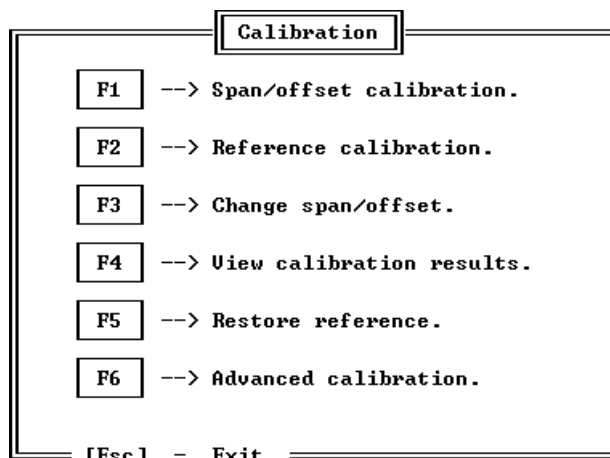


Abb. 9.1. Das Kalibrieremenü.

- F1] Span/offset calibration führt Einpunkt- oder Mehrpunktbereichs-kalibrierung für die aktiven Gase durch.
- [F2] Reference calibration startet die Referenzkalibrierung.
- [F3] Change span/offset ermöglicht die manuelle Justierung der Span- und Offsetfaktoren für die einzelnen Gase.
- [F4] View calibration results öffnet eine Textdatei, in der alle Informationen zur Kalibrierung aufgelistet sind.
- [F5] Restore reference stellt das vorherige Referenzspektrum wieder her.



- [F6] Advanced calibration umfasst u.a. die Aufzeichnung des Sauerstoffspektrums und rechnerische Korrekturen der Messergebnisse, genauso wie weitere Programmabläufe, die Messergebnisse betreffend.

[Esc] führt die Software zum Hauptmenü zurück.

Vor Aktivierung der Bereichs- oder Referenzkalibrierung sollte ein System Check durchgeführt werden. Nähere Informationen hierzu im [Kapitel 10, System Check](#).

## 9.2 Span- und Offset Kalibrierung

Bei Bereichs- und Offset Kalibrierung werden die Messwerte des Gerätes mit einer rechnerisch ermittelten, genau bekannten Konzentration verglichen. Bei einer täglichen Kontrolle genügt u.U. ein einziger Kalibrierpunkt. Eine vollständige Bereichs/Offset Kalibrierung sollte mindestens drei gleichmäßig über den Messbereich verteilte Kalibrierpunkte umfassen. Auf Grund der Ergebnisse können dann die Span- und Offsetfaktoren für die einzelnen Gase eingestellt werden.

Die Bereichs- und Offset Kalibrierungen des Opsis Analysators können entweder im normalen Messmodus oder mit den speziellen Kalibrierfunktionen des Opsis Programms durchgeführt werden. Die erste Methode ist im Hardware Handbuch ausführlich beschrieben. In diesem Abschnitt werden daher nur die Kalibriermethoden beschrieben, die auf den Opsis Kalibrierfunktionen basieren.

Die Opsis Kalibrierfunktionen unterstützen sowohl manuelle als auch automatische Bereichs- und Offset Kalibrierungen. Bei der manuellen Kalibrierung entscheidet der Bediener über die Auswahl der Strecken, Gase und Gasflaschen, die kalibriert werden sollen. Automatische Kalibrierungen können in vorgegebenen Zeitabständen durchgeführt und durch externe Signale ausgelöst werden. Vor dem Start müssen in den Calibration setup Menüs verschiedene Einstellungen vorgenommen werden. Die Setup Menüs sind in [Kapitel 7.4, Vorbereitung der Kalibrierung](#) beschrieben.

### 9.2.1 Einstellungen

Folgende Einstellungen sind vor der Kalibrierung vorzunehmen:

#### **Im Calibration path Menü (Kapitel 7.4.2)**

- Die physikalischen Parameter für mindestens eine Kalibrierstrecke müssen eingegeben werden.
- Die Einstellungen der Streckenkontrolle auf "Manual" oder "Auto" gibt an, ob die Kalibrierstrecke von Hand oder automatisch angeschlossen wird.

### Im Menü Gas cylinders/CU007 (Kapitel 7.4.1)

- Hier tragen Sie die verfügbaren Prüfgasflaschen ein und den Anschluß an den die CU004 oder CU007 Einheit, bzw. die jeweilige Gasflasche angeschlossen wird.
- Die Einstellung Man/Auto gibt an, ob die Gasflaschen bei der Kalibrierung von Hand oder automatisch angeschlossen werden.

### Im Menü Calibration mode setup (Kapitel 7.4.3)

- Es muss mindestens ein Modus für mindestens eine Kalibrierstrecke aktiv sein.

### Im Menü Calibration gas setup (Kapitel 7.4.3)

- Das zu kalibrierende Gas muss aktiviert sein.
- Die Einstellungen für die einzelnen Prüfgase müssen auf die oben beschriebenen Einstellungen im Menü Gas cylinders abgestimmt sein.
- Messdauer und –bereich für die einzelnen Gase.
- Anzahl der Messungen bei den einzelnen Konzentrationspegeln. Das Ergebnis für einen Konzentrationspegel ist jeweils der rechnerische Mittelwert der Einzelmessungen bei diesem Pegel.
- Automatische Span-/Offsetkorrektur ja oder nein.
- Maximal zulässiger Kalibrierfehler (CE).

## 9.2.2 Durchführung

1. Die Kalibrierungen werden im Kalibrieremenü durch Betätigen der Taste [F1] Span-/offset calibrations aufgerufen. Daraufhin erscheint folgendes Untermenü:

Span calibration selection	
» Calibration mode	: 1 [Daily]
active gases and calibration paths	
<input type="checkbox"/> O3,path 1	
<input type="checkbox"/> SO2,path 1	
<input type="checkbox"/> NO2,path 1	
Manual cylinder control	: No
Set calibration flag	: No
Start calibration.	

Abb. 9.2. Eröffnungsmenü der Bereichs-/Offsetkalibrierungen.

2. Den gewünschten aktiven Kalibriermodus in der ersten Zeile auswählen. In dem Feld darunter wird eine Liste der aktiven Gase angezeigt.
3. Die Gase können nacheinander durch markieren mit  $\varnothing$ , ausgewählt werden.
4. Die Einstellung Manual cylinder control kann "Yes" oder "No" sein.
  - Wird durch Eingaben von "Yes" die manuelle Steuerung aktiv, so wird der Benutzer aufgefordert, die erste Prüfgasflasche an die Zelle anzuschließen

(falls Gas cylinder control auf "Manual" steht). Als nächstes wird er aufgefordert, die Kalibrierstrecke an den Analysator anzuschließen (falls Path control auf "Manual" eingestellt ist).

- Wenn die automatische Steuerung gewählt wird, läuft die gesamte Prozedur ohne Unterbrechung ab, es ist kein Bedieneringriff erforderlich. Der Ablauf ist dann derselbe wie bei automatischen Kalibrierungen, die durch die interne Uhr oder ein externes Signal ausgelöst werden. Path control und Gas cylinder control müssen auf "Automatic" eingestellt sein.
5. Calibration flag ist ein Statussignalausgang, der normalerweise deaktiviert sein sollte.
  6. Die Ergebnisse der einzelnen Kalibrierschritte werden auf dem Bildschirm angezeigt, siehe Abbildung unten. Hierzu gehören Informationen über Konzentration, Abweichung, Lichtpegel und darüber, ob der Kalibrierfehler CE innerhalb der zulässigen Grenzen liegt. Dies geht aus den Angaben "Ok" oder "Fail" in der rechten Spalte unter Res (Ergebnis) hervor. Eine Erläuterung der entsprechenden Einstellungen ist dem [Kapitel 7.4.3, Kalibriermodi/Prüfgase](#) zu entnehmen. Alle Ergebnisse werden zusätzlich in einer Kalibrier-Textdatei abgespeichert und können mit der Funktion View calibration results angezeigt und kontrolliert werden, siehe [Kapitel 9.5, Kalibrierergebnisse](#).
  7. Die Prozedur kann durch Betätigung von [Esc] beendet werden.

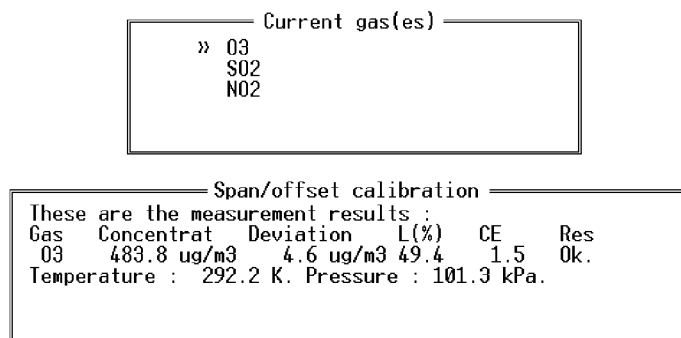


Abb. 9.3. Informationen über die Ergebnisse einer Span-/Offsetkalibrierung.

Nach erfolgreichem Abschluss einer Kalibrierung können die Ergebnisse verwendet werden, um neue Span- und Offsetfaktoren für jedes Gas und gegebenenfalls für die verschiedenen Messstrecken zu berechnen. Normalerweise sind die Faktoren für alle Strecken gleich, siehe [Abb. 9.5](#).

Die neuen Span und Offset Faktoren werden je nach Anzahl der gemessenen Konzentrationspegel auf etwas unterschiedliche Weise berechnet. Die Berechnungsmethoden für die verschiedenen Fälle werden in einem Diagramm veranschaulicht, in dem die Analysator Messwerte im Verhältnis zu den Kalibrierkonzentrationen dargestellt werden. Siehe [Abb. 9.4](#).

Der neue Span Faktor wird aus der Steigung  $k$  einer Geraden berechnet, der Offset Faktor aus dem Schnittpunkt  $b$  mit der  $y$ -Achse.

$$\text{Neuer Span} = \frac{1}{k} \quad (9.1)$$

$$\text{Neuer offset} = -b \quad (9.2)$$

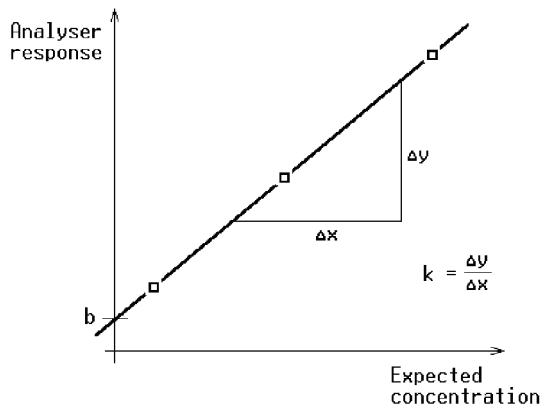


Abb. 9.4. Kalibrierdiagramm.

- Bei Kalibrierung mit einem Kalibrierpegel wird eine Gerade durch den Nullpunkt gezogen. Der Span Faktor wird aus der Steigung berechnet, während der Offset Faktor Null beträgt.
- Bei Kalibrierung mit zwei Kalibrierpegeln wird eine Gerade durch die beiden ermittelten Punkte gezogen; Span und Offset Faktoren werden nach oben stehenden Gleichungen berechnet.
- Bei Kalibrierung mit drei Kalibrierpegeln wird nach der Methode der kleinsten Quadrate eine Gerade an die drei Punkte angenähert. Die Berechnung von Span- und Offsetfaktoren erfolgt wie vorstehend beschrieben.

**Wichtig:** In die Berechnungen werden nur Kalibrierpegel einbezogen, für die das Ergebnis des Kalibrierfehlertests zufriedenstellend (Ok) war.

Die Span und Offset Faktoren können nur dann automatisch aktualisiert werden, wenn die folgenden drei Bedingungen erfüllt sind:

1. Der Modus ist entweder automatisch oder von der Tastatur aus mit automatischer Steuerung ausgestattet worden.
2. Die Funktion Adjust span/offset im Menü Calibration gas setup steht auf "Yes".
3. Alle Kalibrierfehler waren kleiner als der Max cal. error.

Die Einstellung unter Affected path in Menü Calibration path gibt vor, ob die neuen Span- und Offsetfaktoren für alle Strecken oder nur für eine Bestimmte Strecke gelten soll. Die neuen Faktoren können jederzeit über die Tastatur im Menü Change span/offset eingegeben werden. Siehe Kapitel 9.4, Manuelle Änderungen der Span- und Offsetfaktoren.

## 9.3 Referenzkalibrierung

---

*Wichtig: Referenzkalibrierung ist nicht für alle Gase möglich!*

---

Bei der Referenzkalibrierung wird ein Referenzspektrum für einen von Analysator während der Messung benutzten Wellenlängenbereich überprüft und aufgezeichnet. Die Einrichtung der Referenzkalibrierung ist in [Kapitel 7.4.4, Referenzkalibrierung](#) beschrieben.

Die Referenzkalibrierung kann vom Menü aus auf zweierlei Weise ausgeführt werden: manuell oder automatisch. Bei der manuellen Kalibrierung wählt der Benutzer Gase, Strecken und Gasflaschen frei aus. Eine automatische Kalibrierung läuft völlig ohne Bedieneingriffe ab, als wäre sie nicht vom Menü aus, sondern durch einen Zeitgeber oder ein externes Signal gestartet worden. Siehe [Kapitel 7.4.4, Referenzkalibrierung](#).

### 9.3.1 Einstellungen

Folgende Einstellungen müssen vorgenommen werden:

#### **Im Menü Calibration path (Kapitel 7.4.2)**

- Die physikalischen Parameter für mindestens eine Strecke müssen eingegeben werden.
- Durch Einstellung der Kalibrierstrecke auf die Länge der tatsächlichen Messstrecke (einer der Messstrecken) wird die Auswertung der Ergebnisse der Referenzkalibrierung erleichtert.
- Wenn keine Nullgasquelle benötigt wird z.B. weil die Referenzkalibrierung ohne Kalibrierzelle erfolgt, kann die Cell flush time auf Null gesetzt werden.
- Die Einstellungen Path control auf "Manual" oder "Auto" gibt an, ob die Kalibrierstrecke von Hand oder automatisch angeschlossen wird.

#### **Im Menü Gas cylinders/CU007 (nur bei automatischer Referenzkalibrierung nötig, Kapitel 7.4.1)**

- Der Gasanschluß der CU004/CU007, an den die Nullgasquelle angeschlossen werden soll.
- Die Einstellung Man/Auto gibt an, ob die Nullgasquelle manuell oder automatisch angeschlossen wird.

#### **Im Menü Reference calibration setup (Kapitel 7.4.4)**

- Hier müssen alle Parameter für die Gase eingestellt werden, für die eine Referenzkalibrierung erfolgen soll.

Zur Durchführung automatischer Referenzkalibrierungen müssen die Gasflaschensteuerungen für die Nullgasquelle und die Streckensteuerung auf "Automatic" gestellt werden.

---

den. Für vollautomatische Kalibrierungen ist ein ER070 oder ER080 Einheit oder der Anschluß einer separaten Kalibrierstrecke über Multiplexer erforderlich.

### 9.3.2 Durchführung

1. Die Kalibrierungen werden im Kalibriermenü durch Betätigen der Taste [F2] Reference calibration aktiviert. Daraufhin erscheint ein Eröffnungs-menü, das ähnlich aufgebaut ist wie das in Abb. 9.2 dargestellte.
2. Die Einstellung Calibrate all gases kann "Yes" oder "No" lauten.
  - Wenn die Einstellung "Yes" lautet, wird für alle Gase eine neue Referenz aufgezeichnet, folglich werden alle in den Setup Menüs eingetragenen Bedingungen außer Kraft gesetzt.
  - Wenn die Einstellung "No" lautet, erscheint im nächsten Feld eine Liste der aktiven Gase. Indem man den Cursor auf das Gas bewegt und [Enter] drückt kann man seine Auswahl treffen.
3. Die Einstellung Manual cylinder control kann "Yes" oder "No" sein.
  - Wird durch Eingabe von "Yes" die Funktion Manual control aktiviert, so wird der Bediener aufgefordert, die Nullgasquelle an die Kalibriereinheit anzuschließen. Als nächstes wird er aufgefordert, die Kalibrierstrecke an den Analysator anzuschließen. Vor jedem Schritt erscheint die Aufforderung und die Meldung Press any key or [Esc] to quit (beliebige Taste drücken oder mit [Esc] beenden). Bei manueller Steuerung kann der Bediener den Analysator zwingen, eine neue Referenz einzurichten.
  - Wenn "No" eingegeben wird, läuft die gesamte Prozedur ohne Unterbrechung ab; es ist kein Bedienereingriff erforderlich. Hierfür müssen Path control und Gas cylinder controls auf "Automatic" gestellt sein.

Calibration flag ist ein Statussignalausgang, der normalerweise deaktiviert sein sollte.

#### **Eine Referenzkalibrierung wird in folgenden Schritten durchgeführt:**

1. Die erste Aufzeichnung wird mit dem bisherigen Referenzspektrum verglichen.
  - Falls Konzentration und Abweichung über dem festgelegten Schwellenwert liegen, lautet das Ergebnis Fail (fehlgeschlagen) und die Prozedur wird beendet. In diesem Falle sollten Nullgasquelle, Kalibrierlichtquelle etc. auf mögliche Fehlerursachen überprüft werden.
  - Falls Konzentration und Abweichung unter den Grenzwerten für eine neue Referenz liegen, lautet das Ergebnis "Ok". Die Prozedur wird beendet, da keine neue Referenz benötigt wird.
  - Wenn die Konzentrations- und Abweichungswerte zwischen den Grenzwerten für die neue Referenz (New ref limit) und den Schwellenwerten (Threshold) liegen, lautet das Ergebnis "New" und es erfolgt eine zweite Aufzeichnung.

2. Die neue Aufzeichnung wird mit der Ersten verglichen. Sind die neuen Konzentrations- und Abweichungswerte unter den **New ref. limits**, lautet das Ergebnis "Ok" und die zweite Aufzeichnung wird als neue Referenz abgespeichert. Wenn die neuen Werte über den **New ref. limit** liegen, ist das Ergebnis "New", und eine neue Referenz-Kalibrierung wird durchgeführt. Die Anzahl der Max. Wiederholungen (Max. repetitions) bestimmt die gesamte Anzahl der Versuche.
3. Falls keine der neuen Referenzen ausreichend ist, wird das Verfahren abgebrochen und die originale Referenz benutzt.

Die Ergebnisse aller Schritte der Referenz-Kalibrierung werden am Bildschirm angezeigt. Die Ergebnisse beinhalten Informationen über Konzentration, Abweichung, Light Level und darüber, ob die neue Referenz akzeptiert worden ist oder nicht. Alle Ergebnisse können unter der Funktion View calibration results angesehen werden. Siehe auch Durchführung auf [Kapitel 9.5, Kalibrierergebnisse](#).

## 9.4 Manuelle Änderungen der Span- und Offsetfaktoren

Die Gaskalibrierung liefert als Ergebnis Span- und Offsetfaktoren für die einzelnen Gase, die zur Korrektur der vom Analysator ermittelten primären Messwerte dienen. Für ein Gas auf einer Messstrecke gibt es jeweils einen Span- und einen Offsetfaktor. Bevor die Gaskonzentration auf dem Bildschirm angezeigt und auf der Festplatte gespeichert werden, werden sie mit dem Spanfaktor multipliziert, dann wird der Offsetfaktor hinzuaddiert.

Die Faktoren können durch Betätigung von [F3] Change span/offset im Menü Calibration procedures angezeigt und geändert werden. Die Span- und Offsetfaktoren können auch automatisch justiert werden, siehe [Kapitel 7.4.3, Kalibriermodi/Prüfgase](#) and [Kapitel 9.2, Span- und Offset Kalibrierung](#).

Span/offset change											
Name	BEN µg/m³		O3 µg/m³		SO2 µg/m³		FOR µg/m³		NO2 µg/m³		
Unit	Span	Offset	Span	Offset	Span	Offset	Span	Offset	Span	Offset	
1	1.00	0.00	0.98	0.00	0.99	0.00	1.00	0.00	0.96	2.50	
2	1.00	0.00	1.01	0.00	1.00	1.50	1.00	0.00	0.97	1.50	

Abb. 9.5. Das Menü zur Änderung der Span- und Offsetfaktoren.

Der Cursor wird mit den Pfeiltasten bewegt. Dann auf den zu ändernden Wert richten und [Enter] drücken und den neuen Wert eingeben.

**Wichtig:** Der Spanfaktor hat keine Einheit, während der Offsetfaktor in der Einheit angegeben wird, wie er im Menü Measurement time setup eingetragen ist ([Kapitel 7.3.4, Messdauer](#)).

## 9.5 Kalibrierergebnisse

Alle Kalibrierergebnisse werden in einer Textdatei abgespeichert, die durch Betätigung der Taste [F4] View calibration results auf dem Bildschirm angezeigt wird.

```

      Calibration results
Start logg time : 1999-06-11 00:01
AUTOMATIC REF. CALIBRATION
NO      12.4 ug/m3   -1.7 ug/m3 43.6 Fail.
Temperature : 293.1 K. Pressure : 101.3 kPa.
Values too high - not zero air, setup or hardware error.
O3      -4.2 ug/m3   -1.2 ug/m3 55.9 New.
Temperature : 293.1 K. Pressure : 101.3 kPa.
New reference on trial.
O3      0.6 ug/m3    0.5 ug/m3 55.9 Ok.
Temperature : 293.1 K. Pressure : 101.3 kPa.
New reference registered.
Stop logg time : 1999-06-11 00:09
  
```

[PgUp]/[PgDn] - turn page, [Esc] - Exit

Abb. 9.6. Alle Kalibrierergebnisse werden in einer Textdatei aufgelistet.

Die Informationen sind dieselben, die während der einzelnen Phasen der Kalibrierung am Bildschirm angezeigt werden. Um die Informationen anzeigen zu lassen, muss ein Startdatum eingegeben werden. Wenn für den angegebenen Tag mehr Informationen vorliegen, als auf den Bildschirm passen, können diese durch Drücken von [Bild nach oben] und [Bild nach unten] angezeigt werden.

Zur Rückkehr ins Kalibrieremenü die [Esc] Taste drücken.

## 9.6 Referenz wiederherstellen

**Wichtig:** Referenzkalibrierung ist nicht für alle Gase möglich.

Bei Durchführung einer Referenzkalibrierung wird das derzeit aktive Spektrum mit dem neu Aufgezeichneten verglichen. Auf Grund vorher definierter Bedingungen entscheidet der Analysator, ob das neue Spektrum besser geeignet ist als das Alte.

Während der manuellen Referenzkalibrierung ist es grundsätzlich immer möglich, die Übernahme einer neuen Referenz zu erzwingen. Dies kann z.B. notwendig sein, wenn die Bedingungen nicht richtig eingestellt sind oder wenn das aktive Referenzspektrum mangelhaft ist. Hierdurch wird jedoch auch das Risiko erhöht, ein mangelhaftes Spektrum aufzuzeichnen.

Ein mangelhaftes Spektrum kommt durch Auswertefehler zustande, die sich in negativen Abweichungen äußern. Siehe [Kapitel 6, Messungen](#). Hat der Analysator ein schlechtes



Spektrum akzeptiert, sollte eine neue Referenz aufgezeichnet werden. In vielen Fällen wäre es jedoch sicherer, das vorherige Spektrum wiederherzustellen, bevor ein Neues aufgezeichnet wird. Dann kann die übliche Vergleichsmethode angewandt werden, um festzustellen, ob das neue Spektrum akzeptabel ist oder nicht.

Eine alte Referenz wiederherzustellen, bedingt die Öffnung des [F5] Restore reference im Kalibrieremenü.

Restore reference			
Replaces the active reference spectrum with either the previous or the first spectrum. The dates and times will be changed accordingly.			
Gases	Active ref	Previous ref	First ref
» NO	980317 12:24	-	-
NH3	980317 12:24	-	-
TOL	990215 12:41	990215 12:39	-
BEN	990215 12:41	990215 12:39	-
O3	990511 15:19	990511 15:19	990511 15:19
SO2	990511 14:09	990511 14:09	990511 14:09
FOR	960911 08:24	-	-
NO2	980615 13:41	980317 12:14	-
Use the arrow keys to select spectral range and press [Enter], or press [Esc] to quit.			

Abb. 9.7. Auswahl der wiederherzustellenden Referenz.

Im Fenster werden alle Gase aufgelistet, für die der Analysator kalibriert ist. Jede Reihe entspricht einer Gruppe, d.h. ein oder mehrere parallel gemessene und ausgewertete Gase. Da es für jede Gruppe nur ein Referenzspektrum gibt, wird die Referenz für alle Gase einer Gruppe gleichzeitig geändert.

- Mit den Pfeiltasten die Gruppe auswählen, deren Referenz wiederhergestellt werden soll, und die [Enter] Taste drücken.
- Auswählen, ob die Vorherige [P] oder die erste [F] Referenz wiederhergestellt werden soll. Die erste Referenz ist die bei der Herstellung des Gerätes aufgezeichnete Referenz.
- Um Fehler zu vermeiden, fragt der Analysator "Are you sure?" (sind sie sicher). Bevor er ein Spektrum überschreibt. Mit [Y] oder [N] antworten. Die Entscheidung ist endgültig, d.h. sie kann nicht rückgängig gemacht werden.

## 9.7 Das erweiterte Kalibrieremenü

**Wichtig:** Stellen Sie sicher, dass Sie die verschiedenen Prozeduren in diesem Menü verstehen, bevor Sie sie anwenden. Falscher Gebrauch kann in Fehlfunktion des Analysators und kompletten Verlust der Kalibrierung enden.

Das Advanced calibration Menü wird im Calibration Menü aufgerufen und durch Drücken von [F6] geöffnet. Das Menü kann passwortgeschützt werden.

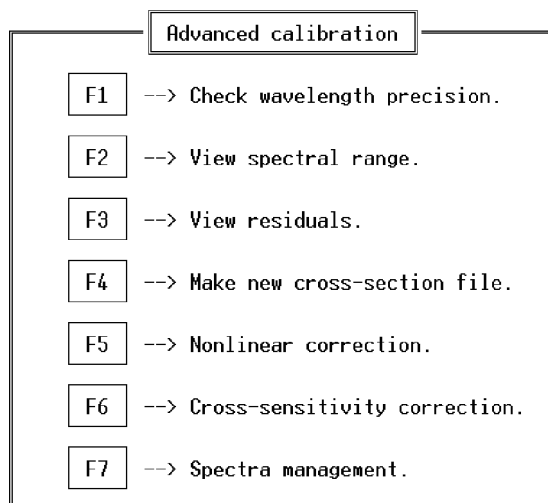


Abb. 9.8. Das erweiterte Kalibrieremenü.

- [F1] Check wavelength precision dient zur Überprüfung der Wellenlängeneinstellung des Analysators. Hierzu wird die Quecksilberlampe CA004 benötigt.
- [F2] View spectral range zeigt das Lichtquellenspektrum auf den Bildschirm.
- [F3] View residuals startet die Neuberechnung der aktiven Komponenten. Diese Funktion wird zur Überprüfung der Ergebnisse nach Aufzeichnung einer neuen Referenz gebraucht.
- [F4] Make a cross-section file dient dazu, ein neues Sauerstoffspektrum aufzuzeichnen. Sauerstoff kann bei Messung bestimmter Komponenten in der Umgebungsluft als Störfaktor wirken.
- [F5] Nonlinear correction gibt die Möglichkeit ein nicht-lineares Ansprechverhalten am oberen Ende des Messbereichs zu kompensieren.
- [F6] Cross-sensitivity correction ist eine zusätzliche Funktion zur Korrektur der Querempfindlichkeit zwischen Gasen, speziell dann wenn ein Gas in sehr hoher Konzentration vorhanden ist.
- [F7] Spectra management aktiviert die kontinuierliche Speicherung von Spektren und deren Darstellung.

[Esc] bringt Sie zum vorherigen Menü.

## 9.7.1 Überprüfen der Wellenlängengenauigkeit

***Wichtig:** Dieses Menü steht nur den UV-DOAS-Geräten zur Verfügung.*

Die genaue Einstellung eines Gitters in einem Wellenlängenfenster geschieht in drei Schritten (vorausgesetzt es ist kein feststehendes Gitter).

- Rücksetzen: Das Gitter führt fast eine vollständige Umdrehung aus. Die Funktion wird durch die Parameter 1 und 2 im System Check überprüft.
- Rücksetzen Schritt 2: Das Gitter wird so eingestellt, dass die nullte Ordnung der Interferenz (das reflektierte Bild) auf das Detektorsystem zentriert ist. Der Spitzenwert sollte im Kanal  $500 \pm 50$  Kanäle liegen. Die Parameter 3, 4 und 5 im System Check liefern Angaben über diese Funktion. Sie kann auch im Untermenü View spectral range (Spektralbereich anzeigen) kontrolliert werden.
- Einstellung: Das Gitter wird nun in die Position bewegt, an der die Messungen beginnen. Ein Wellenlängen Fenster mit einer Breite von üblicherweise 40 nm wird auf den Detektor projiziert; die Genauigkeit sollte besser als  $\pm 10$  Kanäle betragen. Dies kann mit Hilfe der Funktion Check wavelength precision kontrolliert werden.

Bei der Herstellung des Gerätes wurde für fast alle Messkomponenten ein Quecksilberspektrum aufgezeichnet. Die Genauigkeit der Gittereinstellung kann nun kontrolliert werden, indem ein neues Quecksilberspektrum aufgenommen und die Überdeckung der Quecksilberspitzenwerte mit dem alten Spektrum verglichen wird. Hierzu wird eine Opsis Quecksilberlampe CA004 benötigt.

Check wavelength precision		
The "Check wavelength precision" function is a way to control the accuracy of the instruments ability to set the proper wavelength. Insert light from CA004 (Mercury lamp) and pick range(s).		
Gases	Range	Mercury ref
[ ] NO	1	No
[ ] NH3	1	No
[ ] TOL	2	Yes
[ ] BEN	2	Yes
[ ] O3	3	Yes
» [X] SO2	4	Yes
[ ] FOR	5	Yes
[ ] NO2	6	Yes
[ ]		
[ ]		
[ ]		

Use the arrow keys and press [+], [-] or [Space] to select. Press [Enter] to start the check, [A] to perform a manual adjustment, or [Esc] to quit.

Abb. 9.9. Das Menü Kontrolle der Wellenlängengenauigkeit.

Mehrere Komponenten können in einem Bereich angezeigt werden. Sie werden dann auch im gleichen Wellenlängenfenster ausgewertet und benutzen auch das gleiche Quecksilberspektrum. Die Komponenten werden mit [+], [-] und [Space] ausgewählt. Es können nur die Komponenten überprüft werden, für die ein Quecksilberreferenzspektrum vorliegt. Dies wird durch ein "Yes" in der letzten Spalte angezeigt.

Vor Beginn der Messung sollte die Messzeit eingegeben werden. 30 Sekunden sind normalerweise ausreichend.

Durch Betätigen der Taste [A] kann eine manuelle Justierung der Wellenlängen Einstellung vorgenommen werden.

## Durchführung

Es wird folgendermaßen verfahren:

1. Das CA004 Anschlußkabel an die Multiplexer Schnittstelle des Analysators anschließen.
2. Verbinden Sie das Glasfaserkabel (max 5 m) der CA004 an den Analysator.
3. Schalten sie die CA004 ein, indem Sie den schwarzen Schalter auf der Aluminiumbox so lange gedrückt halten, bis die grüne Diode aufleuchtet.
4. Wählen Sie die zu prüfenden Komponenten und die Messzeit aus. Bestätigen Sie mit [Enter].

Wenn die Aufzeichnung des Quecksilberspektrums abgeschlossen ist, wird das Ergebnis dargestellt. Zuerst erscheint ein Diagramm, indem das ursprüngliche Spektrum zusammen mit dem soeben Aufgezeichneten angezeigt wird. Nach Betätigen der [Esc] Taste wird die Kanalverschiebung zusammen mit einem Genauigkeitsfaktor berechnet. Der Genauigkeitsfaktor ist die Korrelation zwischen den beiden Spektren innerhalb eines Intervalls von  $\pm 50$  Kanälen. Der Faktor kann zwischen Null und Eins liegen und wird in % angegeben. Normalerweise beträgt die Genauigkeit 90 % und mehr.

Die Kanalverschiebung darf nicht mehr als  $\pm 10$  Kanäle betragen. Andern-falls ergibt die Messung und Auswertung der Komponente eine negative Abweichung. Allerdings kann die Verschiebung erforderlichenfalls korrigiert werden. Eine solche Korrektur sollte durchgeführt werden, wenn die Verschiebung mehr als 5 Kanäle beträgt. Sie ist nur dann möglich, wenn die Verschiebung nicht mehr als 50 Kanäle beträgt und wenn die Genauigkeit über 50 % ist.

- wird eine Korrektur gewünscht, dann drücken Sie [Y]. Andernfalls drücken Sie [N] oder [Enter].
- Die Wellenlängen Überprüfung muss nach jeder Justierung wiederholt werden.

[F1]	[F2]	[F3]	[Esc]
New	New	Print	Exit
start	stop	screen	

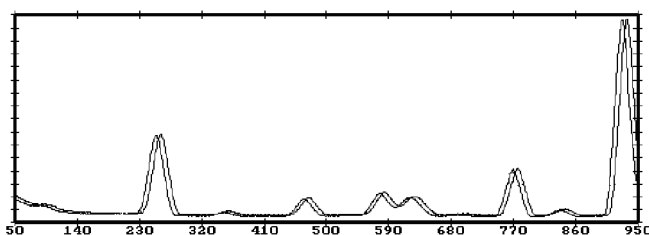


Abb. 9.10. Überprüfung der Gitterposition für Ozon mit Hilfe des Quecksilberspektrums. Mit den Tasten [F1] und [F2] können neue Start- und Stopkanäle ausgewählt werden. Mit der Taste [F3] kann ein Ausdruck angefordert werden.

## 9.7.2 Spektralbereich anzeigen

Diese Untermenü umfasst zwei Funktionen:

1. Überprüfung der nullten Ordnung (für alle Gase gleich, nur für UV-DOAS)

- Überprüfung des Lampenspektrums eines aktiven Gases für eine ausgewählte Messstrecke.

Zur Durchführung der Funktion `View spectral range` kann eine beliebige Lichtquelle benutzt werden. Eine Aufzeichnungszeit von 30 Sekunden ist ausreichend. Um ein ausgewähltes Spektrum zu betrachten, kann eine beliebige Taste betätigt werden. Um die nullte Ordnung zu betrachten, muss die Taste `[Z]` betätigt werden.

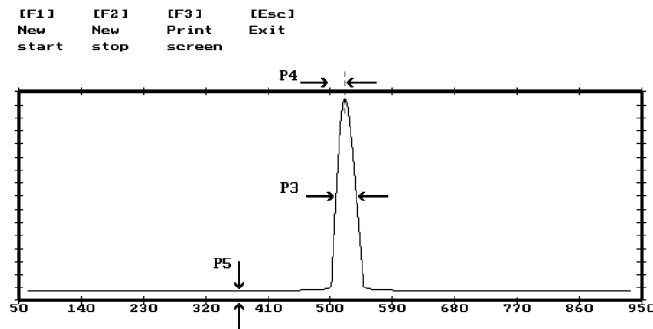


Abb. 9.11. Überprüfung der nullten Ordnung. Ein Vergleich mit dem System Check ist möglich (P3, P4 und P5 in diesem Diagramm).

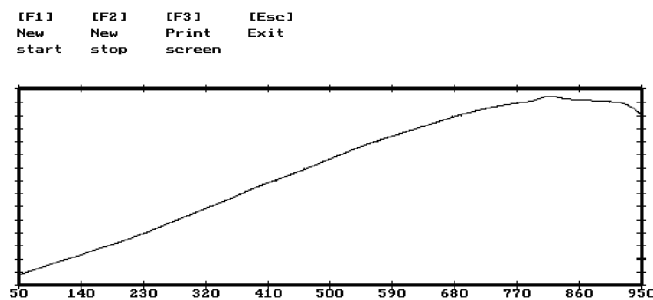


Abb. 9.12. Aufzeichnung des Lampenspektrums in dem Wellenlängenfenster, in dem Ozon gemessen wird.

Das Lampenspektrum eines bestimmten Gases sollte immer gleich aussehen. Es können jedoch kleine Unterschiede in der Steigung festgestellt werden, besonders wenn im Fenster für NO und NH<sub>3</sub> der falsche Typ einer Lampe oder des Glasfaserkabels benutzt wird.

### 9.7.3 Auswertung der letzten gespeicherten Spektren

Die letzten zehn Spektren von jedem Pfad und jeder Strecke werden in einem Buffer gespeichert. Die Spektren der Kalibrierung werden ebenso gespeichert. Diese Spektren können unter der Funktion `View residuals` wiederhergestellt und neu berechnet werden. Diese Funktion wird wichtig wenn man z.B.: das Ergebnis einer Referenzkalibrierung überprüfen will.

Nach dem Aufrufen von View residuals suchen Sie das wiederherzustellende Gas aus. Verwenden Sie die Tasten [+], [-] oder [Space]. Nach [Enter] oder [M] wird das Messspektrum angezeigt und mit [C] das Kalibrierspektrum.

Die letzten zehn Messungen der ausgewählten Komponente werden am Bildschirm aufgelistet. Falls Ergebnisse von mehr als einem Pfad existieren, kann der Pfad mit den [←] und [→] Tasten gewechselt werden. Mit den [↑] und [↓] Tasten wählt man die Messung aus und drückt [Enter].

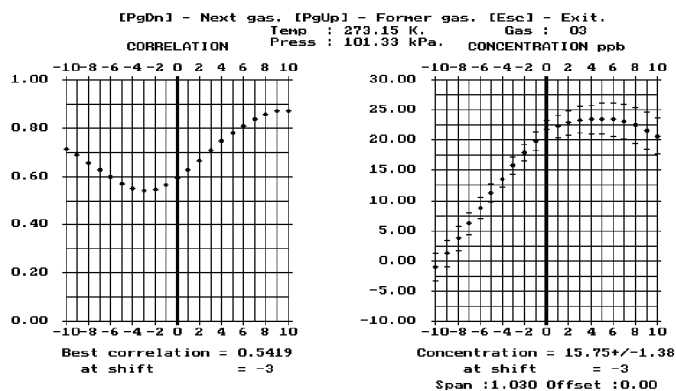


Abb. 9.13. Graphische Darstellung der Kalkulationen. Mit [Esc] werden die Ergebnisse numerisch dargestellt. [P] ist zum Ausdruck. Für IR-DOAS allerdings nicht verfügbar.

Die Korrelation wird durch den Vergleich des gewählten Spektrums mit dem des aufgezeichneten Spektrums kalkuliert. Der dargestellte Korrelationsfaktor  $p$  hat sein Minimum an der Stelle der besten Übereinstimmung der Spektren. Die Ergebnisse werden 21 mal kalkuliert, für jeden Kanal einmal in einem Intervall von  $\pm 10$  Kanälen. Im linken Diagramm ist der Korrelationsfaktor  $p$  als Funktion der Verschiebung dargestellt. Das rechte Diagramm zeigt die verschiedenen Konzentrationen zusammen mit der Standardabweichung, die Fehlerbalken für jeden Wert.

- Die Korrelationskurve links hat nur dann ein deutliches Minimum, wenn eine Gaskonzentration vorhanden ist. Die Kanalverschiebung in diesem Minimum ist ein Maß für die genaue Einrichtung des Gitters. Je genauer zentriert, desto besser.
- Bei der Messung von Nullgas sollte die Korrelationskurve so flach wie möglich und so nah wie möglich an den Wert 1 kommen.
- Wird kein Minimum gefunden, ist die Kurve eine kontinuierliche Steigung, die Auswertung wird fehlschlagen, was zu einer negativen Standardabweichung führt.

## 9.7.4 Erstellen einer Querschnittsdatei

*Wichtig: Diese Funktion ist nur für die UV-DOAS-Geräte verfügbar und ist hauptsächlich zur Messung von Umgebungsluftqualität gedacht.*

Im dem Wellenlängenfenster, in dem die meisten Kohlenwasserstoffe ausgewertet werden, ist Sauerstoff der größte Störfaktor. Sauerstoff liegt in einer Konzentration von ca. 21 %

vor und der Grad der Lichtabsorption hängt nur von der Pfadlänge ab. Die Sauerstoffabsorption ist jedoch um ein vielfaches höher, als die der zu messenden Komponenten. Es ist also notwendig das Sauerstoffspektrum in der Auswertung so nah wie möglich an das in der Messstrecke anzupassen.

Mit der Funktion **Make new cross section file** kann für jede Messstrecke ein Sauerstoffspektrum aufgezeichnet werden, um so die Auswertung der Kohlenwasserstoffe zu optimieren.

### **Ausrüstung**

Hierzu wird folgende Ausrüstung gebraucht:

- Ein für Kohlenwasserstoffe kalibrierter Analysator
- Eine Messstrecke, für die das Sauerstoffspektrum aufgezeichnet werden soll. Wenn im Sender eine ozonproduzierende Lampe ist, muss der Sender mit einem Ventilator ausgerüstet werden.
- Eine Kalibriereinrichtung CB100, siehe Im Kapitel für Referenzkalibrierung im QAQC Handbuch.
- Eine Quecksilberlampe CA004.

### **Durchführung**

Die Aufzeichnung der Querempfindlichkeit erfolgt in drei Schritten:

1. Zuerst wird ein Spektrum der Atmosphäre aufgezeichnet. Dabei ist es wichtig, einen Tag zu wählen, an dem die Schadstoffkonzentration in der Luft möglichst niedrig ist, um die Verschiebung (offset) durch Schadstoffe gering zu halten.
2. Zweitens muss ein Referenzspektrum aufgezeichnet werden, damit die differenzielle Absorption berechnet werden kann.
3. Als Drittes muss die Verschiebung des Spektrums ermittelt werden, die erforderlich ist, um eine Überlappung mit den ursprünglichen Kalibrierspektren zu erreichen. Dazu ist ein Quecksilberspektrum aufzunehmen. Das endgültige Sauerstoffspektrum ist dann perfekt an die Messstrecke angepasst, auf der es aufgezeichnet worden ist. Wenn keine CA 004 Lampe zur Verfügung steht, kann die Anpassung auch in Bezug auf das vorige Sauerstoffspektrum erfolgen.

Dieser Vorgang kann für alle an die Messstation angeschlossenen Strecken wiederholt werden.

Die Sauerstoffspektren werden im OPSIS Verzeichnis als Dateien mit der Endung .App abgespeichert, wobei "pp" die Streckennummer ist. Ist eine Bestimmte .App Datei bei der Auswertung nicht zu finden, wird statt dessen das ursprüngliche von Opsis aufgenommene Sauerstoffspektrum verwendet. Diese Datei hat die Endung .AIR. Die .App Dateien könnten also gelöscht werden, ohne dass die Auswertung zerstört wird (trotzdem sollte dies nur unter größter Vorsicht geschehen).

Make new cross-section file		
The "Make new cross-section file" function is a way to adapt a major interference to a specific measure path length. This can only be done if the option is valid.		
Gases	Valid	Mercury ref
[ ] NO	No	No
[ ] NH3	No	No
[ ] TOL	Yes	No
» [X] BEN	Yes	No
[ ] O3	No	No
[ ] SO2	No	No
[ ] FOR	No	No
[ ] NO2	No	No
[ ]		
[ ]		
[ ]		
Use the arrow keys and press [+],[−] or [Space] to select. Press [Enter] to start or [Esc] to quit.		

Abb. 9.14. Sauerstoffspektren können nur aufgezeichnet werden, wenn die Option dazu freigegeben ist.

### 9.7.4.1 Durchführung

1. Sender, Empfänger und ggf. Multiplexer auf optimales Licht einstellen. Je besser der Lichtpegel, desto besser werden die Ergebnisse.
  2. Einen System Check durchführen und die Wellenlängengenauigkeit mit der Quecksilberlampe überprüfen, um sicherzustellen dass der Analysator einwandfrei arbeitet.
  3. Die Kalibrierlichtquelle vorbereiten. Der Lichtpunkt vom Kabelende muss gleichmäßig sein, der Lichtpegel sollte im Bereich von 60 % bis 70 % liegen. Mit dem Analysator im automatischen Messmodus überprüfen und das Licht durch Einstellen der Kalibriereinheit justieren.
  4. Die Komponente aktivieren und die Messdauer auf mindestens 5 Minuten einstellen.
  5. Licht von der aktuellen Messstrecke einleiten und die Streckennummer eintragen, die für diese Strecke im Menü Install station definiert ist.
- Die Aufzeichnung aktivieren. Nach Fertigstellung das Empfängerkabel an die CB100 anschließen, so dass das selbe Kabel verwendet wird, wie zur Messung auf offener Strecke. Das Referenzspektrum aufzeichnen.
  - Zuletzt wird noch das Spektrum der CA004 Lampe aufgezeichnet. Eine Aufzeichnungszeit von 30 Sekunden ist ausreichend.

Das Ergebnis durch Messung auf der Messstrecke überprüfen. Die Abweichung der Kohlenwasserstoffe sollte im Vergleich zur ursprünglichen Auswertung deutlich verbessert sein; die Konzentrationen sollten sich in derselben Größenordnung bewegen wie die Abweichungen. Abschließend ist eine Offset Justierung notwendig, da die Kohlenwasserstoffpegel, die bei Aufzeichnung des Sauerstoffspektrums vorlagen, in die Sauerstoffkorrektur mit einbezogen sind.



---

***Wichtig:** Sauerstoffquerempfindlichkeiten in Kohlenwasserstoff Gasmessungen ist auch in dem Opsis Handbuch zur Qualitätssicherung bei Umgebungsluftmessungen (QAQC) weiter ausgeführt.*

---

## 9.7.5 Korrektur für nicht-lineares Analysatorverhalten

Bei bestimmten Anwendungen, z.B. bei Einrichtung sehr langer Messstrecken, ist die Analysatorcharakteristik am oberen Ende des Messbereichs nicht vollkommen linear. Dies zeigt sich bei Durchführung einer Mehrpunkt Gaskalibrierung unter Verwendung von Prüfgasen höherer Konzentration und/oder längerer Kalibrierzellen.

Das nicht-lineare Ansprechverhalten kann durch Anpassung eines Polynoms zweiten Grades in der Auswertung kompensiert werden. Das Polynom wird vom Analysator auf Grund der Ergebnisse einer Mehrpunkt Messspannenkalibrierung festgelegt. Hierzu sind im Menü Non-linear correction die rechnerisch ermittelte Konzentration und der Analysator Messwert für mindestens drei Kalibrierpunkte einzugeben.

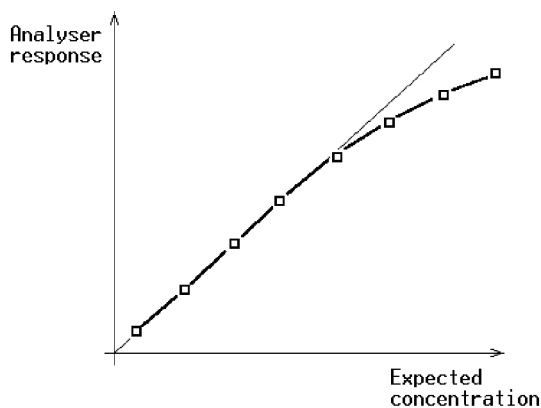


Abb. 9.15. Nicht-linearitäts-Korrekturen kompensieren bei hohen Konzentrationen die Analysatorcharakteristik.

### Durchführung

- Siehe Kapitel 4 im QAQC Handbuch, um eine möglichst genaue Messspannenkalibrierung mit mindestens drei Kalibrierpunkten durchzuführen. Es ist darauf zu achten, dass die Punkte den gesamten Messbereich abdecken, aber nicht außerhalb liegen.
- Das Menü Non-linear correction aufrufen und das gefragte Gas aktivieren. Für jeden Kalibrierpunkt den Analysatormesswert und die rechnerische Konzentration eingeben.
- Wiederholen Sie die Messspannenkalibrierung, um die Analysatormesswerte zu überprüfen.

Correction for SO2		
No. of calibration points (3..5): 5		
pair No.	measured	expected (µg/m³)
1	0.000	0.000
2	47.3	47.4
3	94.5	94.7
4	148.4	149.9
5	212.8	216.1
Calibr. path length (m) :420		

Abb. 9.16. Beispiel für die Dateneingabe einer Linearitätskorrektur.

Non-linear correction procedures						
The non-linear correction is applied as a polynomial according to $C[\text{corr}] \cdot L = X + Y \cdot C[\text{meas}] \cdot L + Z \cdot (C[\text{meas}] \cdot L)^2$ X, Y and Z are determined by entering measured and expected concentrations from linearity calibrations (3-5 levels), L is the path length.						
gas	unit	active	X	Y	Z	page 1
NO	µg/m³	no				
NH3	µg/m³	no				
TOL	µg/m³	no				
BEN	µg/m³	no				
O3	µg/m³	no				
» SO2	µg/m³	yes	10.4282	0.9944	0.00000024	
FOR	µg/m³	no				
NO2	µg/m³	no				
Press [PgUp]/[PgDn] to change page, [↑][↓] to select gas, [Enter] to change the non-linearity parameters. Press [Esc] to exit.						

Abb. 9.17. Die Korrektur mit Polynom Koeffizienten.

## 9.7.6 Querempfindlichkeit

Eine Querempfindlichkeit tritt auf, wenn die Konzentration eines Gases die aufgezeichnete Konzentration eines anderen Gases verändert. Dies kann bei einigen Kombinationen der Gase vorkommen, wenn das Opsi Gerät jenseits der normalen, in den Spezifikationen definierten, Grenzen arbeitet. Falls eine Querempfindlichkeit auftritt, ist es meist möglich sie zu kompensieren.

### 9.7.6.1 Welche Gase zeigen Querempfindlichkeiten?

*Kontinuierliche Emissionsmessung und Prozesskontrolle (CEM):* Bei Messung von Stickoxiden (NO); hier ist für die Schwefeldioxid Konzentration eine obere Grenze festgelegt. Wird dieser Wert überschritten, so beeinflusst die Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) Konzentration die Stickoxid (NO) Messung.

*Luftqualitätsmessung (AQM):* Bei Messung von zyklischen Kohlenwasserstoffen, wie Benzol oder Toluol, auf Messstrecken mit Längen deutlich über dem Maximum von 800

Metern, können hohe Ozonkonzentrationen die Erfassung der Kohlenwasserstoffe beeinflussen.

Andere Situationen, in denen Querempfindlichkeiten auftreten sind vorstellbar, allerdings kommen in fast allen Fällen die beiden oben erwähnten Beispiele vor.

### **9.7.6.2 Wie groß ist der Fehler?**

Der herbeigeführte Fehler ist von der Pfadlänge und der Gaskonzentration abhängig. Im Falle der Umgebungsluftmessung, solange die Pfadlänge innerhalb der Grenze liegt und die Ozonkonzentration nur wenige Hundert  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt, wird die Querempfindlichkeit nur ein paar  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ausmachen und somit im Bereich der normalen Genauigkeit des Gerätes liegen. Wie auch immer, bei Pfadlängen über einem Kilometer wurden schon Fehler von einigen Zehn  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erfasst. Im Falle der CEM Messung hat der Fehler ungefähr die gleiche Größe.

### **9.7.6.3 Was ist die Lösung?**

Bei AQM Messungen hat Ozon einige Absorptionsmerkmale im Wellenlängenfenster, in dem zyklische Kohlenwasserstoffe gemessen werden, die einen Grund zur Querempfindlichkeit geben. Die Ozonkonzentration kann auf Grund eines Spektrums in einem anderen Wellenlängenfenster ausgewertet werden. Unter Verwendung dieser Ozonkonzentration kann die Konzentration der Kohlenwasserstoffe in dem Wellenlängenfenster, in dem Querempfindlichkeit auftreten könnte, korrigiert werden. Auf gleiche Weise ist es bei CEM Messungen möglich die NO Aufzeichnungen, basierend auf  $\text{SO}_2$ , zu korrigieren.

### **9.7.6.4 Anforderungen**

Eine potentielle Querempfindlichkeit kann durch Addition einer bekannten Konzentration des störenden Gases mit der bekannten Konzentration des Messgases überprüft werden. Dies kann entweder auf der normalen Messstrecke geschehen indem man das störende Gas in einer CC110 oder CC150 Zelle addiert, oder auf einer Kalibrierbank mit Zellen bekannter Konzentration des Messgases und des störenden Gases.

Hardware Anforderungen und Anweisungen für diese Messung finden Sie im QA/QC Handbuch für Luftqualitätsmessung unter Kapitel 4.

Um die Querempfindlichkeit zu prüfen, müssen wenigstens drei Bedingungen erfüllt sein:

1. Referenzkalibrierung, Sauerstoffhintergrund Aufzeichnung (AQM), etc. müssen korrekt, entsprechend den oben erwähnten Handbüchern, durchgeführt sein.
2. Wird eine "add-on" Zelle verwendet, soll, zur Zeit der Querempfindlichkeitsüberprüfung, das interferierende Gas in so kleinen Mengen wie möglich vorhanden sein.
3. Bei der "add-on" Messung (AQM) müssen stabile meteorologische Bedingungen herrschen, mit einer möglichst geringen Veränderung der Ozon- und Kohlenwasserstoffwerte.

### 9.7.6.5 Durchführung

Die Software Programmabläufe machen es möglich, eine wirkliche zweidimensionale Darstellung des Verhältnisses zwischen zwei in unterschiedlichen Konzentrationen vorhandenen Gasen, darzustellen. Das ist die eigentliche Anwendung, aber manchmal ist es in der Praxis nur möglich, die Konzentration des störenden Gases zu ändern.

- Eine zweidimensionale Darstellung wird erstellt, indem man eine Kalibrierbank mit zwei verschiedenen Zellen bekannter Gaskonzentrationen nimmt. Siehe auch Kapitel 9.7.6.7, Beispiel 1: SO<sub>2</sub>/NO.
- Bei AQM Messung wird eine "add-on" Zelle benutzt. Man kann hier nicht die Untergrundkonzentration der Kohlenwasserstoffe verändern (wenn nicht ein spezielles Arrangement mit zwei "add-on" Zellen CC110/CC 150 benutzt wird). Die Ozonkonzentration kann gesteigert werden, z.B. durch Zuführen von Ozon in die Zelle. Der Querempfindlichkeits Test wird als Offset Justierungs Test durchgeführt. Das erfordert einen speziellen Umgang mit den Messdaten, die in den Analysator eingegeben werden. Dieser Fall ist in Kapitel 9.7.6.8, Beispiel 2: Ozon/Benzol beschrieben.

Bitte lesen Sie erst die beiden Beispiel unten, um zu sehen wie die Tests durchgeführt und die Messwerte eingegeben werden.

### 9.7.6.6 Das Querempfindlichkeit-Korrekturmenü

Das Querempfindlichkeit-Korrekturmenü wird über [F6] im Advanced calibration Menü aufgerufen. Darauf erscheint das Cross sensitivity Menü wie in Abb. 9.18 auf dem Bildschirm.

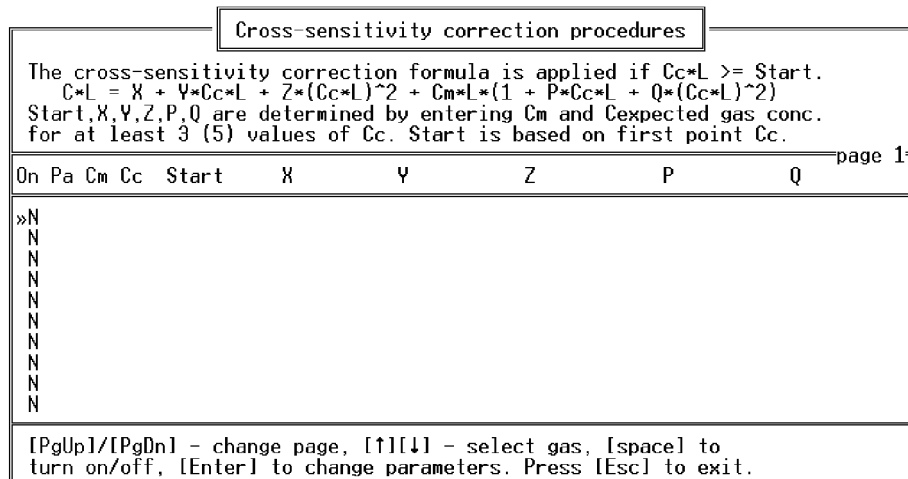


Abb. 9.18. Das Querempfindlichkeit-Korrekturmenü, ohne frei-gegebene Korrekturen.

### Menü Grundlagen

Bis zu 40 Querempfindlichkeits-Beziehungen können spezifiziert werden. Eine Beziehung bestimmt wie die gemessene Konzentration eines Gases,  $C_m$ , durch die Konzentration eines anderen Gases,  $C_c$ , auf der gleichen Strecke beeinflusst wird. In dem Menü sind vier

Seiten, die mit den [PgUp] und [PgDn] Tasten ausgewählt werden. Innerhalb einer Seite sind die einzelnen Beziehungen mit den [↑] und [↓] Tasten zu wählen.

Eine Beziehung wird aktiviert oder deaktiviert durch die [Space] Taste. Manchmal können auf Grund der Speicherverwaltung einige Beziehungen nicht gewählt werden. Diese Positionen sind mit einem R, wie "reserved" in der aktiven Spalte markiert. Wenn eine spezielle Reihe reserviert ist, wählen Sie statt dessen einfach die nächste nicht reservierte Linie, um die Querempfindlichkeits-Beziehung zu definieren.

Ein Beziehung wird durch Drücken der [Enter] Taste eingerichtet. Zuerst wird die Pfadnummer und die Streckenlänge ( $l$ ) gefolgt von der Nummer der gemessenen und korrigierten Gase eingegeben. Die Gasnummern finden Sie im Data presentation Menü.

Danach müssen die Messpunkte eingegeben werden. Spezifizieren Sie die Messpunkte, und dann wird für jeden Punkt die korrigierte Gaskonzentration  $C_c$ , die aufgezeichnete Konzentration des Messgases  $C_m$  und die erwartete Konzentration  $C$  eingegeben.

Sind die Daten Punkte eingegeben, kalkuliert der Analysator die beste Anpassung durch ein doppeltes Polynom zweiter Ordnung, das zur Korrektur der gemessenen Konzentration dient. Das folgende Polynom wird eingesetzt:

$$(C \cdot l) = X + Y \cdot (C_c \cdot l) + Z \cdot (C_c \cdot l)^2 + (C_m \cdot l) \cdot [1 + P \cdot (C_c \cdot l) + Q \cdot (C_c \cdot l)^2] \quad (9.3)$$

Beachten Sie, dass das Polynom auf der Absorptionsebene eingesetzt wird, die Variablen beziehen sich auf die Konzentration x Länge. Auf diese Weise können die gleichen Koeffizienten benutzt werden, selbst wenn sich die Pfadlänge ändert. Die Ergebnisse werden auf dem Bildschirm dargestellt. Die residual Spalte (Restspalte) zeigt den bleibenden Fehler beim Vergleich der korrigierten Konzentration mit der erwarteten Konzentration. Die Polynom Koeffizienten X, Y, Z, P und Q werden im Menü angezeigt. Beachten Sie auch, dass der X Parameter eigentlich ein konstanter Offset Wert ist, der mit dem im Standard Kalibrieremenü "konkurriert"!

Die Eingabe der niedrigsten korrigierten Konzentration  $C_c$  ist der Startpunkt, wenn die Korrektur beginnt. Falls die korrigierte Konzentration unter diesem Wert ( $C_c$ ) liegt, wird keine Korrektur durchgeführt, selbst wenn die Einstellung im Menü aktiviert ist. Um auf jeden Fall eine Korrektur zu erreichen, sollte die niedrigste korrigierte Konzentration auf Null gesetzt werden.

Schauen Sie sich bitte die beiden folgenden Beispiele an. Sie enthalten detaillierte Beschreibungen zur Handhabung der Querempfindlichkeits-Korrekturdaten.

### Arbeitsweise

Falls aktiviert, ist die Korrektur der Querempfindlichkeit der letzte Schritt im Auswertevorgang der Konzentration. Zuerst sucht der Analysator nach einer Beziehung mit der das aktuelle Gas korrigiert werden kann. Vorausgesetzt, dass eine Korrekturkonzentration vorhanden ist, wird die Messkonzentration korrigiert. Falls es mehr als

eine Beziehung gibt, wird das Gas in der Reihenfolge wie die Korrektur im Menü erscheint, korrigiert.

Zweitens sucht der Analysator nach einer Beziehung, mit der das aktuelle Gas zur Korrektur eines anderen Gases dienen kann. Wenn gefunden, wird die aktuelle Konzentration, Abweichung und Lichtpegel mit denen im Analysator Installationsmenü festgelegten Filtern verglichen. Ist das Messergebnis ok, werden die Konzentrationswerte gespeichert, um für die Korrektur verfügbar zu sein.

Querempfindlichkeits-Korrektur kann sinnvoll, aber auch eine Fehlerquelle sein und für Verwirrung sorgen. Beim Einrichten und Gebrauch der Querempfindlichkeits Korrektur sollten eine Reihe von Aspekten berücksichtigt werden.

1. Es sollte für alle Korrekturgase ein Filter eingerichtet werden. Andernfalls sind die Ergebnisse der Korrektur im Falle einer fehlerhaften Korrekturgasmessung, z.B. wegen niedriger Lichtpegel unabsehbar. Ist ein Lichtpegel definiert, wird die Korrekturgas-konzentration nur dann akzeptiert wenn der Lichtpegel über dem Filtergrenzwert liegt. Bei Verwendung eines Abweichungsfilters (kein S/N Filter) wird die Korrekturgaskonzentration nur akzeptiert, wenn die Abweichung  $D$  unterhalb des Filtergrenzwertes liegt. Sind Filter für Abweichung und S/N eingebaut, so wird die Korrekturgas-konzentration nur akzeptiert, wenn die Konzentration der folgenden Formel:

$$C > (S_{limit}) \cdot (D - D_{limit}) \quad (9.4)$$

$S_{limit}$  = S/N-Grenze,  $D_{limit}$  = Abweichungsgrenze

entspricht, dies bedeutet: Akzeptanz niedriger Konzentrationen bei niedrigen Abweichungen; hohe Konzentrationen bei höherer Abweichung. Weitere Erläuterungen sind im Abschnitt zur Plausibilitätskontrolle im QA/QC Handbuch zu entnehmen.

2. Der interne Pufferspeicher, in dem die letzte (akzeptierte) Korrekturgaskonzentration gespeichert ist, wird erst dann rückgesetzt, wenn der Analysator im Messmodus ist. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse aus dem ersten Messzyklus unkorrigiert bleiben, falls das Korrekturgas nach dem zu korrigierenden Gas gemessen wird. Demnach ist die Korrekturgaskonzentration nicht definiert und es findet keine Korrektur statt.
3. Für die Korrekturprozedur werden jeweils die letzten akzeptierten Korrekturkonzentrationen verwendet. Werden über einen längeren Zeitraum keine Korrekturkonzentrationswerte akzeptiert, besteht die Gefahr, dass die Korrektur auf der Grundlage alter, nicht mehr relevanter Messergebnisse erfolgt, so dass unerwünschte Korrekturen zustande kommen.
4. Beim Verlassen des Messmodus wird der Pufferspeicher mit den letzten Korrekturkonzentrationen nicht rückgesetzt, sondern die letzten Werte bleiben erhalten. Bei Durchführung von Span- und Offsetkalibrierungen oder anderen Kalibrierungen kann es gut sein, die letzten Korrekturkonzentrationen beizubehalten, um sie im Auswerteverfahren zu verwenden.
5. Wird ein Gas sowohl korrigiert als auch zur Korrektur eines anderen Gases verwendet, wird der korrigierte Wert, nicht der Rohwert, für die Korrektur verwendet.

### 9.7.6.7 Beispiel 1: SO<sub>2</sub>/NO

Die zweidimensionale Darstellung der Beziehung zwischen SO<sub>2</sub> und NO erfolgt mittels einer Kalibrierbank. Indem man NO misst, während nur Kalibrierzellen mit SO<sub>2</sub> eingesetzt werden, wird der Einfluss des SO<sub>2</sub> auf die NO-Messung bei NO-Nullkonzentration untersucht. Es werden durch Kombination von zwei Zellen unterschiedlicher Länge drei verschiedene SO<sub>2</sub>-Konzentrationen erzeugt.

Dann wird eine dritte Kalibrierzelle eingesetzt, die eine Bekannte NO Konzentration enthält. Jetzt wird eine erneute NO Messung unter Verwendung der verschiedenen SO<sub>2</sub>-Zellen durchgeführt, um den Einfluss des SO<sub>2</sub> auf die NO Messung bei erhöhter NO-Konzentration zu ermitteln. So erhält man drei weitere Datenpunkte, womit die zweidimensionale Darstellung mit veränderlichen NO- und SO<sub>2</sub>-Konzentrationen abgeschlossen wäre.

Die Daten werden gemäß Abb. 9.19 eingegeben. Da die niedrigste eingetragene SO<sub>2</sub>-Konzentration Null ist, wird die Korrektur für alle, auch für ganz niedrige, SO<sub>2</sub>-Konzentrationen durchgeführt.

Interference correction data				
No. of calibration points (3..10): 6				
Point no.	SO2(mg/m3)	Measured NO(mg/m3)	Expected NO(mg/m3)	
1	0.000	0.000	0.000	
2	587.6	-1.2	0.000	
3	1487	-3.7	0.000	
4	0.000	452	453.6	
5	587.6	449.4	453.6	
6	1487	445.1	453.6	

Abb. 9.19. Eingabe von SO<sub>2</sub>- und NO-Daten.

Nach Eingaben der Daten berechnet der Analysator die Polynomkoeffizienten, die den Daten am nächsten kommen. Die Ergebnisse werden, wie in Abb. 9.20 zu sehen, dargestellt.

Interference correction data				
C[corr]	C[meas]	C[real]	C[calc]	resid
0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
587.6	-1.2	0.0	-0.0	-0.0
1487.0	-3.7	0.0	0.0	0.0
0.0	452.0	453.6	452.8	0.0
587.6	449.4	453.6	453.6	0.0
1487.0	445.1	453.6	453.6	0.0
correlation :		0.98603		
Press any key . . .				

Figur 9.20. Ergebnisse nach Anwendung des angenäherten Polynoms.

Im Menü von Abb. 9.20 werden die eingegebenen Konzentrationen noch einmal angezeigt. Zusätzlich werden die mit Hilfe des Polynoms aus den gemessenen Konzentrationen  $C_c$  und  $C_m$  berechneten Konzentrationen angezeigt. Die Differenz zwischen den

erwarteten und den berechneten Konzentrationen  $C$  wird als Restfehler (residual) angezeigt. Sieht man sich die Ergebnisse an, wird man feststellen, dass die eingegebenen Daten korrekt und die Restfehler gering sind. Ist das Polynom nicht gut angepasst, wird der Restfehler größer sein als hier dargestellt. Das darf normalerweise nicht vorkommen, wenn doch, so überprüfen Sie bitte die Daten. Unter Umständen sind die Messdaten falsch eingegeben worden, oder es liegt vielleicht ein Messfehler in den Rohdaten vor.

Die resultierenden Polynomkoeffizienten sind in [Abb. 9.21](#) dargestellt.

Cross-sensitivity correction procedures									
The cross-sensitivity correction formula is applied if $C_c \times L \geq \text{Start}$ . $C \times L = X + Y \times C_c \times L + Z \times (C_c \times L)^2 + C_m \times L \times (1 + P \times C_c \times L + Q \times (C_c \times L)^2)$ Start, X, Y, Z, P, Q are determined by entering $C_m$ and $C_{\text{expected}}$ gas conc. for at least 3 (5) values of $C_c$ . Start is based on first point $C_c$ .									
page 1									
On	Pa	Cm	Cc	Start	X	Y	Z	P	Q
»Y	1	NO	SO2	0	800	-1.4356E-4	1.42596E-9	1.40339E-8	-4.6008E-15
N									
N									
N									
N									

Abb. 9.21. SO<sub>2</sub>/NO Polynomkoeffizienten.

### 9.7.6.8 Beispiel 2: Ozon/Benzol

Die Beste Methode, um herauszufinden inwieweit das Ozon die Kohlenwasserstoffmessungen beeinflusst, besteht darin, Ozon in eine Vorsatzzelle (add-on cell) zu leiten, die in der normalen Messstrecke vor dem Empfänger installiert ist. Der so ermittelte Datensatz ist jedoch nur begrenzt mit dem aus der SO<sub>2</sub>/NO Messung zu vergleichen.

Erstens kann man die Untersuchung nicht bei niedrigeren Ozonkonzentrationen durchführen, als in der Umgebungsluft jeweils vorliegen. Zweitens kann man die Untersuchung nur bei den jeweils in der Umgebungsluft vorliegenden HC-Konzentrationen durchführen. Das bedeutet:

- Die Hintergrund Ozonkonzentration und die Hintergrund HC-Konzentration müssen während der gesamten Messung konstant bleiben. Dies lässt sich überprüfen, indem man die Kalibrierzelle während der Messung in regelmäßigen Abständen mit Reinluft füllt und die Konzentration überprüft.
- Die Messung sollte zu einem Zeitpunkt durchgeführt werden, zu dem die Hintergrund Ozonkonzentration möglichst niedrig ist. Wird diese Voraussetzung nicht erfüllt, hat man später niedrige Ozonkonzentrationen für die niemals eine Querempfindlichkeits-Korrekturbeziehung ermittelt worden ist. Dann ist das mathematische Verhalten des Polynoms nicht mehr vorhersehbar.
- Die im Analysator eingetragenen Daten müssen mindestens zwei verschiedene und deutlich getrennte Kohlenwasserstoffkonzentrationen widerspiegeln. Andernfalls kann sich das doppelte Polynom sehr instabil verhalten, sobald die Kohlenwasserstoffkonzentrationen von der Konzentration abweichen, bei der der Test durchgeführt wurde.

Es gibt drei Methoden mit diesem Problem umzugehen:



1. Man führt den Test zu zwei verschiedenen Zeitpunkten und mit unterschiedlichen Kohlenwasserstoffkonzentrationen durch.
2. Man setzt eine zweite Vorsatzzelle in die Messstrecke, in die man zusätzlichen Kohlenwasserstoff füllen kann – ähnlich wie bei der  $\text{SO}_2/\text{NO}$  Untersuchung mittels Kalibrierbank.
3. Wenn die Korrekturen gering sind, kann man davon ausgehen, dass es sich in erster Linie um eine Offset Korrektur handelt. Man kann dann einen zweiten Datensatz generieren, indem man einfach einen festen Offset Faktor zu den Kohlenwasserstoffkonzentrationen hinzuaddiert. Diese Methode wird im folgenden Beispiel angewandt:

In diesem Beispiel ist die Hintergrund Ozonkonzentration  $53,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die Hintergrund Benzolkonzentration  $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei diesen niedrigen Konzentrationen kann man davon ausgehen, dass der Ozoneinfluss auf den Benzolwert vernachlässigbar ist. Vorausgesetzt die Benzolkalibrierung wurde korrekt durchgeführt, wäre auch die zu erwartende Benzolkonzentration  $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Schlimmstenfalls wird durch diese Annahme ein fest-stehender Offset Fehler in den Datensatz eingebracht, welcher sich durch eine Nachbearbeitung leicht korrigieren lässt.

Da Ozon reaktiv ist, muss es zum Zeitpunkt der Messung erzeugt werden. Hierzu gibt es zwei Vorrichtungen: Ein Ozonkalibrator ist mit Mess- und Steuerelektronik ausgerüstet und kann somit laufend eine einstellbare und stabile Ozonkonzentration generieren. Ein Ozongenerator kann ebenfalls verschiedene Konzentrationen generieren, erlaubt aber keine Kontrolle der Konzentration, so dass ein externes Ozonmessgerät benötigt wird. Beide Geräte sind von Opolis zu beziehen.

Da der Opolis Analysator Ozon messen kann, ist ein Generator völlig ausreichend für diesen Test. Tatsächlich muss man ohnehin Ozon und Benzol gleichzeitig messen, da man zunächst die Hintergrundkonzentration feststellen muss.

Man lässt den Analysator also Ozon und Benzol messen. Dazu füllt man die Kalibrierzelle mit Reinluft und ermittelt die Hintergrundkonzentration. Dann setzt man den Ozongenerator zunächst auf niedriger Leistung in Betrieb und füllt die Zelle mit Ozon. Nach Stabilisierung der Analysator-anzeige kann man den ersten Datensatz bei erhöhter Ozonkonzentration ablesen. Der Test wird dann mit zunehmenden Ozonkonzentrationen wiederholt. Um sicherzustellen, dass sich die Ozon- und Benzol Hintergrundkonzentrationen während des Tests nicht ändern, die Zelle zwischen den einzelnen Ozonkonzentrationsmessungen mit Reinluft spülen.

In diesem Beispiel wurden die Messungen bei drei erhöhten Konzentrationen: 99, 165 und  $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durchgeführt. Die Absolutwerte sind nicht von Bedeutung, solange sie in etwa dem normalen Messbereich entsprechen.

Da nur ein Benzolpegel gemessen wurde, muss man annehmen, dass es sich bei der Korrektur um eine Offsetjustierung der Benzolkonzentration handelt. Daher wird ein zweiter Satz Ozon-Benzol Daten generiert, indem man einfach  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu den aufgezeichneten Benzoldaten hinzuaddiert. Damit setzten wir voraus, dass die Ozonquerempfindlichkeit bei  $60,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die gleiche ist wie bei  $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Das heißt die Daten werden so eingepreist, als hätten wir zwei unterschiedliche Benzolkonzentrationen gemessen und dabei

eine als reiner Offsetfaktor wirkende Querempfindlichkeit festgestellt. Der Additionsfaktor, hier 50, sollte so gewählt werden, dass er einem "hohen" Wert entspricht wenn die gemessene Konzentration "niedrig" ist und umgekehrt. Auf diese Weise wird das Polynom zwangsweise einen großen Bereich der erwarteten Benzolkonzentration abdecken.

Die Eingabedaten sehen Sie in Abb. 9.22. Da die niedrigste Ozonkonzentration hier 53,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  beträgt, ist dies auch die Ausgangskonzentration für die Anwendung der Korrektur.

Interference correction data			
No. of calibration points (3..10): 8			
Point no.	O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Measured BEN( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Expected BEN( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1	53.8	10.3	10.3
2	98.7	11.3	10.3
3	164.9	13.8	10.3
4	246.9	15.4	10.3
5	53.8	60.3	60.3
6	98.7	61.3	60.3
7	164.9	63.8	60.3
8	246.9	65.4	60.3

Abb. 9.22. Eingabe der Ozon- und Benzoldaten. Die letzten vier Datenpunkte wurden durch numerische Addition von 50  $\text{mg}/\text{m}^3$  zu den ersten vier Punkten erzeugt.

Die Restfehler (residuals) sind in Abb. 9.23 zu sehen, die ermittelten Koeffizienten in Abb. 9.24.

Interference correction data				
C[corr]	C[meas]	C[reall]	C[calc]	resid
53.8	10.3	10.3	10.5	0.2
98.7	11.3	10.3	10.0	-0.3
164.9	13.8	10.3	10.6	0.3
246.9	15.4	10.3	10.2	-0.1
53.8	60.3	60.3	60.4	0.1
98.7	61.3	60.3	60.0	-0.3
164.9	63.8	60.3	60.5	0.2
246.9	65.4	60.3	60.2	-0.1
correlation :				0.99376
Press any key . . .				

Abb. 9.23. Restfehler des Ozon-Benzoldatensatzes.

Cross-sensitivity correction procedures									
The cross-sensitivity correction formula is applied if $Cc \cdot L \geq Start$ . $C \cdot L = X + Y \cdot Cc \cdot L + Z \cdot (Cc \cdot L)^2 + Cm \cdot L \cdot (1 + P \cdot Cc \cdot L + Q \cdot (Cc \cdot L)^2)$ Start, X, Y, Z, P, Q are determined by entering Cm and Cexpected gas conc. for at least 3 (5) values of Cc. Start is based on first point Cc.									
									page 1
On	Pa	Cm	Cc	Start	X	Y	Z	P	Q
»Y	1	BEN	03	24210	9.6400E+2	-3.8797E-2	8.26439E-8	-1.3260E-8	1.32669E-13
N									
N									
N									
N									
N									
N									
N									
N									
[PgUp]/[PgDn] - change page, [↑][↓] - select gas, [space] to turn on/off, [Enter] to change parameters. Press [Esc] to exit.									

Abb. 9.24. Die Ozon-Benzolpolynomkoeffizienten.

### 9.7.7 Verwaltung der Messspektren

Im Menü Advanced calibration kann man durch Betätigung von [F7] eine Funktion zur dauerhaften Speicherung aller Messspektren für ausgewählte Gase und Messstrecken aufrufen. Daraufhin erscheint das in Abb. 9.25 gezeigte Menü.

Spectral storage management		
Select gas(es) for spectral data storage in monthly files. These files can later be extracted to ordinary temp-files in this menu by pressing [F1]. Press [F2] to erase files		
		page 1
Save	Path	Gas
»Yes	1	S02
Yes	1	N02
Yes	1	O3
No		
No		
No		
No		
No		
No		
[PgUp]/[PgDn] - change page, [↑][↓] - select gas, [space] - activate, [Enter] - Set gas/path. [Esc] - Exit.		

Abb. 9.25. Das Menü Spectral storage management.

In jeder Zeile kann man die Speicherung des Spektrums eines bestimmten Gases auf einer bestimmten Messstrecke aktivieren. Mit den Pfeiltasten wählt man die Zeile und mit [Bild nach oben] und [Bild nach unten] wählt man eine neue Seite mit zusätzlichen Zeilen. Eine Zeile wird mit der [Space] Taste aktiviert. Durch Drücken von [Enter] auf einer aktiven Zeile kann man die Gas- und Pfadnummer eingeben.

Wenn freigegeben, werden die Spektren in einer Monatsdatei in dem speziellen Unterverzeichnis "DATA\LTMP" auf die Festplatte geschrieben. Der Dateiname lautet

"yymm\_1xx.1yy", wobei "yymm" für Jahr und Monat steht, "xx" für die Gasnummer und "yy" für die Streckennummer. Außerdem werden die Spektren auch in die temporären "TEMP1xx.1yy" Dateien im Standardverzeichnis "\\DATA" geschrieben.

Auf die in den permanenten Dateien gespeicherten Spektren hat man keinen direkten Zugriff. Man muss zunächst die gewünschten Spektren auswählen und in die entsprechende TEMP Datei schreiben lassen. Zu diesem Zweck die Zeile mit dem gewünschten Gas und der gewünschten Strecke auswählen und [F1] betätigen. Daraufhin erscheint das in Abb. 9.26 gezeigte Menü.

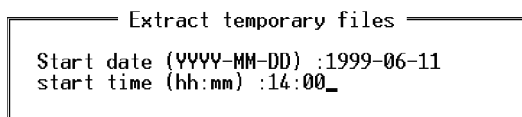


Abb. 9.26. Festlegung der Startzeit und des Startdatums für die angezeigten Spektren.

Daraufhin werden die ersten zehn Spektren aus der permanenten Datei, die nach dem angegebenen Zeitpunkt generiert wurden, in die TEMP Datei geschrieben. Alle bereits in der Datei gespeicherten Spektren werden überschrieben. Sobald die gewünschten Spektren in die TEMP Datei geschrieben sind. Können sie z.B. mit der Funktion View residuals im Advanced calibration Menü betrachtet werden.

Sobald der Analysator wieder mit der Messung beginnt, werden die alten Spektren, die sich jetzt in der TEMP Datei befinden, durch neue Spektren überschrieben. Natürlich werden diese neuen Spektren, sofern zur permanenten Speicherung ausgewählt, auch in die permanente Datei geschrieben.

Die permanente Monatsdatei kann sehr umfangreich werden. Bei zweiminütigem Messzyklus bis zu 100 MB je Gas und Strecke. Um unnötige Plattenzugriffe zu vermeiden und Festplatten-Speicherplatz zu sparen, sollte die dauerhafte Speicherung der Spektren nur da aktiviert werden, wo die Funktion ausdrücklich benötigt wird.

Durch Auswahl einer Strecke und eines Gases und Betätigung von [F2] können Spektren von der Platte gelöscht werden. Ist eine permanente Speicherung aktiviert, sollte diese Funktion häufig verwendet werden. Wenn die alten Daten nicht gelöscht werden, wird die Festplatte sehr schnell voll und der Analysator arbeitet nicht mehr richtig.

Aus Gründen der Speicherverwaltung können einige Zeilen des Menüs als "reserviert" markiert sein. Diese Zeilen können nicht zur Definition der permanenten Speicherung von Spektren genutzt werden. Gehen Sie statt dessen auf eine andere verfügbare Zeile und definieren Sie die Speicherung dort.



Die Analysator Software bietet Funktionen zum Leistungstest der Analysator Hardware an. Diese Funktionen werden im Hauptmenü durch Auswahl von [F5] System check ausgewählt.

Da die Hardware zwischen den spektrometerbasierenden UV-DOAS Analysatoren AR500/AR600 und den interferometerbasierenden IR-DOAS Analysatoren AR550/AR650 unterschiedlich ist, sind auch die System Check Funktionen für diese beiden Typen unterschiedlich.

Der System Check überprüft die Arbeitsweise der Optik und Detektoren auf denen die Gasmessungen beruhen. Diagnostische Mitteilungen und numerische Testergebnisse werden als Hilfe zum Auffinden möglicher Fehler angeboten.

## 10.1 Die Analysatorreihen AR500 und AR600

Die Funktionstüchtigkeit des Spektrometers und der Analysatorelektronik sind von entscheidender Bedeutung für die Ermittlung der Messergebnisse. Durch Betätigen der Taste [F5] System check im Analysator Hauptmenü wird eine interne Überprüfung der Hardware aktiviert, die wichtige Informationen über die Funktionstüchtigkeit des Analysators liefert.

Dabei werden drei Hardware Prüfungen durchgeführt :

- Schlitzscheibenradstabilität
- Gitterpositionierung
- Detektorsystem.

Der System Check beginnt mit der Überprüfung der Schlitzscheiben-stabilität. Vorausgesetzt eine Lichtquelle steht zur Verfügung, können danach das Gitter und das Detektorsystem kontrolliert werden. Die Interpretation der Testergebnisse wird auf den folgenden Seiten beschrieben.

```

System check
186 card.....: 1:
Wheel speed deviation..(1 lap)..: -0.02±0.03 %
Wheel speed deviation..(10 laps)..: 0.04±0.02 %
-----
Wheel speed result          :      Ok.

Grating type.....: Movable.

P1, Trig accuracy   :      -3   Ok.
P2, Trig index      :     3806   Ok.
P3, Zero order width :       29   Ok.
P4, Zero order pos. :        0   Ok.
P5, Analog offset   :     2.64   Ok.

Permanent change of P4 ?(Y/N)...N

System check ready. Press any key.
    
```

Abb. 10.1. Nach Abschluss des System Checks angezeigte Informationen.

Alle Testergebnisse sollten "Ok" sein. Wenn ein Ergebnis fehlgeschlagen ist, wiederholen Sie den System Check. Das kann notwendig sein, je nach dem in welchem Status sich der Analysator beim Start befindet. Schlägt der Check immer noch fehl, kontaktieren Sie bitte Ihre OPSIS Vertretung. Diese verfügt über ausgebildetes Personal zur Interpretation und Korrektur der Fehler.

### 10.1.1 Schlitzscheibenradstabilität

Vor den Detektoren ist eine rotierende Schlitzscheibe, die dazu dient, die vom Gitter gelieferten Spektren abzutasten. Die Zeit zwischen zwei Schlitzen wird während einer und zehn Scheibenumdrehungen gemessen. Das Ergebnis wird als relative Standardabweichung präsentiert. Die Abweichung sollte möglichst nah an 0 % liegen.

Das Wheel speed result (Scheibengeschwindigkeit) ist "Ok", wenn die Standardabweichung unter 0,1 % liegt. Sind mehrere 186er Karten installiert, muss das Ergebnis für alle Karten unter 0,1 % liegen. Andernfalls lautet das Ergebnis "Fail". Wenn die Abweichung bei einer Karte größer als 0,1 % ist, wenden Sie sich bitte an Ihre OPSIS Vertretung.

### 10.1.2 Gitterpositionierung

Der Analysator ist entweder mit einem feststehenden oder einem beweglichen Gitter ausgestattet. Das bewegliche Gitter muss sehr genau positioniert werden. Um die richtige Gittereinstellung zu gewährleisten, wird das Gitter nach jedem zehnten oder zwanzigsten Messzyklus in eine Nullstellung gebracht. Es wird an einer doppelten Lichtschranke rückgesetzt und die Koordinate des Gittermotors wird auf Null gesetzt.

Gitterpositionierung und Detektorsystem können nur kontrolliert werden, wenn es sich um ein bewegliches Gitter handelt. Hierzu muss eine Lichtquelle über ein Glasfaserkabel an den Analysator angeschlossen werden. Der Typ der Lichtquelle ist unerheblich. Der Git-

terpositionierungs- und Detektor-System-Check werden fehlschlagen, wenn das Licht nicht ordnungsgemäß ins Spektrometer geleitet wird.

Die Kontrolle der Gitterpositionierung erfolgt während der Analysator das Gitter rotieren lässt. Als Ergebnis der Kontrolle erhält man zwei Zahlen, P1 und P2.

- P1 ist die Differenz zwischen der tatsächliche Impulszahl, die erforderlich ist, um das Gitter aus der Startposition in die Triggerposition zu bewegen, und der vorausgerechneten Impulszahl für diese Bewegung.
- P2 ist der Abstand der doppelten Lichtschranke, in Impulsen ausgedrückt.

Die Werte sollen in den unten angegebenen Bereichen liegen:

Parameter	Grenzwert
P1	-150 bis 150
P2	3000 bis 7000

***Wichtig:** Bei älteren Analysatoren ist u.U. ein anderer Typ Gittermotor eingebaut. Diese Geräte werden durch ein X in der Seriennummer gekennzeichnet. In diesem Fall gelten andere Bereiche für P1 und P2. P1 sollte zwischen -45 und +45 liegen und P2 zwischen 300 und 1700.*

### 10.1.3 Detektorsystem

Die letzten drei Parameter P3, P4 und P5 geben Aufschluss über die Funktionsfähigkeit des Detektionssystems. Im Anschluss an die Überprüfung von P1 und P2 bewegt sich das Gitter in eine Position, in der das Abbild des Glasfaserkabels auf dem Detektor projiziert wird. Das Gitter fungiert dann als normaler Spiegel; es tritt keine Wellenlängenbrechung auf.

- P3 gibt die Breite des Spektrumabbildes auf dem Detektor an. Die Breite kann im Abhängigkeit der Lichtintensität etwas variieren. Ein niedriger Lichtpegel führt zu einem niedrigen Wert.
- P4 ist die Genauigkeit der Gitterposition im Verhältnis zum Detektor. Das Abbild sollte möglichst zentriert auf den Detektor fallen. Diese Position dient als Referenzpunkt für die Gitterbewegung im nächsten Messzyklus.
- P5 schließlich, zeigt die analoge Verschiebung (Offset) im Detektorsystem. Siehe Abbildung unten.

Die Werte sollten in den unten aufgeführten Bereichen liegen:

Parameter	Grenzwerte
P3	20 bis 40
P4	-20 bis 20
P5	0,1 bis 100

***Wichtig:** Der erlaubte Bereich für P3 für den AR610 Analysator liegt bei 20 bis 200, da diese Analysatoren nur im Infrarotbereich detektieren.*



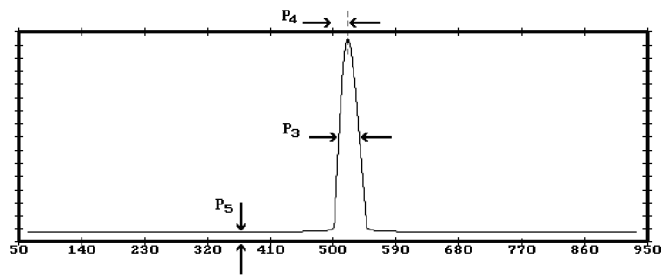


Abb. 10.2. Bildliche Darstellung der System Check Parameter P3 bis P5, die Zahlen an der X-Achse geben die Kanalnummer an, welche proportional zur Wellenlänge ist. Die Y-Achse ist die Lichtintensität.

## 10.2 Analysatorreihen AR550 und AR650

Bei Aktivierung der Funktion [F5] System check auf einem Analysator der Reihe AR550 oder AR650 wird die Funktionsfähigkeit des Interferometers und der internen Elektronik des Analysators überprüft.

Es werden drei Hardware Tests durchgeführt:

- Scanner Positionierung
- Wellenmesser Steuerung
- optische Ausrichtung.

Die Interpretation der Testergebnisse ist nachfolgend beschrieben.

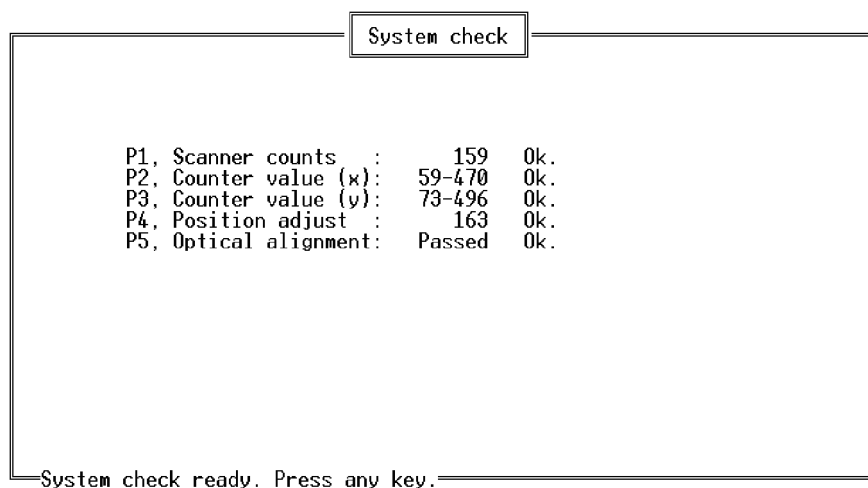


Abb. 10.3. Informationen nach dem System Check im AR550/AR650.

### 10.2.1 Scanner Positionierung

Der Scanner im Analysator bewegt zwei Spiegel. Durch diese Bewegung wird die Spektralinformation für den Detektor generiert. Zu Beginn des System Checks wird der Scanner in eine Rücksetzstellung gebracht, die durch eine Lichtschranke definiert ist. Die für diese Bewegung benötigte Schrittzahl wird als P1 angezeigt.

In einem nächsten Schritt wird der Scanner in die Startposition gebracht. Die Startposition ist durch eine interne Lichtquelle definiert. Die Schrittzahl von der Rücksetz- bis zur Startposition wird als P4 angezeigt.

---

***Wichtig:** P1 kann fehlschlagen, wenn die Messung in einer ungewöhnlichen Art und Weise unterbrochen wird, z.B. nach Stromausfall. In diesem Fall ist der System Check nochmals durchzuführen, um die Funktion zu überprüfen.*

---

### 10.2.2 Wellenmesser Steuerung

Um die Bewegung des Scanners zu steuern wird ein eingebauter Helium-Neon Laser als Wellenmesser eingesetzt. Dieses Bauteil zeigt die Position des Scanners mit einer extrem hohen Genauigkeit, bis herunter zu 50 nm, an. Der System Check überprüft die Ausgangssignale des Wellenmessers. Der Wellenmesser beruht auf zwei Laser Detektoren, die jeder für sich ein optimales Sinussignal sehen, wenn sich der Scanner bewegt. Die Ergebnisse sind der niedrigste und der höchste Wert der Sinuskurve. Die Ergebnisse werden als die Parameter P2 und P3 ausgegeben.

### 10.2.3 Optische Ausrichtung

Die Optik innerhalb des Interferrometers muss in regelmäßigen Abständen neu ausgerichtet werden, um Temperatureinwirkungen auszugleichen. Diese Ausrichtung erfolgt durch Justieren des Winkels vom beam splitter im Interferrometer. Während der Ausrichtung werden zwei Nummern D1 und D2 auf dem Bildschirm gezeigt. Diese sind Indikatoren der Fehl Ausrichtung. Durch die Ausrichtung werden diese Zahlen verkleinert. Ziel ist es, unter einen Wert von  $\pm 0,2$  zu kommen. Nachdem dies erfolgt ist wird die Funktion bestätigt, indem der Parameter P5 auf "passed" gesetzt wird.

### 10.2.4 Ergebnisse des System Check

Die System Check Werte sollen innerhalb folgender Bereiche sein:

Parameter	Bereich
P1	-1600 bis 1600
P2	$X_2 - X_1 > 100$ , $X_2 + X_1 > 250$
P3	$Y_2 - Y_1 > 100$ , $Y_2 + Y_1 > 250$
P4	-1600 bis 1600
P5	"passed"

## 10.3 Automatischer System Check

In den Analysatoren AR500 und AR600 kann der System Check in regelmäßigen Zeitintervallen automatisch durchgeführt werden. Dies wird als Teil der Kalibrierungssequenz freigegeben, wie in [Kapitel 7, Das Installationsmenü](#) in Calibration setup zu sehen. Der System Check kann als eine Einzeloperation durchgeführt werden, oder als erster Check vor einer automatischen Span- und Offset- oder Referenzkalibrierung.

In einem AR550 und AR650 Analysator wird der System Check immer in regelmäßigen Intervallen, meist nach 20 Messzyklen, durchgeführt. Das wird wegen der notwendigen Ausrichtungs-Checks des Interferometers angefordert. Das Intervall kann je nach Anforderung angepasst werden.

In diesem Anhang werden die für die serielle Kommunikation zwischen Opsis Analysatoren und externen Rechnern verwendeten Routinen beschrieben. Zwei verschiedene Routinen stehen zur Verfügung: Eine zur Abfrage der Gasmessergebnisse und eine zur Abfrage der Ergebnisse eines Opsis Datenloggers (option).

Die letzten 100 Gasmessergebnisse werden in einem Zwischenspeicher des Analysators abgelegt. Ein zweiter Zwischenspeicher enthält die Ergebnisse eines optionalen Datenloggers. Die Anzahl der gespeicherten Messungen ist von der Anzahl der Messparameter des Datenloggers abhängig. Bei 11 Messparametern können 100 Messungen gespeichert werden. Bei weniger Messparameter können mehr als 100 Messungen gespeichert werden und umgekehrt.

Die Kommunikationsroutinen können jederzeit Daten aus diesen Zwischenspeichern auslesen. Es werden immer die ältesten Werte zurückgegeben. Wenn die Werte in die Zwischenspeicher geschrieben werden, ohne dass diese vorher geleert wurden, werden die alten Daten überschrieben.

## A.1 Hardware – Voraussetzungen

Die Kommunikation erfolgt über eine serielle RS232 Schnittstelle. Der Analysator benötigt nur zwei Signale: "Send data" (SD) und "Transmit data" (TD) und er unterstützt kein Handshake wie RTS/CTS usw.

Das Protokoll steht an jeder seriellen Schnittstelle zur Verfügung, die im Menü Communication setup aktiviert wurde.

## A.2 Software Einstellungen

Die serielle Kommunikation erfolgt mit 8 Datenbits, 1 Stopbit und ohne Parität. Da keine Quittierung (handshake) erfolgt, ist die Verwendung einer hohen Baud Rate, d.h. mindestens 9600 bps, wichtig. Andernfalls können einzelne Bits verloren gehen.

Die Kommunikation wird vom Erfassungsrechner eröffnet, der eine Messergebnissforderung an den Analysator sendet. Der Analysator sendet daraufhin eine Antwortmeldung, die Messinformationen enthält. Um einen Messwert abzurufen, muss ein Kennwort an den Analysator übermittelt werden. Das Kennwort muss mit dem im Menü Communi-

ation setup des Analysators festgelegten identisch sein. Wenn kein Kennwort verwendet wird, hat das Kennwort die Länge 0. Wird ein falsches Kennwort verwendet, lautet die Antwortmeldung immer "Zwischenspeicher leer".

## A.3 Meldungen für Gasmessergebnisse

*Tabelle A.1: Anforderung der Meldung. Das Kennwort kann die Länge 0 haben.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49
4	46
5	32 + length of password (L)
6	checksum of byte 1 to byte 5, see below
7	3
8	first character of password
9	second character of password
...	...
8+L-1	last character of password
8+L	checksum of byte 8 to byte 8+L-1
9+L	4

*Tabelle A.2: Antwort Meldung: Messwertrückgabe.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49
4	46
5	44
6	216 (= checksum of byte 1 to byte 5)
7	3
8	first character of measurement information, see below
...	...
19	12 <sup>th</sup> character of measurement information
20	checksum of byte 8 to byte 19
21	4

*Tabelle A.3: Antwort Meldung: Zwischenspeicher leer oder falsches Kennwort.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49

Tabelle A.3: Antwort Meldung: Zwischenspeicher leer oder falsches Kennwort.

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
4	46
5	32
6	192 (= checksum of byte 1 to byte 5)
7	3
8	0
9	4

## A.4 Meldungen für Loggerergebnisse

Tabelle A.4: Anforderungsmeldung. Das Kennwort kann die Länge 0 haben.

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49
4	47
5	32 + length of password (L)
6	checksum of byte 1 to byte 5
7	3
8	first character of password
9	second character of password
...	...
8+L-1	last character of password
8+L	checksum of byte 8 to byte 8+L-1
9+L	4

Tabelle A.5: Antwortmeldung: Messwertrückgabe.

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49
4	47
5	37 + 3* number of data parameters (n)
6	checksum of byte 1 to byte 5
7	3
8	first character of measurement information, see below
...	...
12+3*n	(5+3*n):th character of measurement information
13+3*n	checksum of byte 8 to byte 12+3*n
14+3*n	

*Tabelle A.6: Antwortmeldung: Zwischenspeicher leer, oder falsches Kennwort.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	49
4	46
5	32
6	196 (= checksum of byte 1 to byte 5)
7	3
8	0
9	4

Die Übertragung von Datenloggerinformationen ist auf 24 Kanäle begrenzt. Hat der Datenlogger im Analysator mehr als 24 Kanäle werden nur die ersten 24 Kanäle übertragen.

## A.5 Synchronisierungsmeldungen

*Tabelle A.7: Synchronisierungsmeldung.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	48
4	49
5	32
6	196
7	3
8	0
9	4

*Tabelle A.8: Antwortmeldung.*

Byte No.	Character(s) (decimal notation)
1	2
2	32
3	48
4	49
5	32
6	196
7	3
8	0
9	4

Eine Synchronisierungsmeldung muss u.U. gesendet werden, wenn eine Anforderungsmeldung auf dem Weg zum Analysator verstümmelt wurde. Es sollte jeweils vor Beginn einer Kommunikationssitzung eine Synchronisierungsmeldung gesendet werden und danach immer dann, wenn der Analysator auf die Anforderungsmeldung hin keine Antwortmeldung sendet.

Wurde eine Synchronisierungsmeldung an den Analysator gesendet, sollte dieser immer eine Antwortmeldung zurückgeben. Wenn dies nicht geschieht, liegt vermutlich eine Hardware Störung vor.

## A.6 Beschreibung der Datenfelder

Die Kennwortlänge (L) ist die Zeichenzahl des im Menü Communication setup des Analysators eingetragenen Kennworts. Die Anzahl der Messparameter des Datenloggers (n) ist von der Konfiguration des Loggers abhängig; sie beträgt mindestens 1 und höchstens 24.

Das Prüfsummenbyte wird nach folgendem Verfahren berechnet:

```
Sum = 0
For each of the characters do
    Sum = Sum + character ascii code
Sum = (Sum SHL 1) + (Sum SHR 7)
```

(SHL = shift left, SHR = shift right.)

Das Ergebnis einer Gasmessung wird in 12 Bytes übermittelt:

Tabelle A.9: Gasdatenformat.

Byte No.	Data type	Description
1 - 2	WORD	Bit 1-5 = day, bit 6-9 = path No., bit 10-16 = gas No
3 - 4	WORD	Time stamp in units of 2 seconds (0 - 43199)
5 - 7	ShortSingle	Concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
8 - 10	ShortSingle	Deviation in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
11-12	INTEGER	Light level in %

Das Ergebnis einer Datenloggermessung wird in unterschiedlicher Anzahl von bytes, in Abhängigkeit der Parameteranzahl (n), übertragen. Die Länge beträgt  $(5+3n)$  bytes.

Tabelle A.10: Datenloggerformat.

Byte No.	Data type	Description
1	BYTE	No. of data parameters (1 - 24)
2	BYTE	Day (1 - 31)
3-4	WORD	Time stamp minute (0 - 1439)
5	BYTE	Time stamp second (0 - 59)
6-8	ShortSingle	First measurement value



Tabelle A.10: Datenloggerformat.

Byte No.	Data type	Description
9-11	ShortSingle	Second measurement value
...	...	...
- 5+3*n	ShortSingle	n:th measurement value

## A.7 Beschreibung der Datentypen

- BYTE ein Byte eines Datenbereiches 0..255
- WORD zwei bytes eines Datenbereiches 0..65535 . Das erste Byte ist das niederwertigste, das Zweite das höchstwertigste Byte.
- INTEGER zwei Bytes eines Datenbereiches -32768...32767. Das erste Byte ist das niederwertigste Byte. Das höchstwertigste Bit ist die Vorzeichen-markierung.
- ShortSingle drei Bytes eines Datenbereiches 1.5E-45...3.4E+38 plus Vorzeichen und Nullwert. Der Datentyp entspricht den Inteltyp SINGLE (4 Bytes), jedoch um das niederwertigste Byte verkürzt. Der Wert wird mit dem niederwertigsten Byte beginnend abgespeichert. Siehe unten stehende Beschreibung.

Most significant byte				Least significant byte	
Byte 3		Byte 2		Byte 1	
1 bit	8 bits		15 bits		
s	e		f		

- If  $0 < e < 255$  then  $value = (-1)^s * 2^{(e-127)} * (1.f)$
- If  $e = 0$  and  $f \neq 0$  then  $value = (-1)^s * 2^{-126} * (0.f)$
- If  $e = 0$  and  $f = 0$  then  $value = (-1)^s * 0$
- If  $e = 255$  and  $f = 0$  then  $value = (-1)^s * INF$
- If  $e = 255$  and  $f \neq 0$  then  $value = NAN$

(INF = infinity. NAN = not a number.)

## A.8 Zusätzliche Informationen

OP SIS liefert auf Anfrage ein Musterprogramm mit Quellcode. Das Programm ist in PASCAL für PC-kompatible Rechner geschrieben und verdeutlicht die Grundlagen der Kommunikationsprozeduren. Außerdem sind im Code die aktuellsten, bei Drucklegung noch nicht verfügbaren Informationen über das Protokoll enthalten.

Der Analysator kann Gaskonzentrationen als Masse pro Normvolumen (z.B.  $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{n}}$ ) oder als Volumenanteil (z.B. ppbV) darstellen.

Der Analysator misst die Konzentrationen immer in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser Wert kann dann korrigiert werden, um einen normierten Wert zu erhalten ( $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{n}}$ ). Die Korrektur kann in Hinblick auf drei Parameter erfolgen:

- Temperatur  $T_0$
- Druck  $P_0$
- Feuchte (nur bei der Analysatoren AR600 und AR650).

Die gemessenen Konzentrationen werden immer in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf der Festplatte des Analysators gespeichert. Die Konzentrationen sind temperatur- und druckkorrigiert (evtl. auch Feuchte) bevor sie auf dem Bildschirm angezeigt werden. Die auf dem Bildschirm dargestellten Ergebnisse werden aus der Masse-pro-Volumen-Einheit  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in Volumenteile ppbV umgerechnet und beziehen sich auf das Molvolumen bei der Temperatur  $T_0$  und dem Druck  $P_0$ .

$T_0$  ist 273 K bzw. 0 °C oder 32 °F. Die U.S. EPA Konvention für  $T_0$  ist 298 K.  $P_0$  ist 1013,25 hPa bzw. 760 mm Hg oder 1,01325 bar. Das Molvolumen von 22,4  $\text{m}^3/\text{kmol}$  bezieht sich auf ein ideales Gas bei  $T_0 = 0$  °C und  $P_0 = 1013,25$  hPa ist somit für alle Gase gültig. Siehe Tabelle B.1 Umrechnungsfaktoren.

## B.1 Temperatur

Ist die NTP-Korrektur freigegeben, korrigiert der Analysator automatisch die bei der Temperatur  $T$  gemessenen Konzentrationen zur absoluten Temperatur  $T_0$ . Die Korrektur geschieht gemäß dieser Formel:

$$C_0 = C \frac{T}{T_0} \tag{B.1}$$

wobei

$T$  = tatsächliche Temperatur in der Messstrecke

$T_0$  = Bezugstemperatur 273,15 K oder 298,15 K

$C$  = gemessene Konzentration

$C_0$  = korrigierte Konzentration.

Die Temperatur  $T$  kann vom Anwender als Konstante in das System eingegeben werden, oder sie kann vom Analysator gemessen und geloggt werden. Im letzten Fall wird die augenblickliche Temperatur der Messstrecke korrigiert.

## B.2 Druck

Die gemessene Konzentration wird von Druck  $P$  auf den absoluten Druck  $P_0$  nach folgender Formel korrigiert:

$$C_0 = C \frac{P_0}{P} \quad (\text{B.2})$$

wobei

$P$  = aktueller Druck in der Messstrecke in kPa

$P_0$  = Referenz Druck 101,325 kPa

$C$  = gemessene Konzentration

$C_0$  = korrigierte Konzentration.

Genau wie bei der Temperatur kann auch der Druck als Konstante oder als eingeloggter Wert in den Analysator geschrieben werden.

Die zwei Korrekturen können in einer Formel kombiniert werden:

$$C_0 = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P} \quad (\text{B.3})$$

**Beispiel 1:** Die Messung von  $\text{SO}_2$  ergibt ein Ergebnis von  $62,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Temperatur ist  $33 \text{ }^\circ\text{C}$  und der Druck ist  $777 \text{ mm Hg}$ . Der Analysator verarbeitet die gemessenen Temperatur und Druck Werte und korrigiert sie vor dem Speichern nach folgender Gleichung:

$$C_0 = 62,8 \cdot \frac{273,15 + 33,0}{273,15} \cdot \frac{760}{777} \mu\text{g}/\text{m}^3 = 68,8 \mu\text{g}/\text{m}^3_n \quad (\text{B.4})$$

**Beispiel 2:** Der Analysator soll das Ergebnis in der Einheit ppbV angeben. Der Umrechnungsfaktor für  $\text{SO}_2$  von  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in ppbV ist nach Tabelle B.1 0,3497. Das Ergebnis  $68,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird nun auf dem Bildschirm als 24,1 ppb angezeigt.

***Wichtig:** Die Umrechnung von einer Masse pro Volumen Einheit in eine Volumenbezeichnung ppb wird nicht durchgeführt, bevor das Messergebnis berechnet, mit Temperatur und Druck korrigiert und das Resultat auf der Festplatte abgespeichert ist. Hieraus folgt wie wichtig es ist, dass die richtigen Temperatur- und Druckwerte bei der Berechnung verwendet werden. Siehe Kapitel 7.3.3, Messstreckeneinrichtung. Genauso wichtig ist es, dass diese Werte bei einer Spankalibrierung so geändert werden, dass sie den Umgebungsbedingungen entsprechen.*

## B.3 Feuchte

Durch die Feuchtekorrektur erhält man die Konzentration im trockenen Gas. Der Analysator arbeitet nach folgender Formel:

$$C_0 = C \frac{1}{1 - \frac{W_n}{804,0}} \quad (\text{B.5})$$

wobei

$W_n$  = Feuchte im Nassgas

$C$  = Gemessene Konzentration im Nassgas

$C_0$  = auf trockenes Gas korrigierte Konzentration.

**Beispiel 3:** Im Nassgas wird eine NO Konzentration von  $298,0 \text{ mg}/\text{m}^3$  gemessen. Die Feuchte beträgt  $118,5 \text{ g}/\text{m}^3$ . Die korrigierte NO Trockenkonzentration errechnet sich so:

$$C_0 = 298,0 \frac{1}{1 - \frac{118,5}{804,0}} \text{ mg}/\text{m}^3 = 349,5 \text{ mg}/\text{m}^3 \quad (\text{B.6})$$

Die Temperatur- und Druckkorrekturen werden vor der Feuchtekorrektur berechnet.

Nachdem die Masse pro Normvolumen (nass oder trocken) berechnet worden ist, kann die Konzentration in einen Volumenteil umgerechnet werden, d.h. ppb oder Vol.-%. Der Umrechnungsfaktor ist für jedes Gas spezifisch, da er von Molgewicht und Molvolumen abhängt.

Für alle Gase wird ein Molvolumen von  $22,40 \text{ m}^3/\text{kmol}$  angenommen, das entspricht einem idealen Gas bei  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $1013 \text{ hPa}$ . Die Umrechnungsfaktoren sind umseitig aufgelistet.

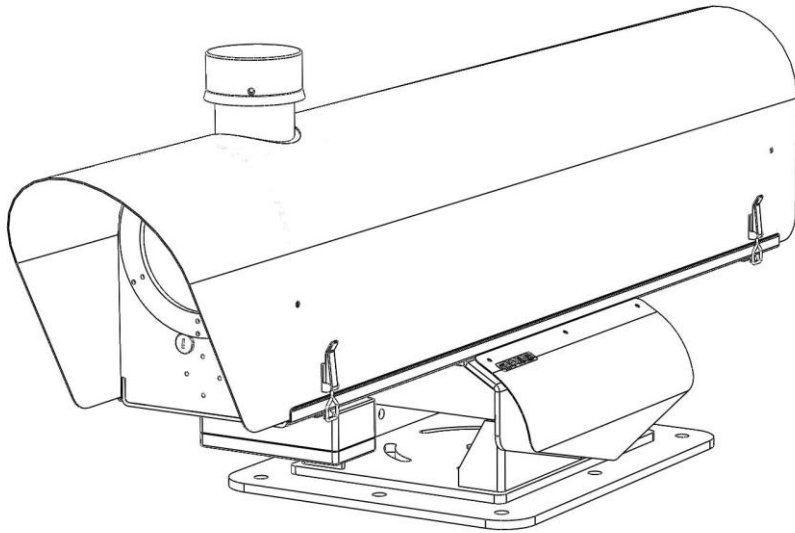
## B.4 Umrechnungsfaktoren

Table B.1: Umrechnungsfaktoren bei  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  und  $P_0 = 1013 \text{ hPa}$ . Das Molvolumen ist  $22,40 \text{ m}^3/\text{kmol}$ . Bitte wenden sie sich zu Informationen bezüglich anderer Gase am Opsi.

Gas No.	Formula	Gas name	Opsis label	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \Leftrightarrow$ $n \text{ ppbV}, n =$	$1 \text{ ppbV} \Leftrightarrow$ $n \mu\text{g}/\text{m}^3, n =$
1	SO <sub>2</sub>	sulphur dioxide	SO2	0.3497	2.860
2	NO	nitric oxide	NO	0.7465	1.340
3	NO <sub>2</sub>	nitrogen dioxide	NO2	0.4869	2.054
4	CO	carbon monoxide	CO	0.7997	1.250
5	H <sub>2</sub> S	hydrogen disulphide	H2S	0.6573	1.521
6	HF	hydrogen fluoride	HF	1.1196	0.893
7	HCl	hydrogen chloride	HCL	0.6144	1.628
8	O <sub>3</sub>	ozone	O3	0.4667	2.143
11	NO <sub>3</sub>	nitrogen trioxide	NO3	0.3613	2.768
12	N <sub>2</sub> O	nitrous oxide	N2O	0.5089	1.965
14	HNO <sub>2</sub>	nitrous acid	HNO	0.4765	2.099
16	H <sub>2</sub> O	water vapour	H2O	1.2434	0.804
17	NH <sub>3</sub>	ammonia	NH3	1.3153	0.760
18	Hg <sup>0</sup>	metallic mercury	HG	0.1117	8.955
19	O <sub>2</sub>	oxygen	O2	0.7000	1.429
21	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	benzene	BEN	0.2868	3.487
22	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	toluene	TOL	0.2431	4.113
23	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	p-xylene	PXY	0.2110	4.740
24	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	m-xylene	MXY	0.2110	4.740
25	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	o-xylene	OXY	0.2110	4.740
26	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	styrene	STY	0.2151	4.650
27	CH <sub>2</sub> O	formaldehyde	FOR	0.7460	1.340
28	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	phenol	FEN	0.2380	4.202
29	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	ethyl benzene	ETB	0.2110	4.740
30	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Cl	monochl. benzene	MCB	0.1992	5.020
31	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	dichloride benzene	DCB	0.1525	6.558
32	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	124 trimet. benzene	124	0.1864	5.366
33	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	135 trimet. benzene	135	0.1864	5.366
34	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	123 trimet. benzene	123	0.1864	5.366
35	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	acetaldehyde	ACE	0.5091	1.964
40	Cl <sub>2</sub>	chlorine	CL2	0.3159	3.165
41	ClO <sub>2</sub>	chlorine dioxide	CLO	0.3321	3.011
42	CO <sub>2</sub>	carbon dioxide	CO2	0.5090	1.965
43	CS <sub>2</sub>	carbon disulphide	CS2	0.2942	3.399
60	CH <sub>4</sub>	methane	CH4	1.3963	0.716

ER120

**OPSIS**®



**ER120 /RR090**  
**User and Installation Manual**

**VERSION 1.01**

## Copyright

© Opsis AB. All rights reserved. This manual and the software described in it are copyrighted with all rights reserved. No part of this publication may be reproduced, transmitted, transcribed, stored in a retrieval system or translated into any language in any form by any means without the written permission of Opsis AB. Opsis AB authorises the purchaser to make one copy of the software for backup purposes. Information in this document is subject to change without notice.

## Trademarks

OP SIS is a trademark owned by Opsis AB, Sweden. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective companies. Companies, names, and data used in examples herein are fictitious unless otherwise noted.

## Limited warranty on software

The warranty conditions of this software are described in the purchase agreement between the buyer and the seller. However, a condition for any warranty is that the software is installed, operated and maintained in accordance with the specifications and instructions issued by Opsis AB including this manual. This warranty is limited to replacement of defective diskette or documentation supplied by Opsis AB and in no event shall Opsis AB or its suppliers be liable for any loss of profit or any other commercial damage, including but not limited to direct or indirect, special, incidental, contingent or consequential damages resulting from any defects in the software or its documentation including damages from loss of data, downtime, loss of goodwill, damage to or replacement of equipment or property.



## CONTENTS

<b>1.</b>	<b>Introduction</b>	<b>4</b>
1.1	Safety Precautions	4
1.2	Overview / Connections	5
1.3	<b>Quick Start</b>	6
1.4	The PM101L power supply / LO120 control modules ( optional)	8
1.5	The fibre cables	8
1.6	Automatic light optimiser , LO120 ( optional)	8
<b>2.</b>	<b>Installation criteria</b>	<b>15</b>
2.1	Site requirements	15
<b>3.</b>	<b>Maintenance and Trouble shooting</b>	<b>16</b>
3.1	Periodic maintenance	16
3.2	Replacement of mirror	16
3.3	Cleaning of window and mirror	18
3.4	Trouble shooting	18
<b>4.</b>	<b>Technical specifications</b>	<b>20</b>
4.1	Weight and Dimensions	20
<b>5.</b>	<b>Drawings</b>	<b>21</b>



---

# 1. INTRODUCTION

---

The ER120 transceiver and the RR090 reflector are used to create a measurement path for the Opsis AR500 DOAS analyser. The units can be used for ambient air applications as well as for long path indoor applications such as smelter hall and pot-room monitoring. Distance between the ER120 and the RR090 may range from 10 to 500 metre.

The ER120 is a combined emitter and receiver. Light from the xenon lamp is emitted through a mirror from the ER120 towards the RR090 reflector. The reflected light is received by a parabolic mirror inside the ER120 and focused on to an optical fibre, which is transferring the light to the AR500 analyser.

With the optional LO120 light optimiser, the adjustment of the optical system in the ER120 is controlled automatically, to compensate for movements from the base construction.

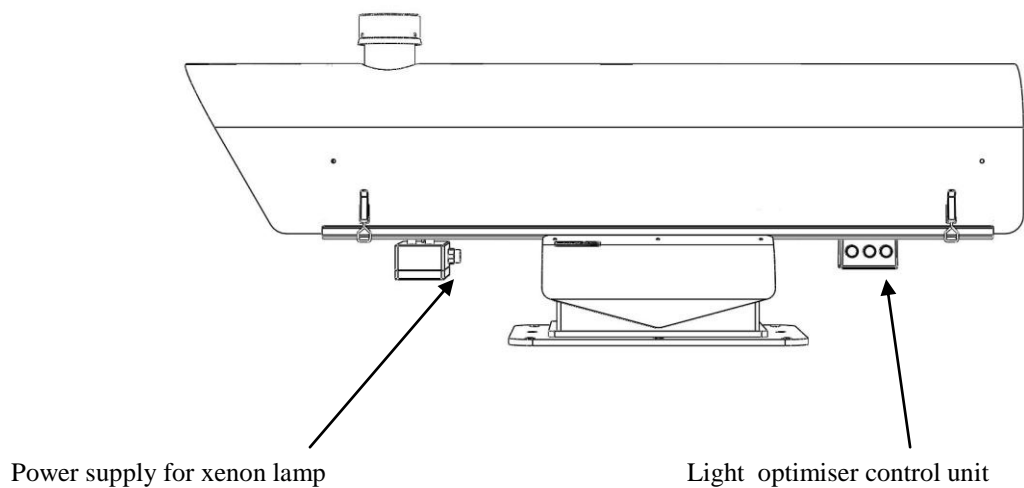
## 1.1 SAFETY PRECAUTIONS

- The xenon lamp in the transmitter is a continuous discharge lamp which is initiated by a high-voltage pulse. The voltage of this pulse is about 30 000 volts. **Failure to follow the installation instructions and safety regulations may endanger life.**
- **Protective glasses shall be worn at all times when working with the lamp due to the risk of explosion.** The xenon lamp is a high-pressure lamp. This means that the pressure in the lamp at room temperature is about 10 bar, while during operation it rises to nearly 30 bar. A small scratch on the lamp may cause it to explode, propelling small fragments of glass with great force. It is therefore also recommended that long-sleeved clothing and gloves are used, protecting the skin. Avoid removing the protective sheath until the lamp is going to be inserted in the socket.
- **Never touch the glass with bare fingers.** Fingerprints reduce the transmission of the glass, which increases the temperature inside the lamp, and thus the risk of explosion. Dust and fingerprints can be removed by carefully cleaning the lamp with a soft cotton cloth and pure alcohol or acetone.
- **The lamp must be installed with the anode (+) upwards.** It must not lean more than 15 degrees from the vertical during operation. Incorrect installation of the lamp will lead to an alteration in its spectrum, resulting in errors in the measurements. There is also a considerable risk that the lamp will not function at all.
- **Ultraviolet radiation is emitted by the lamp.** Never look directly into the lamp without protective glasses. Normal spectacles with glass or plastic lenses provides adequate protection from UV radiation as well. Also, naked skin should be protected from UV radiation.
- **During operation the lamp becomes very hot.** Therefore, do not touch the lamp until it has cooled down.
- **Used lamps should be handled as carefully as new ones.** Never leave a lamp without the protective sheath. When changing lamps, the protective sheath should

- be transferred from the new lamp to the old one.
- **When the lamp ignition unit is integrated inside the power supply PS150 unit (older versions only), make sure that the earth connection between the power supply and the emitter EM110/EM150 is properly connected before switching on the power to the lamp.**

## 1.2 OVERVIEW

Figure 1.2 shows the ER120.



**Fig. 1.2.** The ER120 transceiver with connections

### 1.3 Quick Start

1. Install the ER120 and the RR090 on a solid and stable foundation, preferably made of stone , bricks or concrete. Wooden or plastic constructions are not acceptable. Metal brackets / foundations can be used , on condition that movements caused by temperature changes can be accepted, or corrected for by using Automatic Light Optimizers ( LO120, optional).
2. Remove the cover from the ER120
3. Remove the transport security bolt. Check that the optical bench is properly attached to the micrometer adjustment screws ( fig 1.3.2.)

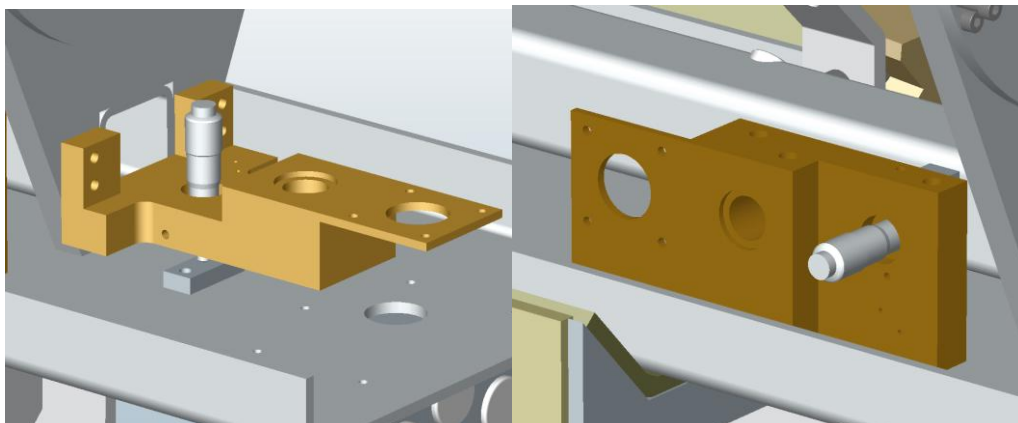


Fig 1.3.2 Rear micrometer adjustment screw, and front micrometer adjustment screw

4. Connect the optical fibre cable to the fibre post ( fig. 1.3.4).

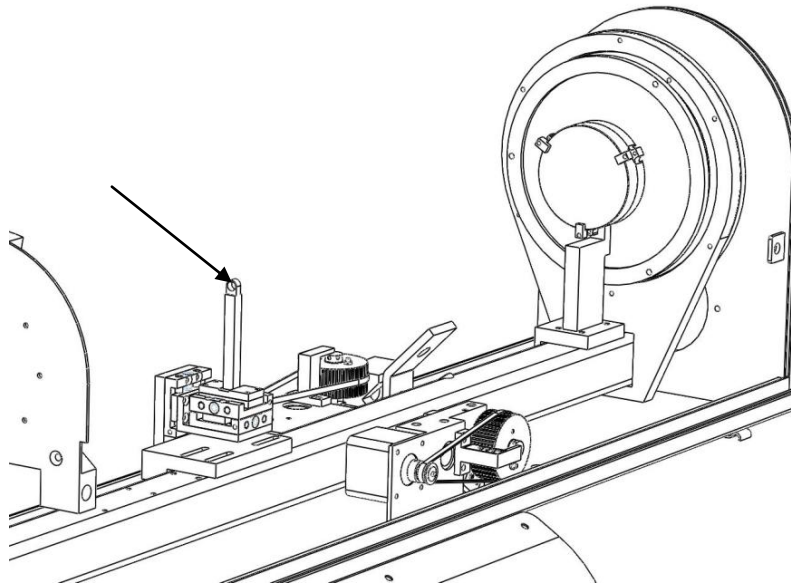


Fig 1.3.4 , connection for the OF60S optical fibre cable

5. Connect the cable from the power supply PS150 to the ignition box (fig. 1.2)
  
6. Coarse alignment. Loosen the rough adjustment screws on the sides and at the base plate, but not more than you can barely move the unit both vertically and horizontally. Adjust the ER120 until the light beam hits the reflector, and a light spot can be seen at or near the end of the optical fibre. Tighten the adjustment screws for vertical and horizontal movements and try to keep the light spot at the fibre end.
  
7. The optical alignment of the ER120 has been made at the factory, and focal length (distance between mirrors and xenon lamp/fibre post) should not be altered unless distance to reflector is less than 150 metre.
  
8. Connect a lux meter to the other end of the optical fibre. Continue the adjustments by viewing the light level signal at the lux meter. Make a final adjustment using the micrometer adjustment screws for the optical bench, until maximum light level signals has been reached.
  
9. Configure the AR500 according to the AR500 User Manual, and start the measurements.

## 1.4 The LO120 control modules ( optional)

If the option with automatic light optimizer, LO120, is included, the motor control modules for the LO120 will be installed in a junction box. Connect the motor control cables from the motor control modules to the motor cable terminals outside the ER120 (fig. 1.2). Connect the RS232 communication cable from the junction box to a COM port at the AR500 analyser.

## 1.5 The optical fibre cable

The optical fibre cable used to transmit the received light from the monitoring path should be Opsis OF60S or, for some applications, Opsis OF60R2.

## 1.6 Automatic Light Optimiser , LO120 ( optional)

The automatic light optimiser is a device that automatically adjusts the alignment of the optical bench in the ER120 at regular intervals . Step motors are used to adjust the optical bench in vertical and horizontal positions ( fig 1.6.1). The software in the AR500 analyser is used to configure how and when light optimising should be performed. The following configuration is required for use of the automatic light optimiser:

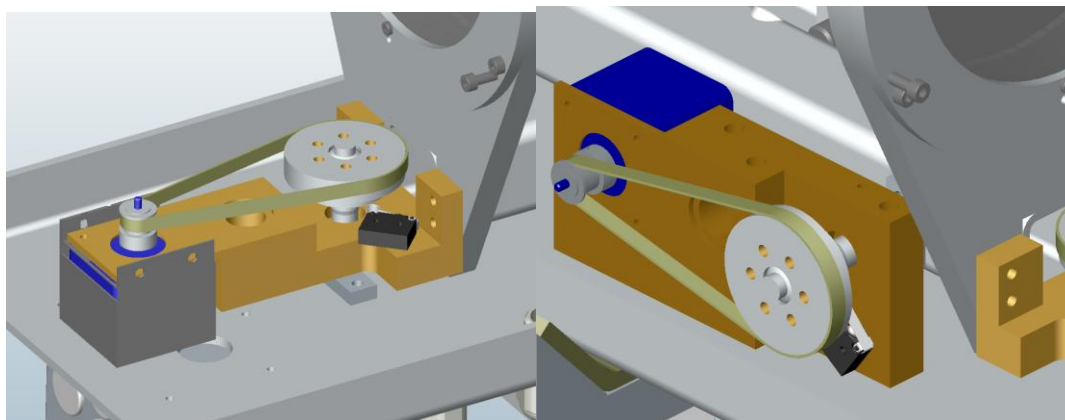


Fig 1.6.1 Motors controlling the micrometer adjustment screws

The ER120 must first be installed and aligned as described under 1.3, Quick Start . Cable connections should be made as described under 1.4 , The LO120 control modules.

Start up and configuration of the LO120 in the AR500 analyser software as described below:

**Activate the Light Optimiser:**

1. Start the analyser. In the Analyser Root Menu select [F1] Installation. Press [F2] Measurement Setup and finally [F1] Peripheral Control Setup to enter the Peripheral Control Setup Menu.

2. Position the cursor at the Light optimiser line and press [Enter], [Y] and [Enter] to change Type from “None” to “LO110/150”.

### **Serial Communication Port Setup**

1. Enter the Peripheral Control Setup Menu.

2. Move the cursor to the Config column and press [Enter] to activate the Peripheral Control Unit Setup Menu.

3. In the Peripheral Control Unit Setup Menu press [F1] and/or [F2] to configure the serial communication port(s). This opens a configuration menu where the following information is needed.

- **Port** defines the traditional label for the serial port (Com port).
- **Port address** sets the hardware address of the serial port. This address must correspond to the selected address of the serial card in use.
- **Port IRQ** sets the interrupt request number for the serial port. It must correspond to the hardware configuration. Please refer to the hardware documentation for proper address and IRQ settings.
- **Baud rate** is the transfer speed to the peripheral device. Normally, this is 19200 bps (bits per second).
- **Parity** should normally be “NO”.
- **Data bits** should normally be “8”.
- **Stop bits** should normally be “1”.
- Use the “Set default values” function to set the standard Opsis parameters for the selected port (COMx).

*Note: It is important that the port, address and IRQ number is selected correctly, and do not collide with other ports being used by the main analyser software or any other software (e.g. datalogger) in use in the analyser. The peripheral device will otherwise not work, and the function of the entire instrument may be jeopardised.*

*Note: If a TX 108 box is used, the parameters baud rate, parity, data bits and stop bits defined in the Serial communication port setup menu must correspond to the parameter settings on the TX 108 box.*

The two stepper motors in the light optimiser are controlled by motor control modules

MM001. The analyser controls the MM001 modules via a communication unit RM001.

The setup procedure is as follows:

1. Enter the Peripheral Control Unit Setup Menu.
2. Press [Ins]/[Del] to add or remove RM001 units. There should be one RM001 unit corresponding to each control unit.

Peripheral control unit setup.					
Unit	Port	Con. module	Id #	Config	Status
1	COM A	RM001 ErrCorr	0	x ->	Not detected
[F1] - COM A setup.		[Ins] - Add unit.			
[F2] - COM B setup.		[Del] - Remove unit.			
[F3] - Program unit Id.		[Enter] - Change.			
[F4] - Connection status.					

Figure 1.6.1. The Peripheral Control Unit Setup Menu.

3. Make sure that the communication module type stated in the Com. module column is “RM001 ErrCorr”. If not press [Enter] to change.
4. Press [F3] Program Unit Id and one unit at a time can be programmed. When a unit is programmed all the other units has to be disconnected. The function [F4] Connection status shows the status of the unit (should be “OK” if the unit is properly configured).

*Note: CM001 communication modules may be delivered when the distance to the analyser is short. In that case the communication module type must be changed to “CM001”. Make sure that the correct choice is made during the software installation.*

*Note: It is important not to mix up the cables when the units are connected/disconnected during the setup. That will jeopardize the function of the system.*

*Note: The communication unit setup is only made **once**, i.e. when the light optimisers are installed. **DO NOT** activate this function during operation.*

### Motor Control Module Setup

The motor control modules connected to each communication unit are configured as follows:

1. Enter the Peripheral Control Unit Setup Menu.
2. Move the cursor to the Config column and press [Enter].

Peripheral control unit. #1						
#	Module type	Function	Option 1	Option 2	Opt 3	Current hardware settings
1	MM001	LO	Path 1	I-Med.lo	X Re	None
2	MM001	LO	Path 1	I-Med.lo	Z Re	None
[F1] - Program setup.    [Ins] - Add module.    [Enter] - Change. [F2] - Verify setup.    [Del] - Remove module.						
Can part activated, no modules found.						

Figure 1.6.2. The Peripheral Control Unit #n Menu.

3. The Peripheral Control Unit #n Menu appears. Press [Ins] to add a motor module to the list or [Del] to remove one. The motor modules should be configured as follows:

- Module type is always MM001.
- Function must be LO rev (for revolving motor as in the ER120)
- Option 1 defines which paths the motor modules act on. The settings must correspond to the physical connections of the motors.
- Option 2 determines the current running through the motor. It should be IMed.hi.
- Option 3 links each motor module to a specific location and orientation. X Re is the x-axis on a receiver, Z Re the z-axis on a receiver, X Tr the x-axis on an emitter, Z Tr the z-axis on an emitter, X MB the x-axis on a mirrorbox and Z MB the z-axis on a mirrorbox. The setting must correspond to the physical connection of the motor modules for the light optimizer to work. Also note that the operation also depends on the configuration in the Light Optimize Setup Menu.

4. Press [F1] Program setup and then [F2] Verify setup to verify that the modules are programmed correctly. A message in the column Current hardware settings will appear and if the message includes the word “True” the configuration was successful. The configuration procedure can be continued, otherwise refer to the Troubleshooting section.



## Light optimize setup

After the manual adjustment of the emitters and receivers an automatic optimisation should be done. The parameters controlling the optimisation procedure has to be defined.

1. Connect the original fiber.
2. Make sure that the units connected to the path emitter/receiver/mirrorbox are Active/Yes. Set the half step range according to the label inside the ER120 .

Light Optimise Setup			
Selected path	0 1		
Optimize path	Execute		
Path 1 setup	Receiver	Transmitter	Mirror box
Active	No	No	No
Reset/Home	Execute	Execute	Execute
Optimize	Execute	Execute	Execute
Manual adjust	Execute	Execute	Execute
1st range.grid	10 < 5 x 5 >	10 < 5 x 5 >	10 < 5 x 5 >
2nd range.grid	5 < 5 x 5 >	5 < 5 x 5 >	5 < 5 x 5 >
3rd range.grid	1 < 5 x 5 >	1 < 5 x 5 >	1 < 5 x 5 >
Actual position	X   Z	X   Z	X   Z
Home position	0   0	0   0	0   0
Scans	20	Low/high limit (%)	0.5/100.0
Half range	120	Repeat < low limit	Yes
Opt interval (m)	60	Reset < low limit	Yes
Opt start	30	COM A(send ok,err)	
Last opt.	1899-12-30 00:00	COM B(send ok,err)	

Figure 1.6.3. The Light Optimise Setup Menu where the parameters controlling the light optimisation procedure are defined.

3. Optimise the light level manually using the micrometer screws. Note the position on the micrometer screws and make a reset/home command. Adjust the home position and do a reset until position is correct. If home position is more than 25% off the center position of the micrometer screws, a new coarse alignment of the ER120 unit must be done ( section 1.3 , Quick Start )
4. Choose a search pattern, e.g. 5(7x7), 3(5x5) and 1(3x3). Position the cursor on the Manual adjust line. Press Enter followed by F1 Toggle light check to check the actual light level.
5. Start an automatic optimisation of the receiver by positioning the cursor in the row Optimize path and press [Enter] on Execute. The light level readings should increase after each step of the optimisation procedure. If that is the case, set the home position (Re home pos.) to the actual position.
6. Start an automatic optimisation of the emitter. If the light level readings are increasing, set the new home position. If the path includes a mirror box, the optimisation procedure should be done for the mirror box as well.

7. Run a complete automatic optimisation of the path.

*Note: If it is not possible to find the light optimum during the optimisation, move the emitter/receiver back to the home position. (This usually is caused by too large steps in the search pattern and the light optimiser will then miss the light optimum.) Reduce the search pattern and the number of steps.*

### **Optimising strategies**

There are some general rules about the strategy of optimisation that should be kept in mind:

1. The optimisation interval should be set as long as possible, to minimise adjustment time, but short enough to catch misalignments quick enough.
2. A large search pattern with small steps is time-consuming.
3. A long path will lead to that the system is more sensitive to movements.
4. Choose a short optimisation interval to start with. Later when the optimisation procedure proves to be stable, it is possible to increase the optimisation interval.

### **Rule of thumb**

<b>Movement</b>	<b>Optimisation interval</b>	<b>Search pattern</b>
Rapid	Short	Small
Slow	Long	Large

*Note: All measurements will be inhibited during the light optimisation.*

### **Parameter settings**

#### **Search pattern, a(b x b)**

(b x b) = the number of squares in the search pattern  
a = the number of steps

#### **Optimisation interval**

The parameter Opt interval (m) states the number of minutes between the light optimisations.

In the table below general recommendations of optimisation intervals for different applications are listed.

Table 6.1: General recommendations of optimisation intervals for different applications.

Application	Optimisation interval:
Ambient, straight path	once/hour
Ambient, path including mirror box	twice/hour
Aluminium smelter	several times/hour

### Low/High limit (%)

The analyser checks the light level before optimisation is executed. This function gives the possibility to define a limit of the light level when optimisation is not needed. The function is not activated if the low/high limit values are 0.5/100.

- **High limit**

If the light level exceeds this limit, no optimisation will be done. The analyser continues the measurements. If the light level is below this limit, optimisation will be executed.

- **Low limit**

If the maximum light level values found during the optimisation is below this value, the emitter and the receiver are set to the home position and the optimisation procedure is repeated once. The parameters Repeat < low limit and Reset < low limit should both be Active Yes.

---

## 2. INSTALLATION CRITERIA

---

For an optical system such as the ER120/RR090 , proper and stable light levels are required to provide the best measurement performance. Some of the important installation criteria are described in this section.

### 2.1 Site requirements

- Both the ER120 transceiver and the RR090 reflector must be installed on a firm base, minimizing any temperature induced movements, such as bricks, stone or concrete. Wooden constructions must be totally avoided. Steel brackets can however be used as a ‘shelf’ when affixed directly to concrete, but preferably shaded or insulated to avoid effects from sun and heat radiations.

---

## 3. MAINTENANCE AND TROUBLE SHOOTING

---

### 3.1 Periodic maintenance

The ER120 and RR090 requires a minimum of periodic maintenance, on condition that installation criteria ( section 2.0) above has been met. The following steps should be taken as periodic maintenance in order to keep the best possible performance and operation of the system:

Monthly:

- Cleaning of windows, if necessary.

Yearly

- Inspection of all mounting details

### 3.2 Replacement of mirror

Normally, the life time of the mirrors is expected to be several years. But, in case the mirror seems to be " cloudy" or corroded, it may need to be replaced.

It is very import when changing mirror, to not alter any other adjustments of the ER120 , except on the mirror itself !

● **NOTE: The coating on the mirror is very sensitive. It must not be touched or cleaned with any liquids.**

The mirror holder is attached to the telescope by three screws ( [5] in the figure below). To make it possible to adjust the angle of the mirror another three screws are threaded through the holder [4]. When starting the adjustments, these “pushing” screws [4] should be loosened gently, one by one.

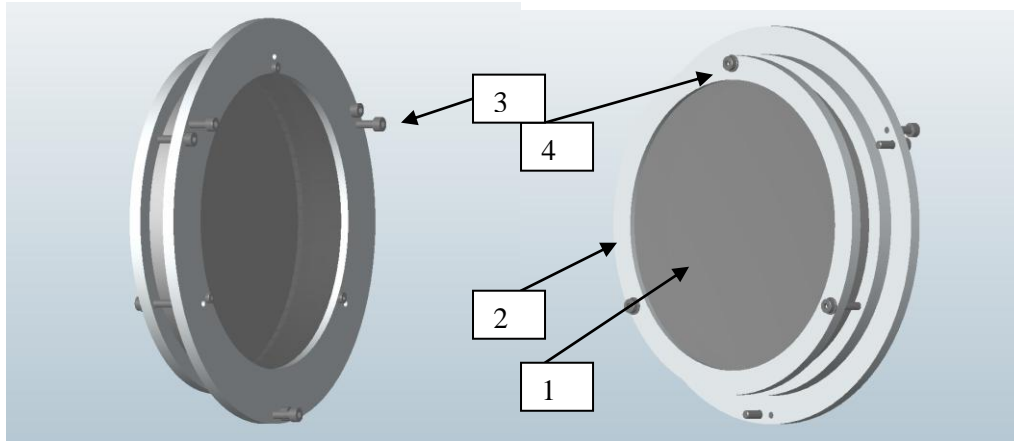


Fig 3.2.1 Mirror assembly and adjustment screws

- 1 mirror
- 2 mirror holder
- 3 adjustment screws (3 PCS)
- 4 attachment screws (3 PCS)

Procedure for mirror replacement:

1. Loosen the three attachment screws [5], and pull the mirror out.
2. Loosen the clips which lock the mirror in position in the holder, and replace with a new mirror. Tighten the clips carefully!
3. Loosen the three adjustment screws [4] entirely, and attach the mirror unit to the telescope.
4. The mirror should now be adjusted so that the light spot ( using visible light) will be on the detector. Adjust the mirror position by turning the adjustment screws little by little until the mirror is in such position where the light spot is on the detector. Do not turn the screws by force , but gently turn one screw counter clockwise while the corresponding screws on the other side of the mirror are turned anti-clockwise, until a movement of the mirror in the required direction is obtained.
5. Finally, check that all screws are gently but securely tightened. Check the light levels , and if required make a final adjustment of the optical bench.

### 3.3 Cleaning of window and mirror

The protective windows are made of quartz, and cleaning, therefore, causes no problems. Dirt and grease can be removed using a soft cotton cloth with acetone or pure alcohol. If the inside of the window requires cleaning, it should first be removed from the telescope, cleaned, and allowed to dry completely before being remounted. This will prevent unnecessary moisture and solvent vapour from getting into the telescope.

The mirrors are made of a thin layer of aluminium which is sputtered onto a quartz substrate. To protect the highly reflective aluminium surface from dirt and oxidation, and to obtain a high reflectance in the short-UV wavelength region, a layer of magnesium fluoride, MgF<sub>2</sub>, has been deposited on the mirrors in the ER 120.

**The magnesium fluoride coating on the mirrors is very sensitive. It must not be touched or cleaned with liquids.**

Magnesium fluoride is a salt which is soluble in most liquids, including water. Therefore, any dirt finding its way onto the mirrors must remain there. This will normally not pose a problem, as the mirrors are located far back in the telescopes. Loose dust may be removed gently with a dry, soft, cotton cloth or a photographer's lens brush.

The reflective surface is affected by the moisture which is present in the atmosphere. In time, the surface may become somewhat greyish, and this will affect the amount of light reaching the analyser. This process takes place more rapidly in the receiver than in the emitter as the mirror in the emitter is, to some extent, protected by the heat given off by the lamp. After a few years, it may, therefore, be necessary to replace one or both of the mirrors.

### 3.4 Trouble shooting

**Light levels are lower than normal ( slow trend ) :**

Check alignment according to section 1.3 , Quick Start

Check the condition of the windows and mirror, clean if necessary

Check that the mounting screws/bolts for the ER120 unit are securely tightened.

**Light levels are lower than normal ( rapid change /drop of light level):**

Check that the OF060S fibre cable is not broken, by sending light from the ER120 through the fibre cable and check the light spot .

Check that windows are clean

Check for obstructions in the light path

**Fail to establish contact with RM module ( LO120 option only):**

Check analyser com port settings.

Check RS232 wire continuity.

Check RS232 wire polarity.

Check power to connection box.

Check RM001 module.

**Fail to establish contact with MM module ( LO120 option only).**

Check MM001 module.

Check ribbon cable connector.

Check chain connector.

Com A/Com B error counts

**The stepper motors are not moving or moving irregularly ( LO120 option only):**

Check that the cables to the stepper motors are connected properly.

Check if the stepper motors have reached the end position. If that is the case, set home position to (0,0) and do a manual adjustment of the path.



---

## 4. TECHNICAL SPECIFICATIONS

---

### Technical Specifications (standard)

#### **ER 120**

Material Aluminium/  
stainless steel

Length 1400 mm

Height 560 mm

Weight (approx.) 78 kg

Window diameter 150 mm

Window material quartz glass

Optical divergence 1 to 10 mRad

Ambient temperature  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+80^{\circ}\text{C}$   
( $-40^{\circ}\text{F}$  to  $+175^{\circ}\text{F}$ )

Degree of protection IP 54

Monitoring path length max. 500 m

#### **RR 090**

Material (housing): stainless steel

Material, prisms: Quartz glass corner cubes (7, 12 or 37 prisms)

Length, excl. attachments 570 mm

Diameter 210 mm

Dimensions of base 250 x 160 mm

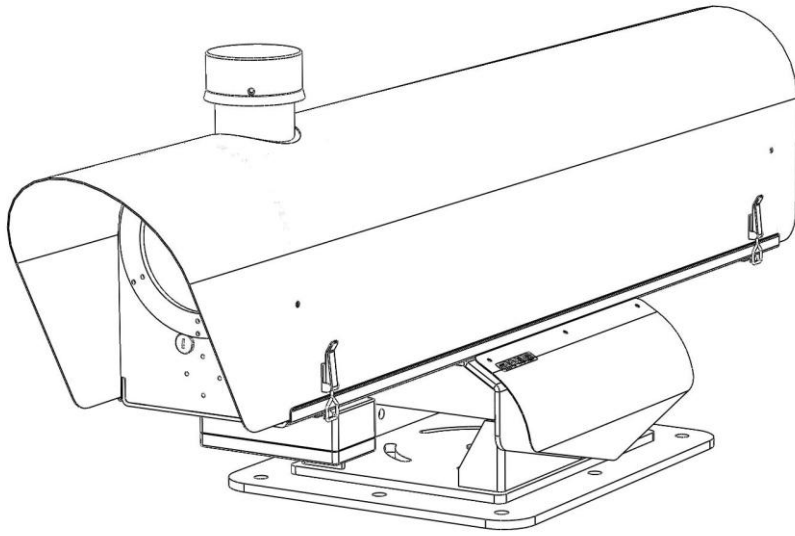
Height, incl. base 335 mm

Weight, incl. mounting device 10 kg

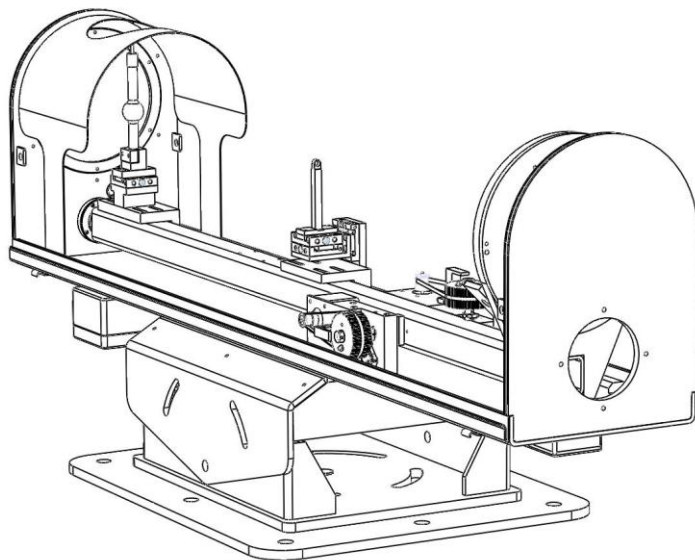
---

## 5. DRAWINGS

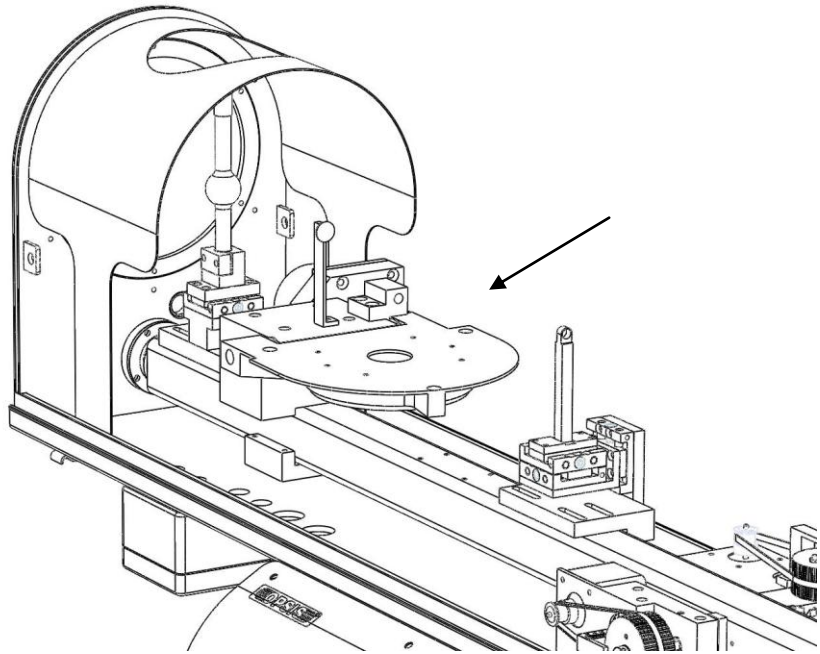
---



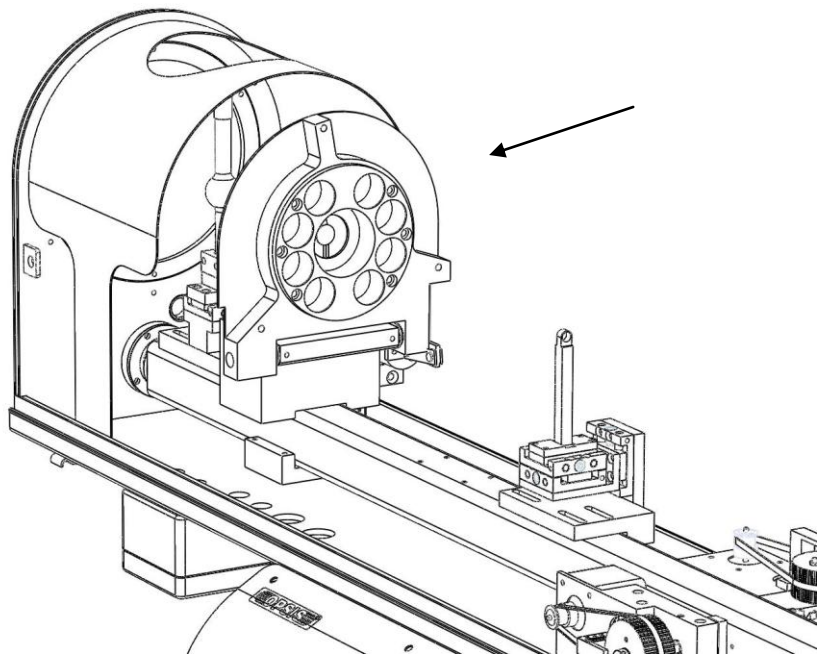
Overview



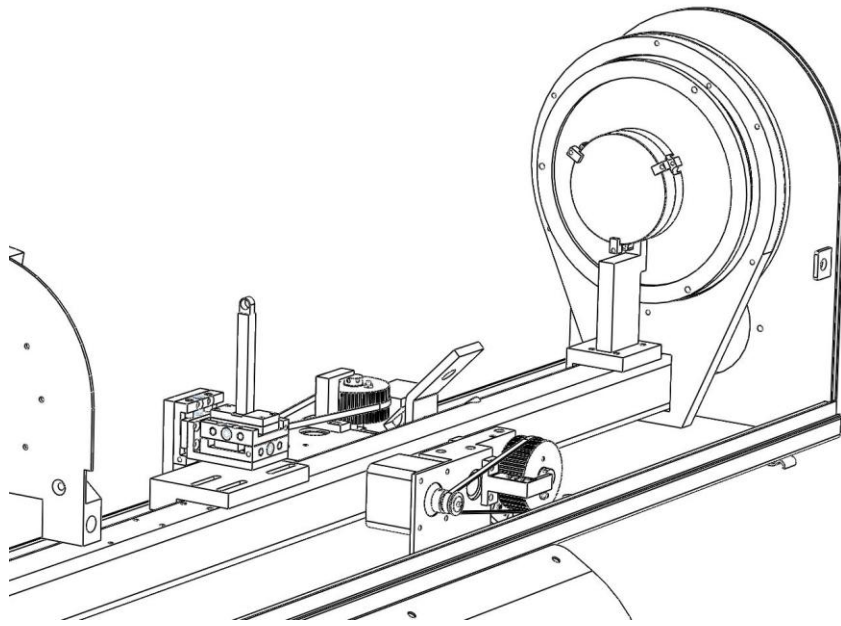
Optical bench with xenon lamp, fibre post and mirrors



Optional equipment for automatic calibrations (open path measurement mode)



Equipment for automatic calibrations (calibration mode)



Mirrors: Emitter,  $\varnothing$  150 mm Receiver,  $\varnothing$  75 mm