

## TÜV RHEINLAND IMMISSIONSSCHUTZ UND ENERGIESYSTEME GMBH

Akkreditiertes Prüfinstitut



DAP-PL-3856.99

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissions-  
messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit  
PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI In-  
struments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub  
PM10 und PM2,5

**TÜV-Bericht: 936/21207522/A**  
Köln, 23.03.2009

[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 Immissionsmesseinrichtung  
SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider  
der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub  
PM10 und PM2,5

<b>Geprüfte Messeinrichtung:</b>	SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider
<b>Gerätehersteller:</b>	FAI Instruments s.r.l. Via Aurora, 25 00013 Fonte Nuova (Roma) Italien
<b>Prüfzeitraum:</b>	von: Juli 2007 bis: Dezember 2008
<b>Berichtsdatum:</b>	23.03.2009
<b>Berichtsnummer:</b>	936/21207522/A
<b>Bearbeiter:</b>	Dipl.-Ing. Karsten Pletscher T.: ++49 221 806-2592 karsten.pletscher@de.tuv.com
<b>Berichtsumfang:</b>	Bericht 199 Seiten Anhang ab Seite 200 Handbuch ab Seite 303 Handbuch mit 226 Seiten Gesamt 531 Seiten



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>KURZFASSUNG UND BEKANNTGABEVORSCHLAG</b> .....	<b>9</b>
1.1	Kurzfassung .....	9
1.2	Bekanntgabevorschlag.....	14
1.3	Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse .....	15
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>21</b>
2.1	Art der Prüfung .....	21
2.2	Zielsetzung .....	21
<b>3</b>	<b>BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG</b> .....	<b>22</b>
3.1	Messprinzip .....	22
3.2	Funktionsweise der Messeinrichtung .....	23
3.3	Umfang und Aufbau der Messeinrichtung .....	33
<b>4</b>	<b>PRÜFPROGRAMM</b> .....	<b>46</b>
4.1	Allgemeines.....	46
4.2	Laborprüfung .....	46
4.3	Feldtest.....	47
<b>5</b>	<b>REFERENZMESSVERFAHREN</b> .....	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>PRÜFERGEBNISSE</b> .....	<b>71</b>
6.1	4.1.1 Messwertanzeige.....	71
6.1	4.1.2 Wartungsfreundlichkeit .....	72
6.1	4.1.3 Funktionskontrolle .....	74
6.1	4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten .....	76
6.1	4.1.5 Bauart .....	78
6.1	4.1.6 Unbefugtes Verstellen .....	79
6.1	4.1.7 Messsignalausgang.....	80

6.1	4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz .....	82
6.1	5.1 Allgemeines .....	83
6.1	5.2.1 Messbereich .....	84
6.1	5.2.2 Negative Messsignale .....	85
6.1	5.2.3 Analysenfunktion .....	86
6.1	5.2.4 Linearität .....	89
6.1	5.2.5 Nachweisgrenze .....	90
6.1	5.2.6 Einstellzeit .....	92
6.1	5.2.7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur .....	93
6.1	5.2.8 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur .....	95
6.1	5.2.9 Nullpunktsdrift .....	97
6.1	5.2.10 Drift des Messwertes .....	101
6.1	5.2.11 Querempfindlichkeit .....	105
6.1	5.2.12 Reproduzierbarkeit .....	106
6.1	5.2.13 Stundenwerte .....	109
6.1	5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz .....	110
6.1	5.2.15 Stromausfall .....	112
6.1	5.2.16 Gerätefunktionen .....	114
6.1	5.2.17 Umschaltung .....	115
6.1	5.2.18 Verfügbarkeit .....	116
6.1	5.2.19 Konverterwirkungsgrad .....	119
6.1	5.2.20 Wartungsintervall .....	120
6.1	5.2.21 Gesamtunsicherheit .....	121
6.1	5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems .....	126
6.1	5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme .....	134
6.1	5.3.3 Kalibrierung .....	139

6.1	5.3.4 Querempfindlichkeit.....	140
6.1	5.3.5 Tagesmittelwerte .....	144
6.1	5.3.6 Konstanz des Probenahmestroms .....	145
6.1	5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems .....	149
6.1	5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen.....	151
7	WEITERE PRÜFKRITERIEN NACH LEITFADEN „DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS“ .....	152
7.1	Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs}$ [9.5.2.1] .....	152
7.1	Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6].....	165
7.1	Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen [9.7].....	191
8	EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ .....	198
	Arbeiten im Wartungsintervall (4 Wochen).....	198
	Weitergehende Wartungsarbeiten.....	198
9	LITERATURVERZEICHNIS .....	199
10	ANLAGEN .....	199





## 1 Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

### 1.1 Kurzfassung

Gemäß der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008 (ersetzt die Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG vom 27. September 1996 inkl. der zugehörigen Tochterrichtlinien 1999/30/EG, 2000/69/EG, 2002/3/EG sowie die Entscheidung des Rates 97/101/EG) „über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ sind als Referenzmethoden zur Messung der PM10-Konzentration die in der EN 12341 „Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“ sowie zur Messung der PM2,5-Konzentration die in der EN 14907 „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM2,5-Massenfraktion des Schwebstaubs“ beschriebenen Methoden zu verwenden. Die Mitgliedsstaaten können bei Partikeln jedoch auch eine andere Methode verwenden, wenn nachgewiesen werden kann, „dass diese einen konstanten Bezug zur Referenzmethode aufweist. In diesem Fall müssen die mit dieser Methode erzielten Ergebnisse korrigiert werden, damit diese den Ergebnissen gleichwertig sind, die bei der Anwendung der Referenzmethode erzielt worden wären.“ (2008/50/EG, Anhang VI, B).

Der Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” der Ad-hoc-EG-Arbeitsgruppe vom November 2005 (Quelle: [http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/equivalence\\_report3.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/equivalence_report3.pdf)) beschreibt ein Verfahren für die Prüfung auf Äquivalenz von Nicht-Standardmessverfahren. Obwohl der genannte Leitfaden nicht normativ ist, wird die Anwendung von dem so genannten CAFE-Komitee vorläufig empfohlen.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wurden folgende Grenzwerte angesetzt:

	PM2,5	PM10
Tagesgrenzwert TGW (24 h)	nicht definiert	50 µg/m <sup>3</sup>
Jahresgrenzwert JGW (1 a)	25 µg/m <sup>3</sup> *	40 µg/m <sup>3</sup>
Jahresgrenzwert JGW (1 a)	20 µg/m <sup>3</sup> **	

\* Stufe 1 ab 01. Januar 2015

\*\* Stufe 2 ab 01. Januar 2020

Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 von Juni 2002 beschreibt die „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung“. Die allgemeinen Rahmenbedingungen für die zugehörigen Prüfungen sind in der Richtlinie VDI 4203, Blatt 1 „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen“ vom Oktober 2001 beschrieben. VDI 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“ vom August 2004 präzisiert diese Rahmenbedingungen.

Da die gemäß dieser Richtlinien anzuwendenden Bezugswerte explizit auf die Messkomponente PM10 abgestimmt sind, wird für die Messkomponente PM2,5 die Anwendung der folgenden Bezugswerte vorgeschlagen:

	PM2,5	PM10
B <sub>0</sub>	2 µg/m <sup>3</sup>	2 µg/m <sup>3</sup>
B <sub>1</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	40 µg/m <sup>3</sup>
B <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup>	200 µg/m <sup>3</sup>

Es wird lediglich eine Anpassung des B<sub>1</sub> auf dem Niveau des Grenzwertes für das Jahresmittel vorgenommen.

Im Auftrag der FAI Instruments s.r.l. führte die TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5 durch.

Die Eignungsprüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien und Anforderungen:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004

- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM 2,5-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von November 2005

Die vorliegende Eignungsprüfung erfolgte in Strategie, Design und in ihrer Durchführung analog zu allen vorangegangenen Eignungsprüfungen. Es wurde gezeigt, dass mit diesem Ansatz alle Mindestanforderungen für PM 10 wie auch für PM 2,5 von der Messeinrichtung eingehalten werden.

Im Rahmen der Prüfung wurde allerdings auch festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbelastung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmessungen vorliegen. Als Folge dessen liegen auch die ermittelten erweiterten Messunsicherheiten für die Komponente PM10 signifikant höher als die für PM2,5 ermittelten Unsicherheiten.

Da die Messeinrichtung SWAM5a Dual Channel Monitor die abgeschiedenen Partikelmassen sowohl für PM10 als auch für PM2,5 mit ein und demselben Messmodul bestimmt und alle relevanten Parameter (Design der Probenahmeköpfe, Durchflussraten, Dichtheit) bei den Prüflingen den Anforderungen entsprechen, können die signifikant schlechteren PM10-Ergebnisse im Vergleich zu den PM2,5-Ergebnissen nicht in der Performance der Prüflinge begründet sein.

Bei genauerer Untersuchung des eingesetzten Equipments wurde festgestellt, dass die in den PM10-Probenahmeköpfen eingesetzten PM10-Düsen in Geometrie und Bauausführung nicht exakt den Vorgaben der DIN EN 12341 entsprechen. An Stelle eines durchgängig geraden Innendurchmessers der Düsen von 6,5 mm weisen die verwendeten Düsen der Firma LECKEL GmbH einen Innendurchmesser von 10 mm aus, der sich zum Düsenende hin auf 6,5 mm verjüngt.

Das Design der Probenahmeköpfe der FAI-Prüflinge entspricht hingegen exakt den Vorgaben der DIN EN 12341.

Dieser vorgefundene Unterschied in der Bauausführung der Probenahmeköpfe konnte als Ursache für das v.a. bei hohen Anteilen von Partikeln im Bereich um 10 µm signifikant abweichende Abscheideverhalten der Referenzgeräte im Vergleich zu den Prüflingen ermittelt werden.

Anlage 2 zu diesem Bericht beschreibt in ausführlicher Form die gefundenen Ergebnisse und die Analyse und Bewertung der Abweichungen.

Es ist zu beachten, dass die Prüfung für die Komponente Schwebstaub PM2,5 von dieser Problematik in keiner Weise betroffen ist und trotz dieser Problematik die Komponente PM10 die Mindestanforderungen in allen Punkten erfüllt.

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor ist ein automatisches und sequentielles Messgerät zur Staubmessung auf Filtermembranen. Das System wird mit zwei vollständig unabhängigen Probenahmelinien betrieben. Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wird eine Probenahmelinie mit einem PM10 Probenahmekopf und die zweite Probenahmelinie mit einem PM2,5 Probenahmekopf betrieben – abweichende Konfigurationen sind möglich. Mit Hilfe von zwei Pumpen wird hierbei Umgebungsluft zum Einen über den PM10 Probenahmekopf und zum Anderen über den PM2,5 Probenahmekopf angesaugt. Die Staub beladene Probenahmeluft wird dann jeweils auf einem Filter (1 x PM10, 1 x PM2,5) abgeschieden. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf den Filtern erfolgt nach der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption. Es besteht die Möglichkeit, die Filter gravimetrisch auszuwiegen. Zudem stehen die Filter für weitere analytische Verfahren (z.B. eine Schwermetallanalyse) zur Verfügung.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines mehrmonatigen Feldtests.

Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1:

*Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen*

	Köln, Parkplatzgelände	Bonn, Belderberg	Teddington, UK*	Brühl
Zeitraum	10/2007 – 02/2008	02/2008 – 04/2008	07/2008 – 11/2008	09/2008 – 12/2008
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge PM10	100	64	83	55
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge PM2.5	100	64	83	55
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund	Verkehr	Städtischer Hintergrund	Kieswerk
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	durchschnittlich bis hoch	niedrig bis durchschnittlich	durchschnittlich

\*Die Prüfung am Standort Teddington erfolgte im Rahmen des Testprogramms „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing Programme“ parallel zu der in Deutschland durchgeführten Prüfung mit einem zweiten, baugleichen Gerätesatz. Dieses Prüfprogramm wurde vor dem Hintergrund der europäischen Harmonisierung gemeinsam von britischen und deutschen Prüfinstituten (NPL, Bureau Veritas, TÜV Rheinland) entwickelt und umfasst die Prüfung der neuesten Serien von Schwebstaubmesseinrichtungen verschiedener Hersteller im Labor und an Standorten in Großbritannien und in Deutschland.

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 Immissionen von Schwebstaub PM10 und PM2,5 vorgeschlagen.

## 1.2 Bekanntgabevorschlag

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

- 1.2.1 Messaufgabe** : Laufende Aufzeichnung der Immissionen von Schwebstaub PM10 und PM2,5
- 1.2.2 Geräte name** : SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider
- 1.2.3 Messkomponenten** : Schwebstaub PM10 und PM2,5
- 1.2.4 Hersteller** : FAI Instruments s.r.l.  
Via Aurora, 25 – 00013 Fonte Nuova (Roma), Italien
- 1.2.5 Eignung** : Zur kontinuierlichen parallelen Immissionsmessung der PM10- und der PM2,5-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz.
- 1.2.6 Messbereiche bei der Eignungsprüfung** : PM10: 0 bis 200 µg/m<sup>3</sup>  
PM2,5: 0 bis 200 µg/m<sup>3</sup>
- 1.2.7 Softwareversion** : Version Rel 04-08.01.65-30.02.00
- 1.2.8 Einschränkungen** : Keine
- 1.2.9 Hinweise** :  
1. Die Anforderungen gemäß des Leitfadens "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" werden eingehalten.  
2. Es wurden Filterhalter mit einer Beaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> eingesetzt.  
3. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM10-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.  
4. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM2,5-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.
- 1.2.10 Prüfinstitut** : TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, Köln  
TÜV Rheinland Group  
Verantwortlicher Prüfer: Dipl.-Ing. Karsten Pletscher
- 1.2.11 Prüfbericht** : 936/21207522/A vom 23.03.2009

### 1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite	
4	Bauartanforderungen				
4.1	Allgemeine Anforderungen				
4.1.1	Messwertanzei-ge	Muss vorhanden sein.	Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.	ja	71
4.1.2	Wartungsfreund-lichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Auf-wand von außen durchführbar.	ja	72
4.1.3	Funktionskontrol-le	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entspre-chenden Teilprüfungen einzu-setzen und zu bewerten.	Alle im Bedienungshandbuch be-schriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionie-ren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und über ei-ne Reihe von verschiedenen Status-meldungen (Betriebs-, Warn- und Fehlerstatus) angezeigt.	ja	75
4.1.4	Rüst- und Ein-laufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	77
4.1.5	Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufge-führten Angaben zur Bauart sind voll-ständig und korrekt.	ja	78
4.1.6	Unbefugtes Ver-stellen	Muss Sicherung dagegen ent-halten.	Die Messeinrichtung ist gegen unbe-absichtigtes und unbefugtes Verstel-len von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist darüber hin-aus in einem Messcontainer bzw. ei-nem Outdoor-Messschrank zu ver-schließen.	ja	79
4.1.7	Messsignalaus-gang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (0-5 V) und digital (über RS 232) angebo-ten.	ja	80
4.2	Anforderungen an Messeinrich-tungen für den mobilen Einsatz	Ständige Betriebsbereitschaft muss gesichert sein; Anforde-rungen des stationären Einsat-zes müssen analog im mobilen Einsatz erfüllt sein.	Die Messeinrichtung wurde im Rah-men des Feldtestes an mehreren ver-schiedenen Standorten betrieben; kann aber nicht in fahrenden Fahr-zeugen eingesetzt werden.	nein	82

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
5. Leistungsanforderungen				
5.1 Allgemeines	Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.	Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.	ja	83
5.2 Allgemeine Anforderungen				
5.2.1 Messbereich	Messbereichsendwert größer $B_2$ .	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eingestellt.	ja	84
5.2.2 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.	ja	85
5.2.3 Analysenfunktion	Zusammenhang zwischen Ausgangssignal und Messgröße muss mittels Analysenfunktion darstellbar sein und durch Regressionsrechnung ermittelt werden.	Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.	ja	86
5.2.4 Linearität	Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion im Bereich von Null bis $B_1$ maximal 5 % von $B_1$ und im Bereich Null bis $B_2$ maximal 1 % von $B_2$ .	Für Staubmesseinrichtungen für PM10 ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.  Für Staubmesseinrichtungen für PM2,5 ist diese Prüfung gemäß 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] durchzuführen.	ja	89
5.2.5 Nachweisgrenze	Maximal $B_0$ .	Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linie A) bzw. 0,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linie B) für Gerät 1 (SN 127) und zu 0,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linie A) bzw. 0,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linie B) für Gerät 2 (SN 131).	ja	89
5.2.6 Einstellzeit	Maximal 5 % der Mittelungszeit (gleich 180 Sekunden).	Nicht zutreffend.	-	92
5.2.7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur	Nullpunktmesswert darf bei $\Delta T_u$ um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C $B_0$ nicht überschreiten.	Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt von 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt werden.	ja	93



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite
5.2.8 Abhängigkeit des Messwertes von der Umgebungstemperatur	Der Messwert im Bereich von B1 darf nicht mehr als $\pm 5\%$ bei $\Delta T_u$ um 15 K zwischen $+5\text{ °C}$ und $+20\text{ °C}$ bzw. um 20 K zwischen $+20\text{ °C}$ und $+40\text{ °C}$ betragen.	Es konnten für Gerät 1 (SN 127) keine Abweichungen $> -1,3\%$ und für Gerät 2 (SN 131) keine Abweichungen $> -2,8\%$ zum Ausgangswert bei $20\text{ °C}$ ermittelt werden.	ja	95
5.2.9 Nullpunktsdrift	In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal $B_0$ .	Die gefundenen Messwerte liegen im Wartungsintervall innerhalb der erlaubten Grenzen.	ja	97
5.2.10 Drift des Messwertes	In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal $5\%$ von $B_1$ .	Die Drift des Messwertes betrug im Wartungsintervall maximal $-1,1\%$ (SN 127) bzw. $-1,3\%$ (SN 131).	ja	101
5.2.11 Querempfindlichkeit	Im Bereich des Nullpunktes maximal $B_0$ und im Bereich $B_2$ maximal $3\%$ von $B_2$ .	Nicht zutreffend.	-	105
5.2.12 Reproduzierbarkeit	$R_D \geq 10$ bezogen auf $B_1$ .	Die Reproduzierbarkeit betrug im Feldtest für PM10 minimal 23 und für PM2.5 minimal 19.	ja	106
5.2.13 Stundenwerte	Bildung muss möglich sein.	Die Bildung von Stundenwerten für die Komponenten Feinstaub PM10 und PM2,5 ist zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich.	nicht zutreffend	109
5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz	Messwertänderung bei $B_1$ maximal $B_0$ im Spannungsintervall $(230 +15/-20)\text{ V}$ und Messwertänderung im mobilen Einsatz maximal $B_0$ im Frequenzintervall $(50 \pm 2)\text{ Hz}$ .	Durch Netzspannungsänderungen konnten an den geprüften Referenzpunkten keine signifikante Abweichungen festgestellt werden.	ja	110
5.2.15 Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand bei Spannungswiederkehr muss gesichert sein und Messung muss fortgesetzt werden.	Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.	ja	113

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein-gehal-ten	Seite
5.2.16 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtungen können über ein Modem von einem externen Rechner so gesteuert und überwacht werden, als wenn der Nutzer direkt am Gerät steht.	ja	114
5.2.17 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell auslösbar sein.	Grundsätzlich können alle Arbeiten zur Funktionskontrolle und Kalibrierung direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung durchgeführt werden.	ja	115
5.2.18 Verfügbarkeit	Mindestens 90 %.	An den Standorten Köln, Bonn und Brühl betrug die Verfügbarkeit für SN 127 98,9 % und für SN 131 97,6 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 95,8 % für SN 127 sowie 94,5 % für SN 131 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle  Am Standort Teddington betrug die Verfügbarkeit für SN 145 96,3 % und für SN 149 99,6 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 93,0 % für SN 145 sowie 96,3 % für SN 149 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.	ja	117
5.2.19 Konverterwirkungsgrad	Mindestens 95 %.	Nicht zutreffend.	entfällt	119
5.2.20 Wartungsintervall	Möglichst 28 Tage, mindestens 14 Tage.	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten (Wechsel Filter / eventuell Reinigung Probenahmekopf) bestimmt und beträgt 2 Wochen.	ja	120
5.2.21 Gesamtunsicherheit	Einhaltung der Anforderungen an die Datenqualität [G10 bis G12].	Die Gesamtunsicherheiten für PM10 ergaben sich zu 6,83 % bzw. 6,57 % für $U(c)$ und 7,22 % bzw. 7,16 % für $U(C)$ . Die Gesamtunsicherheiten für PM2,5 ergaben sich zu 7,44 % bzw. 9,40 % für $U(c)$ und 6,77 % bzw. 7,75 % für $U(C)$ .	ja	121
5.3	Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen			
5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems	Zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2] ist nachzuweisen.	Die Referenz-Äquivalenzfunktionen liegen in den Grenzen des jeweiligen Akzeptanzbereiches. Weiterhin ist der Variationskoeffizient $R^2$ der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich $\geq 0,95$ .	ja	127

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme	Ist im Feldtest nach DIN EN 12 341 [T2] für zwei baugleiche Probenahmesysteme nachzuweisen.	Der zweiseitige Vertrauensbereich CI95 liegt mit maximal 1,64 µg/m³ unterhalb des geforderten Wertes von 5 µg/m³.	ja	135
5.3.3 Kalibrierung	Durch Vergleichsmessung im Feldtest mit Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2]; Zusammenhang zwischen Messsignal und gravimetrischer Referenzkonzentration als stetige Funktion ermitteln.	Siehe Modul 5.2.3.	-	139
5.3.4 Querempfindlichkeit	Maximal 10 % von B <sub>1</sub> .	Es konnte kein Störeinfluss > 1,7 µg/m³ Abweichung vom Sollwert durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnten bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden.	ja	141
5.3.5 Tagesmittelwerte	24 h-Mittelwerte müssen möglich sein; Zeit für den Filterwechsel maximal 1 % der Mittelungszeit.	Die Bildung von Tagesmittelwerten ist möglich. Die maximale Zeit für den Filterwechsel (inkl. aller Filterbewegungen im Gerät sowie inkl. der bei jedem Zyklus durchgeführten QS-Maßnahmen (interne Dichtheitsprüfung und interne Überprüfung der Messung der Durchflussrate)) beträgt 0,8 % der Mittelungszeit.	ja	144
5.3.6 Konstanz des Probenahmevolumenstroms	± 3 % vom Sollwert während der Probenahmedauer; Momentanwerte ± 5 % vom Sollwert während der Probenahmedauer.	Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 3 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.	ja	147
5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems	Undichtigkeit maximal 1 % vom Probenahmevolumen.	Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu maximal 0,24 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,30 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem Restdruck p <sub>0</sub> im System, sowie zu maximal 0,08 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,06 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem atmosphärischen Luftdruck von 102,8 kPa.	ja	150
5.4 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen	Müssen für jede Einzelkomponente im Simultanbetrieb aller Messkanäle erfüllt sein; im Sequenzbetrieb muss die Bildung von Stundenmittelwerten gesichert sein.	Bei der Bewertung der Mindestanforderungen lagen die Messergebnisse für alle zwei Komponenten simultan vor.	ja	151

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	ein- gehal- ten	Seite
Weitere Prüfkriterien nach Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“				
Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen abs [9.5.2.1]	Ist im Feldtest gemäß Punkt 9.5.2.1 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ für zwei baugleiche Systeme zu ermitteln.	Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen abs liegt mit maximal 0,98 µg/m <sup>3</sup> für PM10 und 0,69 µg/m <sup>3</sup> für PM2,5 deutlich unterhalb des geforderten Wertes von 3 µg/m <sup>3</sup> .	ja	152
Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6]	Ermittlung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß den Punkten 9.5.2.2ff des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.	Die ermittelten Unsicherheiten WCM liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wdqo von 25 % für Feinstaub.	ja	165
Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen [9.7]	Ist die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [1] festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.2.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ erfüllen.	Die Prüflinge erfüllen während der Prüfung die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren.	ja	191

## **2 Aufgabenstellung**

### **2.1 Art der Prüfung**

Im Auftrag der FAI Instruments s.r.l. wurde von der TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

### **2.2 Zielsetzung**

Die Messeinrichtung soll parallel den Gehalt an PM10 und PM2,5 Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 200 µg/m<sup>3</sup> bestimmen.

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

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002, [2]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004, [3]
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998, [4]
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM 2,5-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005, [5]
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von November 2005, [6]

### 3 Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

#### 3.1 Messprinzip

In der Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor wird zur Massenbestimmung der abgeschiedenen Partikel auf das Prinzip der Abschwächung von Betastrahlen beim Durchgang durch eine dünne Schicht an Material zurückgegriffen.

Der Zusammenhang zwischen der Abschwächung von einem Betastrahlenflusses beim Durchgang durch ein dünnes Material und der Massendichte des Materials kann durch eine Gleichung beschrieben werden.

Die Ermittlung der Massendichte  $x_p$  der auf dem Filter gesammelten Partikel basiert hierbei auf der exakten Quantifizierung der relativen Änderung des Betastrahlenflusses, die mittels eines exakt positionierten Detektors ermittelt wird, beim Vorhandensein bzw. bei der Abwesenheit der Partikelschicht auf dem Filtermaterial.

Stark vereinfacht gilt prinzipiell die Beziehung:  $m_p = S \cdot x_p$  mit  $x_p = k(z) \cdot \ln \frac{\text{Flux}_{\text{blank}}}{\text{Flux}_{\text{collect}}}$

Mit	$m_p$	Masse der Staubpartikel
	S	beaufschlagte Oberfläche
	$x_p$	Massendichte der Staubpartikel
	$k(z)$	Funktion des Massenabsorptionskoeffizienten
	$\text{Flux}_{\text{blank}}$	Betastrahlenfluss vor der Probenahme
	$\text{Flux}_{\text{collect}}$	Betastrahlenfluss nach der Probenahme

In den gemessenen Betastrahlenflüssen können systematische Schwankungen enthalten sein, die nicht auf die Partikelmasse auf dem Filter zurückgeführt werden können. Diese Unsicherheitsbeiträge kommen in erster Linie von:

- Änderungen in der Massendichte des Filtermediums (z.B. Feuchteeffekte)
- Schwankungen der Luftdichte
- Schwankungen in der Detektorempfindlichkeit

Um diese Einflüsse zu quantifizieren und rechnerisch zu berücksichtigen, werden sogenannte Spy-Filter in dem System implementiert. – die Spy-Filter bestehen aus dem gleichen Filtermaterial wie die zur Messung verwendeten Filter und verbleiben beständig im Gerät. Sie werden während des Messvorgangs immer wieder abwechselnd zu den Messfilter vermessen. Anhand der erhaltenen Betastrahlenflüsse für den Spy-Filter, können etwaige Einflüsse durch oben aufgeführte Größen berücksichtigt werden.

Es ergibt sich die Gleichung:

$$m_p = S \cdot x_p = S \cdot \bar{k}(z) \cdot Z_{r1}^* \cong S \cdot k_{sh} \cdot \left[ \bar{k}(z) \cdot \ln \left( \frac{\bar{\Phi}^i(x_{Fr}) \cdot \bar{\Phi}^j(x_{Fs})}{\bar{\Phi}^j(x_{Fr} + x_p) \cdot \bar{\Phi}^i(x_{Fs})} \right) + offset \right]$$

Wobei die Konstante  $k_{sh}$  per Definition den Wert „1“ besitzt.

p = Partikel,  $F_r$  = Messfilter,  $F_s$  = Spy-Filter und

$x_{Fr}$  = Blank sowie  $x_{Fr} + x_p$  = Collect

Die Funktion  $k(z)$  wird vom Gerätehersteller ermittelt mit Hilfe von 6 Referenzaluminiumfolien ermittelt und ins Gerät einprogrammiert.

Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar zu Beginn des nächsten Messzyklus) kann diese Kalibrierung mit Hilfe von zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte überprüft werden. Die erhaltenen Werte werden mit den entsprechenden Vorgabewerten verglichen und als %-Abweichung angegeben. Das Ergebnis des jeweilig letzten „Beta Span Test“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden.

### 3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor ist ein automatisches und sequentielles Messgerät zur Staubmessung auf Filtermembranen. Das System wird mit zwei vollständig unabhängigen Probenahmelinien betrieben. Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wird eine Probenahmelinie mit einem PM10 Probenahmekopf und die zweite Probenahmelinie mit einem PM2,5 Probenahmekopf betrieben – abweichende Konfigurationen sind möglich. Mit Hilfe von zwei Pumpen wird hierbei Umgebungsluft zum Einen über den PM10 Probenahmekopf und zum Anderen über den PM2,5 Probenahmekopf angesaugt. Die Staub beladene Probenahmeluft wird dann jeweils auf einem Filter (1 x PM10, 1 x PM2,5) abgeschieden. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf den Filtern erfolgt nach der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption. Dabei wird die abgeschiedene Staubmasse auf den Filtern für beiden Probenahmelinie mit nur einem radiometrischen Massenbestimmungsmodul bewerkstelligt.

Folgende zusammengefasste Beschreibung der internen Vorgänge in der Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor können in ausführlichster Form auch dem in der Anlage beigefügten Handbuch entnommen (Kapitel 2,3,4 und den Anhängen) werden.

### **a) Betriebsmodi der Messeinrichtung**

Die Messeinrichtung kann grundsätzlich in zwei Betriebsmodi – Monitor Modus und Referenz Modus – betrieben werden.

#### **Monitor Modus:**

Der Monitor Modus erlaubt die Probenahme und Massenbestimmung für Partikel auf zwei unabhängigen Linien. Somit erlaubt diese Konfiguration die gleichzeitige Bestimmung von 2 PM-Fraktionen (z.B. PM10 & PM2,5). Darüber hinaus sind auch Konfigurationen zu metrologischen Untersuchungen denkbar, z.B.

- Untersuchung des Anteils an flüchtigen Staubbestandteilen durch Betrieb einer Linie mit Heizung (oder Kühlung) und einer Linie ohne Heizung (oder Kühlung)
- Untersuchung der Leistungsfähigkeit / Vergleichbarkeit verschiedener Probenahme-köpfe

Im Rahmen der vorliegenden Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor im Monitor Modus mit einer PM10-Linie und einer PM2,5-Linie betrieben.

#### **Referenz Modus:**

Im Referenz Modus wird die Messeinrichtung als nochmals verbessertes, hochwertiges Einzelkanal-Messsystem genutzt. In diesem Modus wird eine Linie wie gewohnt für die PM-Probenahme genutzt und die zweite Linie durch einen am Eingang installierten Null-Filter zur Erzeugung eines Feldblindwertes genutzt. In dieser Konfiguration ist also zu jedem Messwert auch ein Feldblindwert verfügbar.



## b) Massenbestimmung

Das Modul zur radiometrischen Massenbestimmung ist in einem mechanischen Schwenkarm so installiert, dass Quelle und Detektor fest miteinander verbunden sind und gemeinsam auf verschiedene Positionen gefahren werden können (siehe auch Abbildung 1).

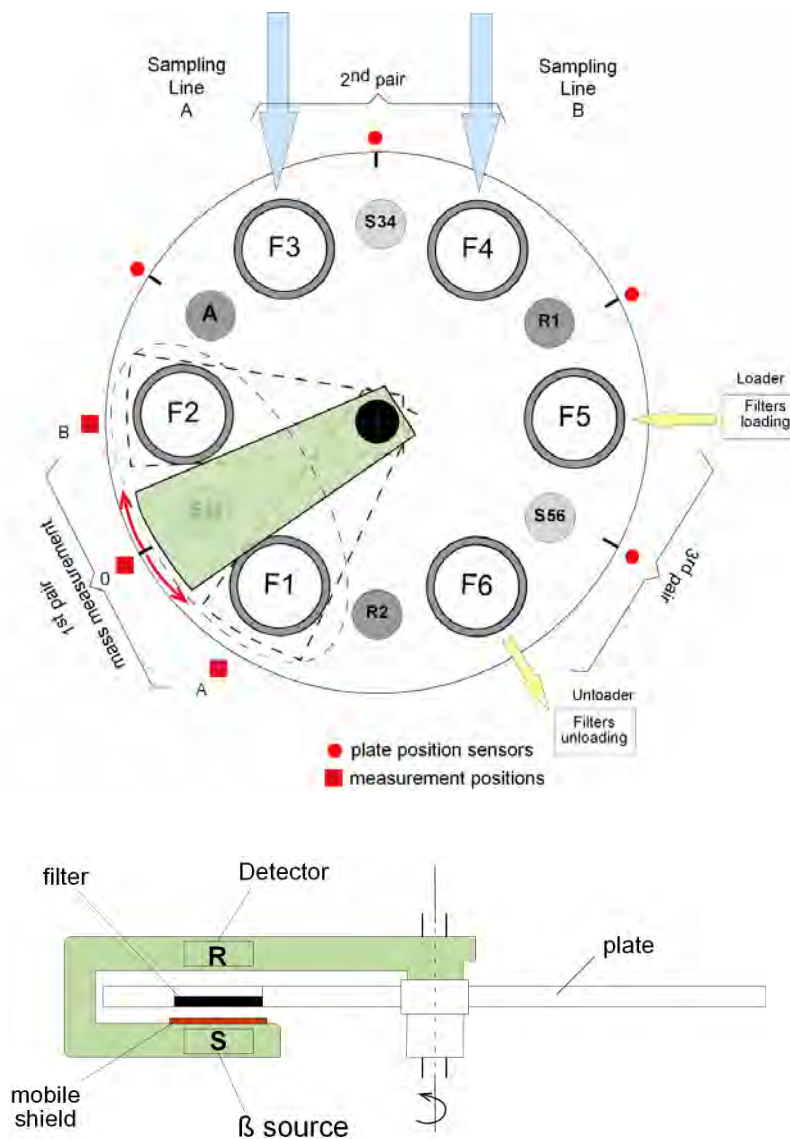


Abbildung 1: Massenbestimmung im SWAM5a Dual Channel Monitor

Anhang 11 des Handbuches beschreibt im Detail die notwendigen Messvorgänge

Jeder Messvorgang – gleich ob Blank (= unbeaufschlagt) oder Collect (=beaufschlagt) - besteht aus einer Abfolge von n Betastrahlenfluss-Messzyklen. In jedem Zyklus werden abwechselnd die zwei Messfilter  $F_{r1}$  und  $F_{r2}$  und der Spy-Filter  $F_s$  vermessen. Die entsprechende Matrix, die die Abfolge der Messungen in den n Messzyklen beschreibt, stellt sich wie folgt dar:

$$\begin{bmatrix} F_s^{11} & F_{r1}^1 & F_s^{12} & F_{r2}^1 & F_s^{13} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_s^{n1} & F_{r1}^n & F_s^{n2} & F_{r2}^n & F_s^{n3} \end{bmatrix} \text{ mit } 4 \leq n \leq 6$$

Die Messzeiten der radiometrischen Messungen stellen sich wie folgt dar:

- 10 min für die Messfilter  $F_r$
- 5 min für die Spy-Filter

Die Anzahl der Messzyklen n ist abhängig von der Probenahmezykluszeit:

- n=4 für 8 h Zykluszeit
- n = 6 für 12 h oder länger Zykluszeit

Dies bedeutet bei einer üblichen Zykluszeit von 24 h (n=6), dass jedes Messfilter pro Messvorgang insgesamt 6 mal vermessen wird und der Spy-Filter 18 mal vermessen wird.

In die Messzyklen eingebunden wird darüber hinaus zu Qualitätssicherung die Messung des Hintergrundrauschens der Betamessung (=Dark) – bei abgeschirmter Strahlenquelle – sowie die Messung des Betastrahlenflusses ohne Filter zwischen Strahlenquelle und Detektor (=Beta flux in air). Ersteres erlaubt die Bestimmung des Hintergrundrauschens, zweiteres eine Auswertung der Stabilität des Geiger-Müller-Detektors.

Anhang 11 des Handbuches beschreibt im Detail die notwendigen Messvorgänge für die Blank- (= unbeaufschlagt) wie auch für die Collect (=beaufschlagt) – Messung.

### c) Pneumatisches Systems

Es werden zwei Vakuumpumpen eingesetzt, die das Einstellen eines Probenahmestroms im Bereich von 0,5 – 2,5 m<sup>3</sup>/h erlauben. Die Regelung der Durchflussrate erfolgt kontinuierlich über ein Regulierventil, welches über einen Schrittmotor eingestellt wird.

Zwei Magnetventile in jedem Probenahmeweg erlauben das Umschalten von dem pneumatischen System von der Probenahmeeinstellung auf die Spantesteinstellung (automatische Überprüfung der Kalibrierung der Durchflussratenmessung) sowie auf die Leckagetesteinstellung (automatische Überprüfung der Dichtheit des pneumatischen Systems)

Die drei möglichen Einstellungen stellen sich wie folgt dar (siehe Abbildung 2):

- Probenahme: EV1 offen, EV2 geschlossen
- Leckage-Test: EV1 geschlossen, EV2 geschlossen
- Span-Test: EV1 geschlossen, EV2 offen

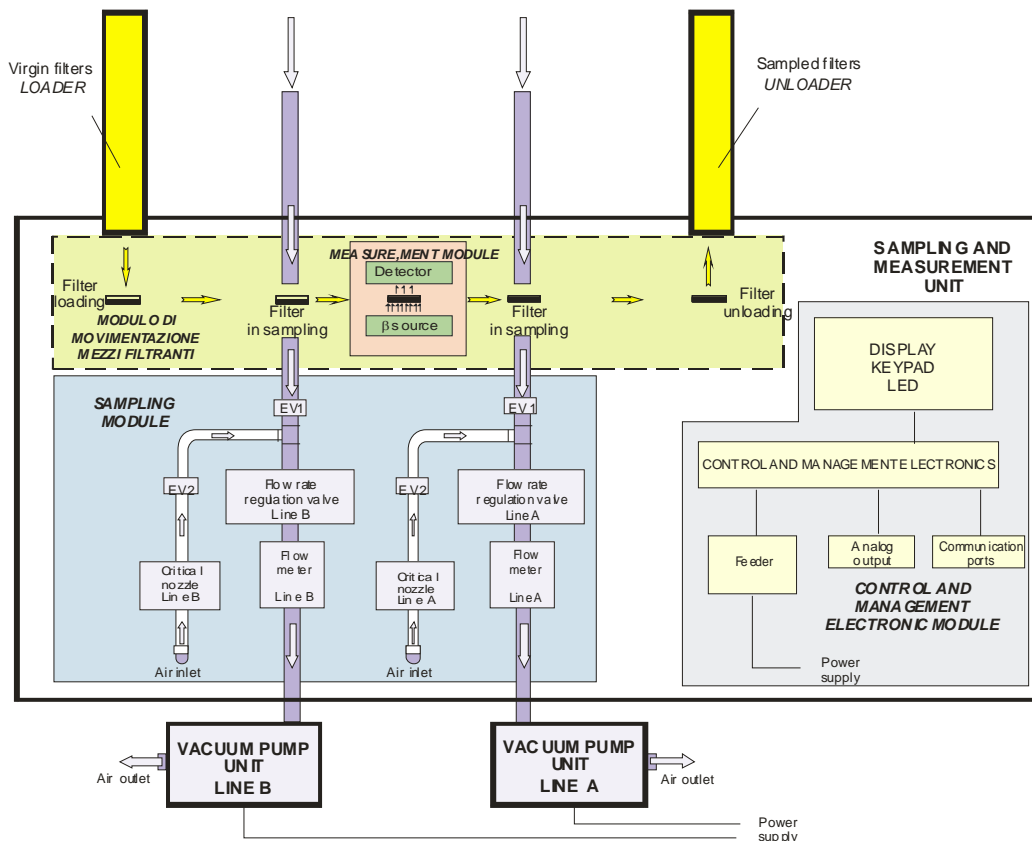


Abbildung 2: Schematischer Aufbau Probenahmeeinheit

Die Messung der Probenahmeflussrate erfolgt gemäß der physikalischen Gesetzmäßigkeiten beim Durchgang von Luft durch eine Düse – diese ist in der Messeinrichtung hinter dem Regulierventil platziert.

Wenn man den Druck hinter der Düse  $P_p$ , den Druckverlust an der Düse  $\Delta P$  und die Lufttemperatur  $T_m$  im Bereich der Düse misst, ist es möglich, die normierte Flussrate  $Q_s$  wie folgt zu berechnen:

$$Q_s = f(z) \text{ mit } z = \sqrt{\frac{\Delta p \cdot (2P_p - \Delta p)}{T_m}}$$

Die Funktion  $f(z)$  wird beim SWAM 5a Dual Channel Monitor über ein Polynom zweiter Ordnung angenähert, dessen Koeffizienten mittels einer Mehrpunktkalibrierung ermittelt werden.

#### **d) Filtermanagement**

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor kann mit bis zu maximal 72 Filtern bestückt werden. Am Ende jedes Probenahme- und Messzyklus können die beaufschlagten Filter dem Entlademagazin entnommen werden.

Das Filtermanagementsystem besteht im Wesentlichen aus den folgenden Komponenten:

- Drehplatte, nimmt Messfilter F, Spy Filter S, Referenzfolien R auf und enthält ein Loch A zur Messung des Betastrahlenflusses in Luft
- Lademagazin für unbeaufschlagte Filter
- Vorrat an unbeaufschlagten Filtern (im Innern der Messeinrichtung)
- Entlademagazin für beaufschlagte Filter
- Pneumatikkolben zum Filterladen bzw. –entladen
- Pneumatikkolben zur „Fixierung“ der Filter auf der Probenahmeposition

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die bauliche Ausführung des Filtermanagementsystems.

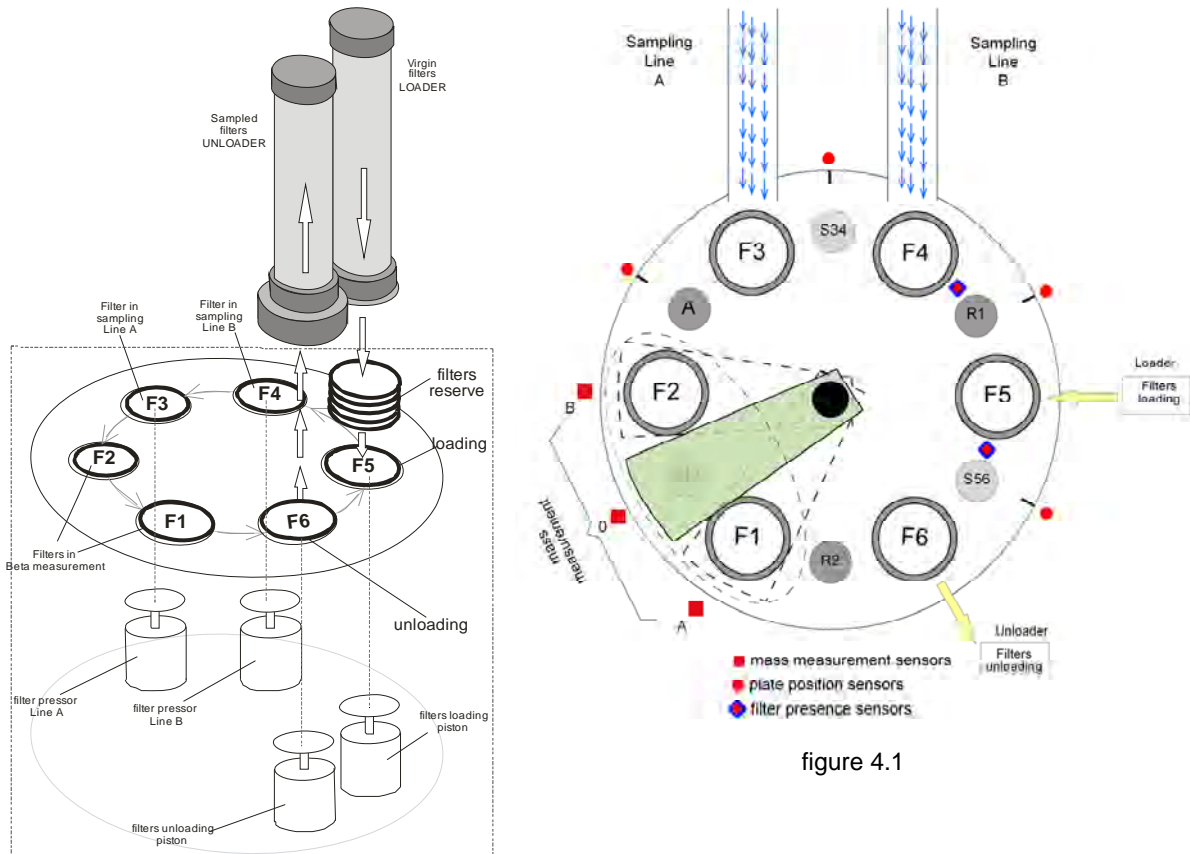


figure 4.1

Abbildung 3: Filtermanagementsystem

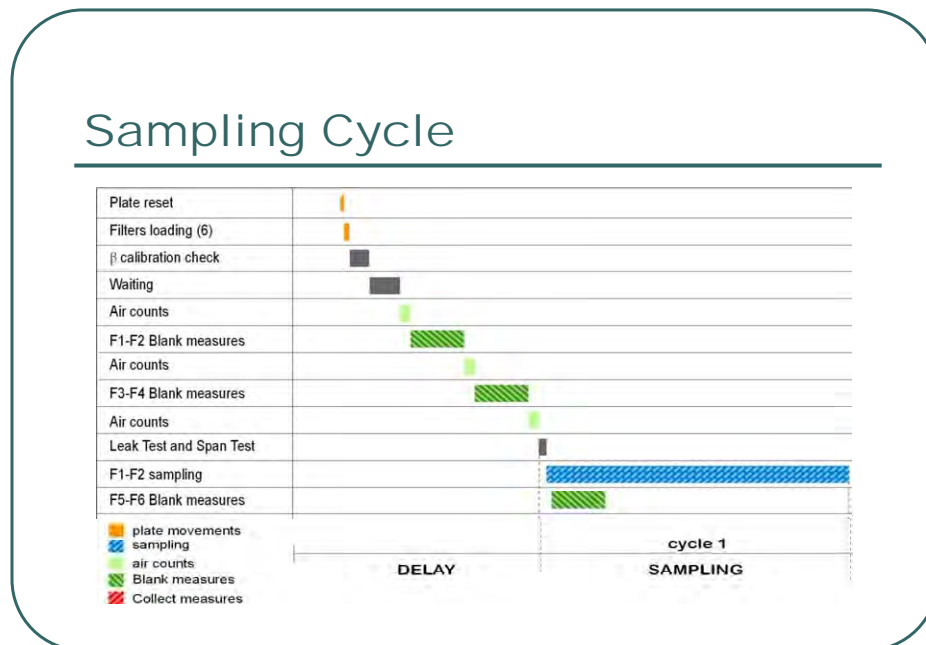
Die Messfilter ( $\varnothing$  47 mm) werden in spezielle Filterhalter eingelegt. Je nach zu erwartender Staubmenge auf dem Filter, können Filterhalter mit verschiedenen großen Beaufschlagungsflächen (von 2,54 cm<sup>2</sup> für sehr niedrige Staubmengen bis zu 11,95 cm<sup>2</sup> für sehr hohe Staubmengen) für den Staub eingesetzt werden. Die verwendete Beaufschlagungsfläche ist bei der Parametrierung der Messeinrichtung zu berücksichtigen

Im Rahmen der Eignungsprüfung werden Filterhalter mit einer Beaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> eingesetzt.

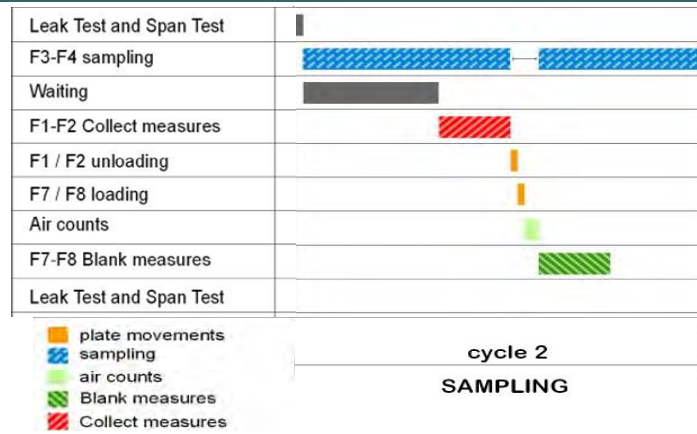
Die Filterhalter mit den unbeaufschlagten Filtern werden in das Lademagazin eingelegt. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde das Lademagazin der Messeinrichtung mit 36 Filtern bestückt. Beim Parallelbetrieb von 2 Linien und einer Zykluszeit von 24 h, kann die Messeinrichtung entsprechend für eine Dauer von maximal 18 Tagen ohne das Nachladen von Filtern eingesetzt werden. Das Nachladen der Filter kann ohne Unterbrechung des Betriebs der Messeinrichtung zu jeder Zeit erfolgen.

**e) Schematische Darstellung der Abfolge der Einzelschritte während 3 aufeinander-  
folgenden Probenahmezyklen**

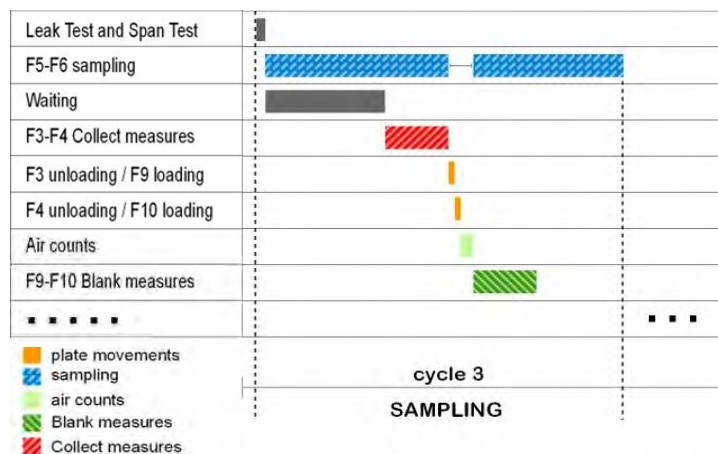
Die nachfolgende schematische Darstellung der Abfolge der Einzelschritte während 3 auf-  
einander folgenden Probenahmezyklen zeigt die Funktionsweise der Messeinrichtung und  
die jeweiligen Positionen der Filter im Gerät.



## Sampling Cycle



## Sampling Cycle



## **f) Qualitätssicherung**

Um die korrekte Funktion der Messeinrichtung zu überprüfen und sicherzustellen, besitzt die Messeinrichtung verschiedene interne Tests zur Qualitätskontrolle:

Die Ergebnisse dieser Qualitätskontrollen können in den gespeicherten Daten pro Messung eingesehen werden. Bei Überschreitungen von festgelegten Grenzen erfolgen bei einigen der überwachten Parametern Warnungs- bzw. Alarmmeldungen.

Eine Übersicht der Warnungs- bzw. Alarmmeldungen ist in den Anhängen 7 respektive 8 im Handbuch verfügbar.

Folgende Parameter werden u.a. überwacht

- Dichtheit des pneumatischen Systems (vor jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Durchflusskalibrierung (vor jedem Messzyklus)
- Stabilität der Durchflussrate (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Druckverlust am Messfilter (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Überwachung der Druck- und Temperatursensoren (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Hintergrundrauschen der Betamessung (vor jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Stabilität des Geigerzählers (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Massenkali brierung (vor jedem Neustart oder manuell ausgelöst zu Beginn des nächsten Messzyklus)
- Einsatz von Sensoren zur Überprüfung der korrekten mechanischen Funktionsweise



### 3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung besteht aus den 2 Probenahmeköpfen (PM10 & PM2,5), den 2 Ansaugrohren, den 2 Vakuumpumpen, dem Messgerät, dem Kompressor zur Erzeugung der Druckluft, sowie den beiden Filtermagazinen für die unbeaufschlagten und die beaufschlagten Filter.

Nachfolgend werden die Einzelkomponenten beschrieben:

#### Messgerät SWAM5a Dual Channel Monitor

Die Zentraleinheit der Messeinrichtung enthält alle servo-mechanischen Bauteile, den pneumatischen und radiometrischen Messteil und alle elektronischen Einrichtungen und Mikroprozessoren zum Betrieb, Steuerung und Kontrolle der Messeinrichtung. Auf der Frontseite befindet sich das Bedienpanel mit Display, auf der Rückseite alle pneumatischen und elektrischen Anschlüsse sowie die Kommunikationsschnittstellen. Auf der Oberseite werden die Filtermagazine und die Ansaugrohre installiert.



Abbildung 4: Messgerät SWAM 5a Dual Channel Monitor

## Vakuumpumpe

Die 2 Vakuumpumpen saugen die Umgebungsluft durch die Probenahmeköpfe, durch die Ansaugrohre und durch die 2 Filter. Sie bestehen aus einer Kolbenpumpe mit einer vorge-schalteten Einheit zur Dämpfung von Druckschwankungen. Die automatische Regulierung der Flussrate erfolgt unabhängig voneinander für beide Probenahmelinien.

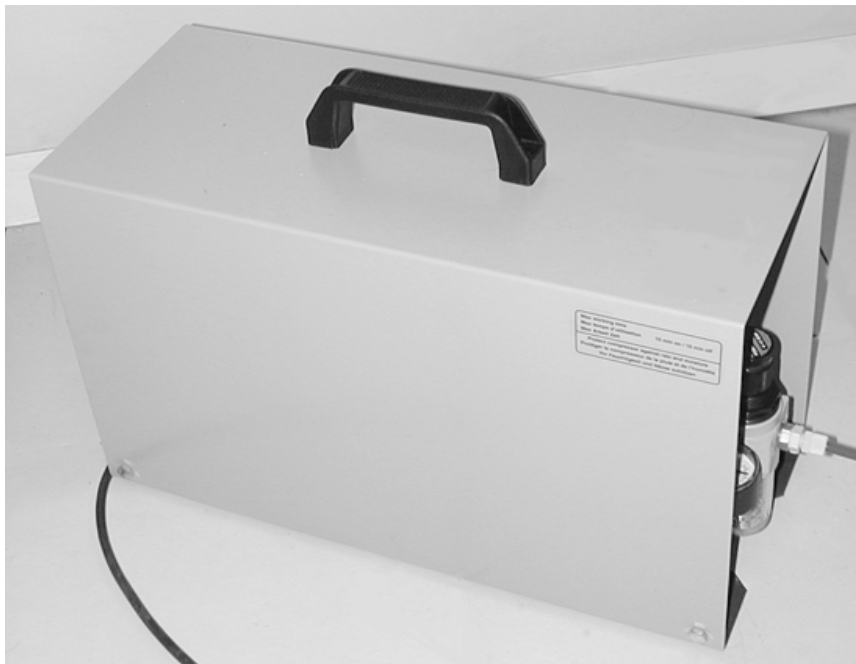
Prinzipiell können auch andere Pumpentypen (z.B. Graphitdrehschieberpumpen) eingesetzt werden, so lange die erforderliche Pumpenperformance zu jeder Zeit gewährleistet werden kann.



Abbildung 5: Vakuumpumpe

### **Kompressor zur Erzeugung von Druckluft**

Um die notwendigen servo-mechanischen Bewegungen im Gerät durchzuführen (z.B. Be- und Entladevorgänge von Filtern in die entsprechende Magazine), benötigt das System Druckluft (200 – 300 kPa). Die erforderliche Druckluft wird in einem Kompressor erzeugt.



*Abbildung 6: Kompressor zur Erzeugung von Druckluft*

## Probenahmeköpfe

Die Messeinrichtung ist mit zwei Probenahmeköpfen für PM10 und PM2,5 bestückt. Die Probenahmeköpfe werden vom Gerätehersteller hergestellt und sind für verschiedene Flussraten verfügbar (2,3 m<sup>3</sup>/h oder 1 m<sup>3</sup>/h).

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden Probenahmeköpfe für 2,3 m<sup>3</sup>/h Durchsatz eingesetzt, die in ihrer Bauart den Vorgaben der Referenzrichtlinie EN 12341 (PM10) und EN 14907 (PM2,5) entsprachen.



Abbildung 7: Probenahmeköpfe FAI

## Ansaugrohr

Die ansaugte Partikel beladene Umgebungsluft durchläuft nach Passieren des Probenahmekopfes das Ansaugrohr bis sie schließlich auf das Filter trifft.

Wird ein hoher Anteil an flüchtigen Staubbestandteilen erwartet, dann kann das Ansaugrohr optional co-axial mit Umgebungsluft umspült werden (oder auf Wunsch auch aktiv beheizt oder gekühlt werden).

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung erfolgte weder ein Umspülen des Ansaugrohrs mit Umgebungsluft noch eine aktive Heizung oder Kühlung. Das Ansaugrohr wurde innerhalb des Messschanks lediglich zur Isolierung mit Schaumstoff umwickelt.

Für den Feldtest waren die Messsysteme in einem vom Gerätehersteller speziell entwickelten und vertriebenen Outdoor-Messschrank eingebaut. Der Messschrank besteht aus mindestens 3 Modulen:

Modul 1 zur Aufnahme der Messeinrichtung

Modul 2 zur Aufnahme der Schrankklimatisierung

Modul 3 zur Aufnahme der Pumpen und des Druckluftkompressors

Die Messeinrichtung kann selbstverständlich auch in jede konventionelle Messstation eingebaut werden – es ist hier allerdings zu beachten, dass zur Installation des Systems zwei Dachdurchführungen für die beiden Probenahmelinien vorzusehen sind.



*Abbildung 8: Outdoor-Messschränke am Feldteststandort Bonn, Belderberg*



*Abbildung 9: SWAM 5a Dual Channel Monitor in Outdoor-Messschrank*

Die Bedienung der Messeinrichtung erfolgt über eine Folientastatur in Kombination mit einem Display an der Frontseite des Gerätes. Dort werden alle erforderlichen Parameter (z.B. Probenahmezeit) eingestellt. Zudem können hier Informationen zum aktuellen Gerätestatus (laufende Probenahme), die gespeicherten Daten der abgeschlossenen Messungen sowie zahlreiche Parameter zur Qualitätssicherung eingesehen werden.

Neben dieser direkten Kommunikation via Bedientasten/Display besteht darüber hinaus die Möglichkeit, dass Gerät komplett über die serielle Schnittstellen RS-232 mittels einem handelsüblichen Terminalprogramm (z.B. Hyperterminal) oder der Bediensoftware Dr. FAI Manager (Version 0.6.6.0 in Eignungsprüfung) zu kontrollieren, zu steuern und zu parametrieren – entweder direkt via PC oder indirekt via GSM-Modem. Über diesen Weg ist es bequem möglich, die gespeicherten Daten als Text-File auszulesen und zur Weiterverarbeitung bereit zu stellen. Abbildung 10 bis Abbildung 16 geben einen Überblick über die zur Verfügung stehenden Informationen / Kontroll- und Steuermöglichkeiten via Dr. FAI Manager.

Über einen Analogausgang können auf Wunsch Messwerte und Statusmeldungen ausgegeben werden.

Zudem besitzt die Messeinrichtung die Möglichkeit, den Nutzer per SMS-Service über den Gerätezustand und die letzten Messwerte zu informieren.

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

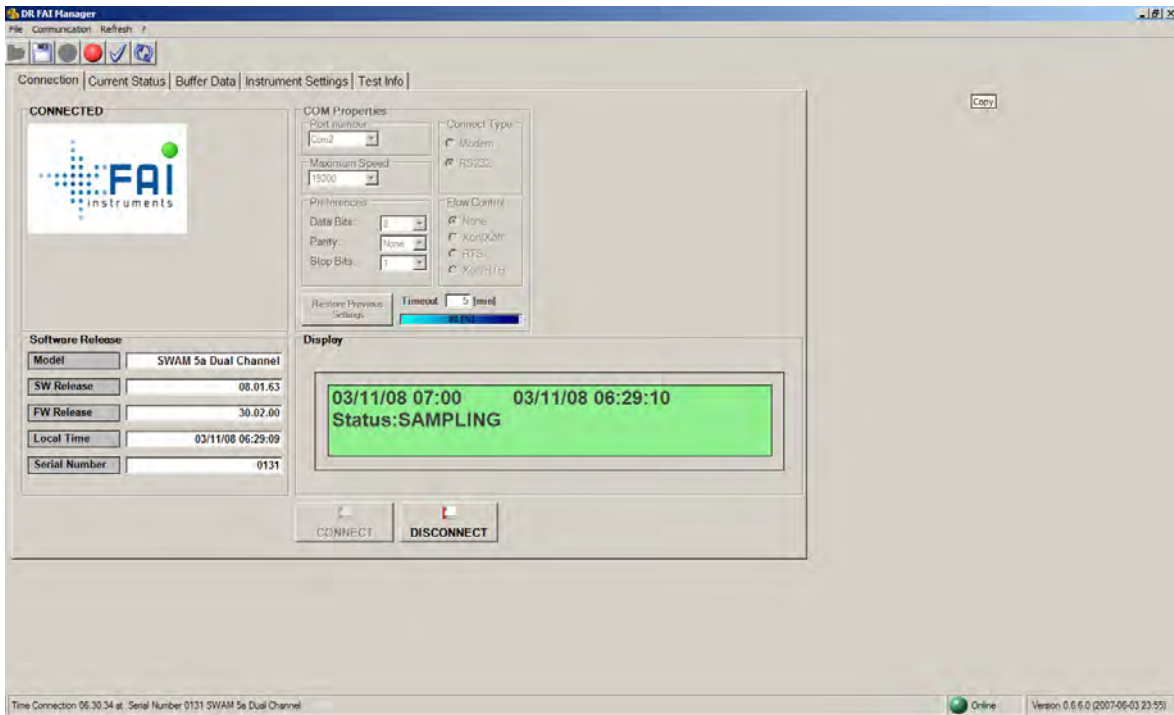


Abbildung 10: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Hauptbildschirm)

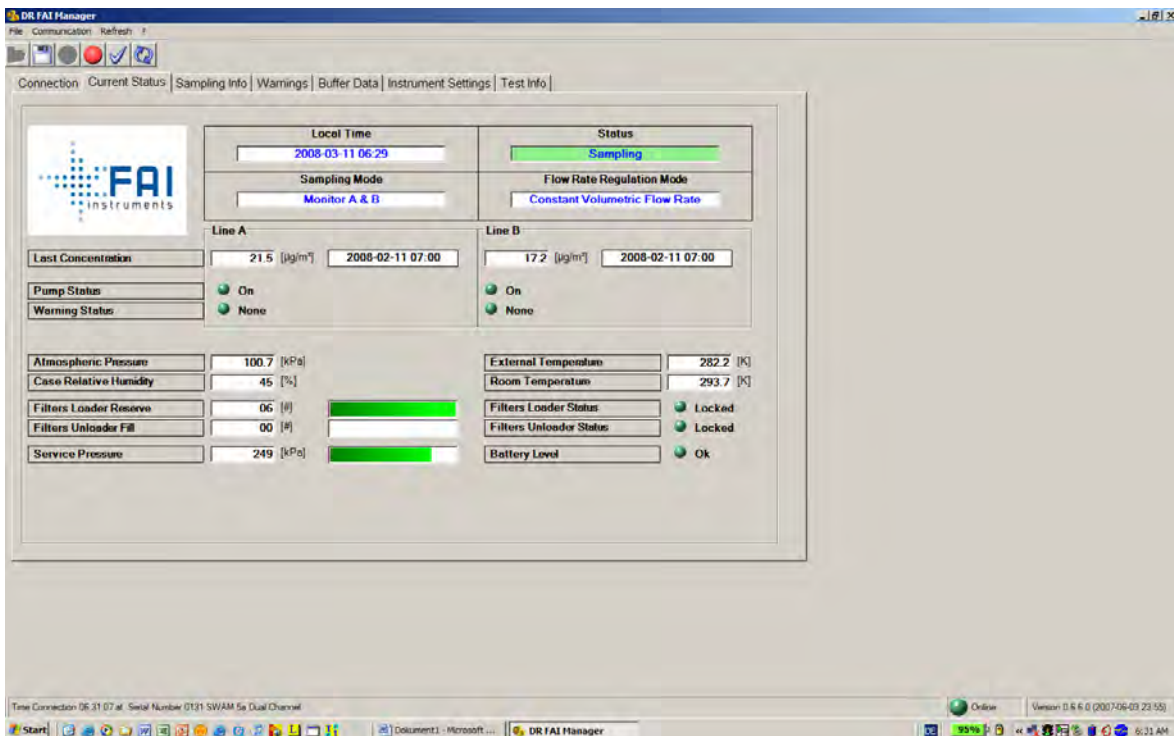


Abbildung 11: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Aktueller Status)

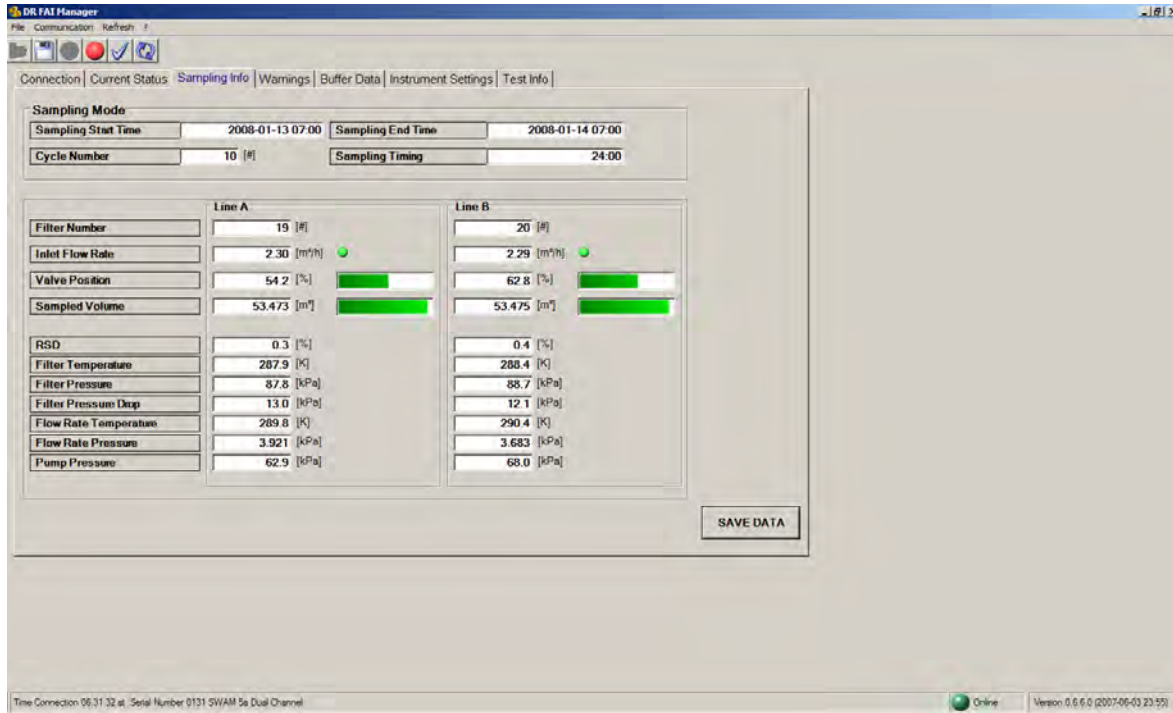


Abbildung 12: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Probenahme Information)

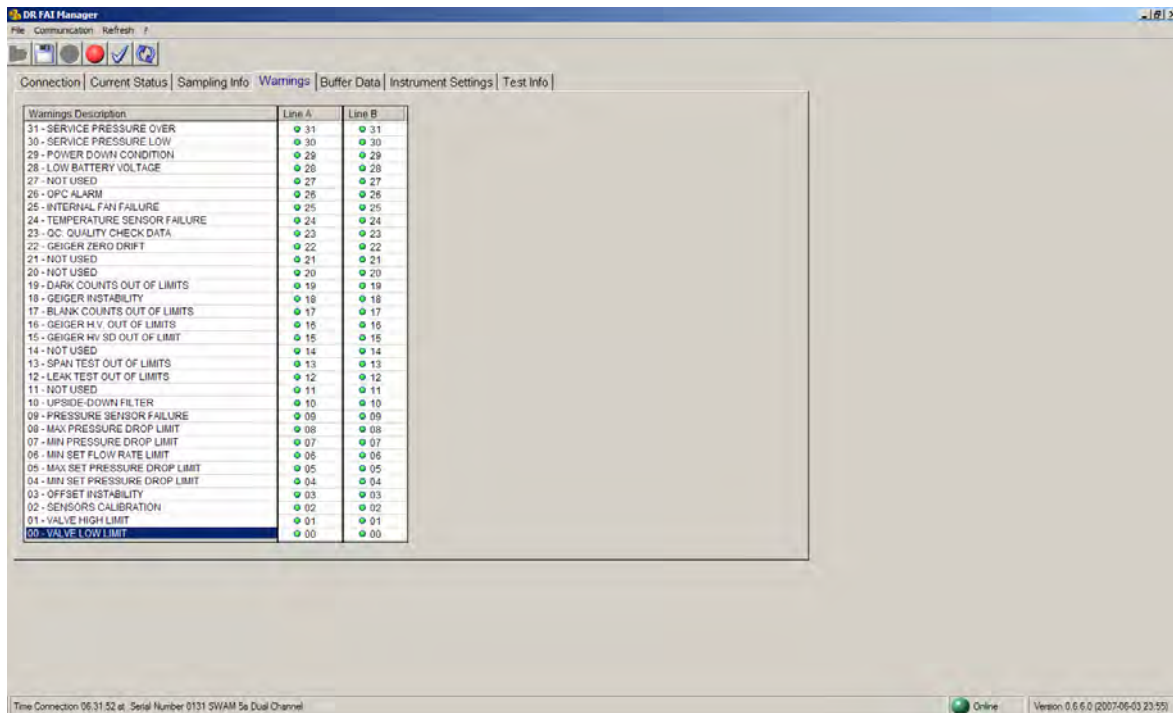


Abbildung 13: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Warnmeldungen)



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 41 von 531

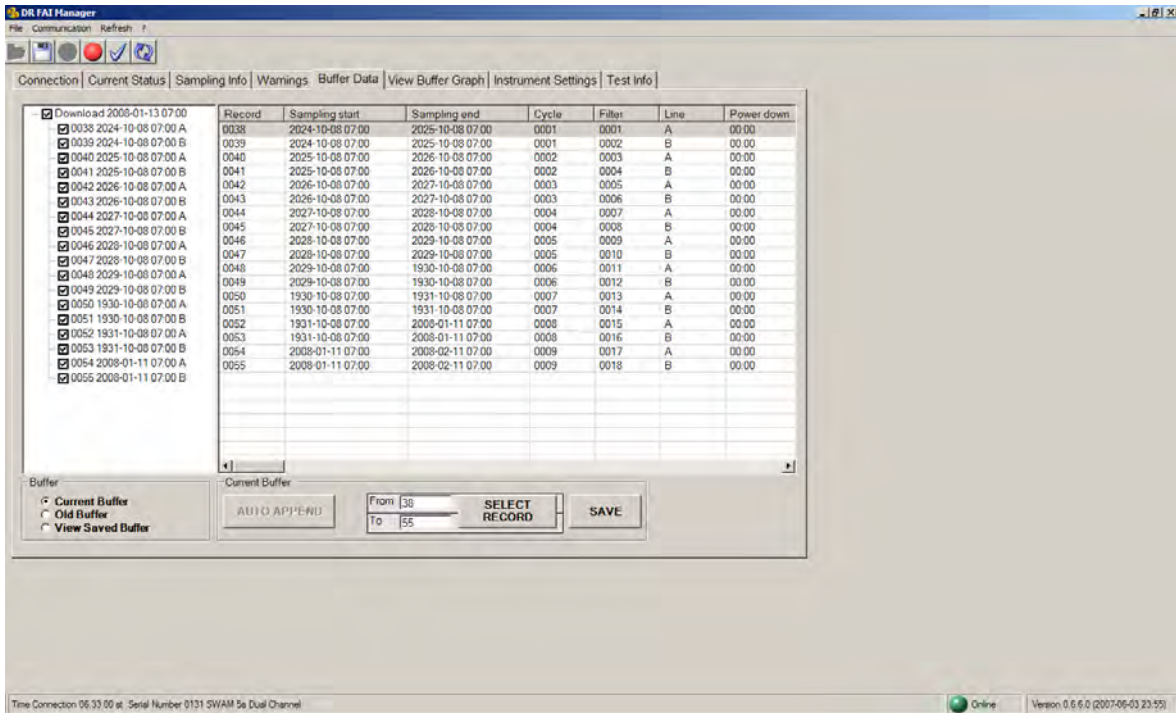


Abbildung 14: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Datenspeicher)

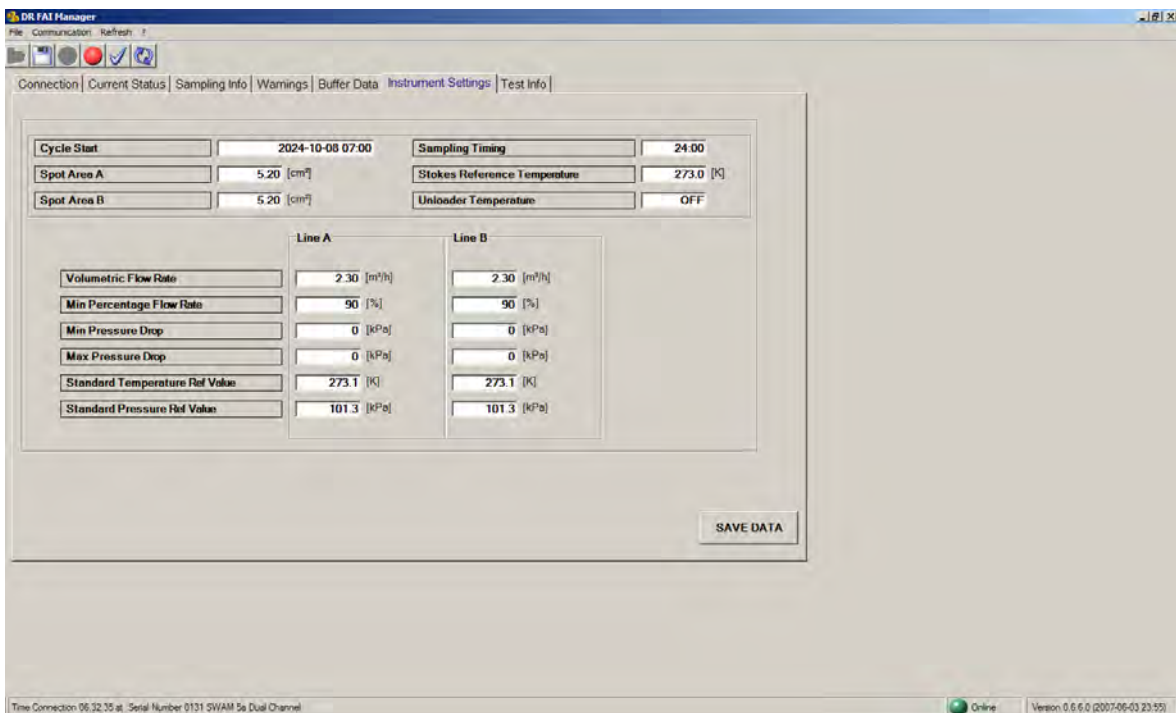


Abbildung 15: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Parametrierung des Systems)

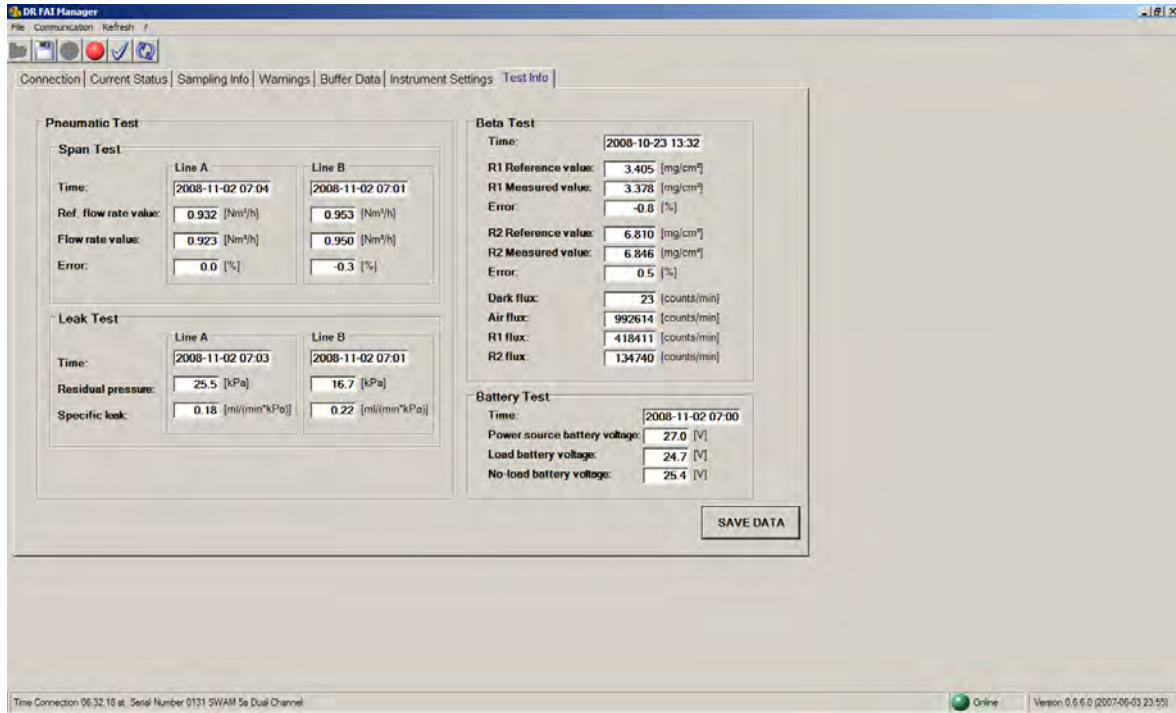
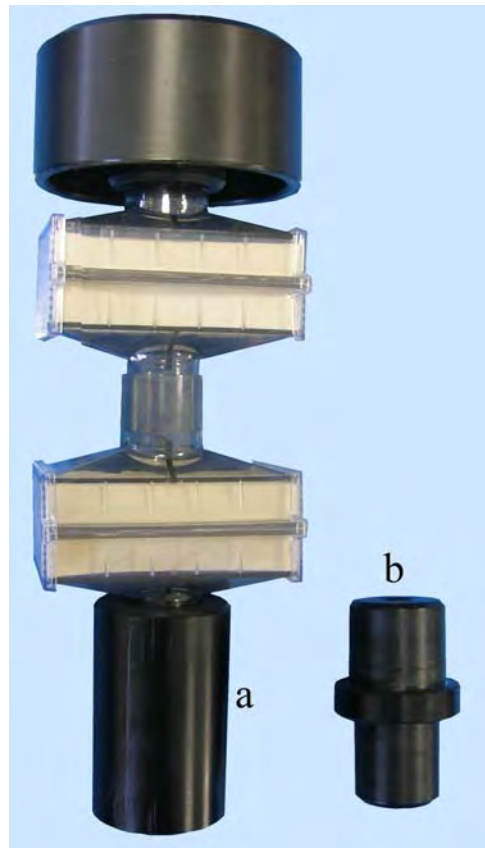


Abbildung 16: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Ergebnisse interner Tests)

Zur Nullpunktsüberprüfung und Offset-Bestimmung der Messeinrichtung wird anstelle des Probenahmekopfs ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.



*Abbildung 17: Nullfilter (a = Nullfilter, b = Adapter zum Anschluss an Ansaugrohr)*

Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar zu Beginn des nächsten Messzyklus) kann die radiometrische Kalibrierung mit Hilfe von zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte überprüft werden. Die erhaltenen Werte werden mit den entsprechenden Vorgabewerten verglichen und als %-Abweichung angegeben. Das Ergebnis des jeweilig letzten „Beta Span Test“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden.

Zur Überprüfung und ggf. Neukalibrierung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller zudem einen Satz mit Aluminiumreferenzfolien zur Verfügung. Der Foliensatz besteht aus 6 Folien. Das erforderliche Prozedere ist ausführlich im Handbuch zum Gerät beschrieben.

Tabelle 2 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes SWAM 5a Dual Channel Monitor.

*Tabelle 2: Gerätetechnische Daten SWAM 5a Dual Channel Monitor (Herstellerangaben)*

<b>Abmessungen / Gewicht</b>	<b>SWAM 5a Dual Channel Monitor</b>
Messgerät	430 x 540 x 370 mm / 36 kg
Vakuumpumpe	200 x 320 x 200 mm / 10 kg
Kompressor	180 x 320 x 200 mm / 18 kg
Probenahmerohr	1,5 m
Probenahmekopf	FAI, 2,3 m <sup>3</sup> /h, PM10 & PM2,5
Outdoor-Messschrank	700 x 700 x 1950 mm / 95 kg
<b>Energieversorgung</b>	230 V $\pm$ 10 %, 50 Hz
<b>Leistungsaufnahme</b>	max. 1.200 W
<b>Umgebungsbedingungen</b>	
Temperatur	+5 - +40 °C in Eignungsprüfung
Feuchte	nicht kondensierend (<85 %)
<b>Probenflussrate</b>	0,8 – 2,5 m <sup>3</sup> /h, programmierbar 2,3 m <sup>3</sup> /h = 38,33 l/min in Eignungsprüfung
<b>Radiometrie</b> <b>Strahler</b>	<sup>14</sup> C, 3,7 MBq (100 $\mu$ Ci)
<b>Detektor</b>	Geiger-Müller
<b>Massenbestimmung</b>	
Messbereich Massendichte	10 mg/cm <sup>2</sup>
Vergleichspräzision Massendichtebestimmung	$\pm$ 2 $\mu$ g/cm <sup>2</sup>
Vergleichspräzision Massenbestimmung	$\pm$ 10 $\mu$ g bei einer Beaufschlagungsfläche von 5,2 cm <sup>2</sup>

<b>Probenahme</b>	
Filterwechselzeit (Zykluszeit)	einstellbar, 8 – 12 – 24 – 48 – 72 – 96 – 120 – 144 – 168 h
Maximal erlaubte Druckverlust am Filter	40 kPa bei 2,3 m <sup>3</sup> /h
<b>Speicherkapazität Daten (intern)</b>	1.500 Datensätze
<b>Gespeicherte Daten pro Messung</b>	51 Parameter (siehe Handbuch Anhang 1)
<b>Analogausgang</b>	0 – 5 V – parametrierbar, Standardeinstellung 200 µg/m <sup>3</sup>
<b>Digitalausgang</b>	2 x RS 232 (für PC und für Modem) – Schnittstelle zur Datenübertragung und Fernsteuerung
<b>Statussignale / Fehlermeldungen</b>	vorhanden, Übersicht siehe Handbuch Anhang 7 & 8

## 4 Prüfprogramm

### 4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei baugleichen Geräten mit den Seriennummern SN 127 und SN 131. Der Standort Teddington erfolgte parallel zu den deutschen Prüfungen im Rahmen des fix terminierten Testprogramms „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing Programme“ mit zwei baugleichen Geräten mit den Seriennummern SN 145 und SN 149.

Zu Beginn der Eignungsprüfung war die Softwareversion Version Rel 04-08.01.63-30.02.00 auf den Prüflingen installiert. Während der Prüfung wurde die Software beständig bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 weiterentwickelt und optimiert.

Es ist durch die durchgeführten Änderungen bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 kein Einfluss auf die Geräteperformance zu erwarten.

Dem Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen folgte ein mehrmonatiger Feldtest an verschiedenen Feldteststandorten.

Alle ermittelten Konzentrationen (PM10 & PM2,5) werden in Betriebsbedingungen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben; zusätzlich werden die PM10-Konzentrationen zur Auswertung gemäß Richtlinie EN 12341 in Normbedingungen in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  angegeben (273 K, 101,3 kPa).

Im Zeitraum der Prüfungen wurden keine baulichen Veränderungen an den Testgeräten vorgenommen.

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [2,3,4,5,6] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

### 4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei baugleichen Geräten des Typs SWAM 5a Dual Channel Monitor mit den Seriennummern SN 127 und SN 131 durchgeführt. Nach den Richtlinien [1,2] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Beschreibung der Gerätefunktionen
- Ermittlung der Nachweisgrenze
- Ermittlung der Abhängigkeit des Nullpunktes / der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur
- Ermittlung der Abhängigkeit des Nullpunktes / der Empfindlichkeit von der Netzspannung

Folgende Geräte kamen für den Labortest zur Ermittlung der Verfahrenskenngrößen zum Einsatz:

- Klimakammer (Temperaturbereich von –20 °C bis +50 °C, Genauigkeit besser als 1 °C)
- Trennstelltrafo
- Null-Filter (Absolute Filter) zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft
- Referenzfolien R1&R2 (im Gerät implementiert)

Das Auslesen der Messwerte erfolgte via der Bediensoftware DR FAI Manager mit Hilfe eines Notebooks.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

#### **4.3 Feldtest**

Der Feldtest wurde an den Standorten Köln (Parkplatzgelände), Bonn (Belderberg) und Brühl mit 2 baugleichen Messeinrichtungen mit den folgenden Seriennummern durchgeführt:

Gerät 1: Nr. SN 127

Gerät 2: Nr. SN 131

Die Untersuchungen in Teddington (UK) erfolgten im Rahmen des „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing“ Programms mit einem zweiten, baugleichen Gerätesatz mit den folgenden Seriennummern durchgeführt:

Gerät 1: Nr. SN 145

Gerät 2: Nr. SN 149

Im Zuge der Betrachtung des Gesamtdatensatzes über alle 4 Feldteststandorte, werden die Messergebnisse aus den 3 deutschen Standorten mit denen des englischen Standorts vereinigt.

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte (gemäß EN 12341 (nur PM10) und gemäß Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” (PM10 & PM2,5))
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren (gemäß EN 12341 (nur PM10) und gemäß Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” (PM10 & PM2,5))
- Untersuchung der Konstanz des Probenahmestroms
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit

- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Untersuchung der Dichtheit des Probenahmesystems
- Betrachtung der Abhängigkeit der Messwerte von der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte.

Für den Feldtest (Köln, Bonn, Brühl) wurden folgende Geräte eingesetzt:

- 2 Outdoor-Messschranke der Firma FAI Instruments s.r.l.
- Messcontainer der TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, klimatisiert auf ca. 20 °C
- Wetterstation (WS 777 der Fa. Conrad Elektronik AG) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte SEQ47/50 für PM10 gemäß Punkt 5
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM2.5 gemäß Punkt 5
- 1 Klassiergerät gemäß Punkt 5
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme Metraterster 5 (Hersteller: Fa. Gosson Metrawatt)
- Null-Filter zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft
- Referenzfolien R1&R2 (im Gerät implementiert)

Für den Feldtest (Teddington (UK)) wurden folgende Geräte eingesetzt:

- 2 Outdoor-Messschranke der Firma FAI Instruments s.r.l.
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM10 gemäß Punkt 5
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM2.5 gemäß Punkt 5
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- Null-Filter zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft
- Referenzfolien R1&R2 (im Gerät implementiert)

Im Feldtest liefen jeweils für 24h zeitgleich zwei SWAM 5a Dual Channel Monitor – Systeme, zwei Referenzgeräte für PM10, zwei Referenzgeräte für PM2,5 und ein Klassiergerät (nur Köln, Bonn, Brühl). Das Klassiergerät sowie die Referenzgeräte für PM2,5 (alle 4 Standorte) und für PM10 (nur Standort Teddington (UK)) arbeiten diskontinuierlich, d. h. nach erfolgter Probenahme müssen die Filter manuell gewechselt werden.

Die Impaktionsplatten der PM10- sowie der PM2,5-Probenahmeköpfe wurden ca. alle 2 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten.

Bei den Prüflingen sowie bei den Referenzgeräten wurde der Durchfluss vor und nach dem Feldtest, sowie vor und nach jedem Standortwechsel, mit einer trockenen Gasuhr, die über eine Schlauchleitung an der Lufteintrittsöffnung des Gerätes angeschlossen ist, überprüft.



### **Messstandorte und Messgerätstandorte**

Die Messgeräte wurden im Feldtest in eigenständigen Outdoor-Messschränken installiert. Es wurde bei der Aufstellung darauf geachtet, dass die Messschränke mit den Prüflingen möglichst räumlich nahe bei den Referenzsystemen installiert wurden..

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

*Tabelle 3: Feldteststandorte*

<b>Nr.</b>	<b>Messstandort</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Charakterisierung</b>
1	Köln, Parkplatzgelände	10/2007 –02/2008	Städtischer Hintergrund
2	Bonn, Belderberg	02/2008 – 04/2008	Verkehr
3	Teddington (UK)	07/2008 – 10/2008	Städtischer Hintergrund
4	Brühl	09/2008 – 11/2008	Kieswerk

Abbildung 18 bis Abbildung 24 zeigen den Verlauf der PM – Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

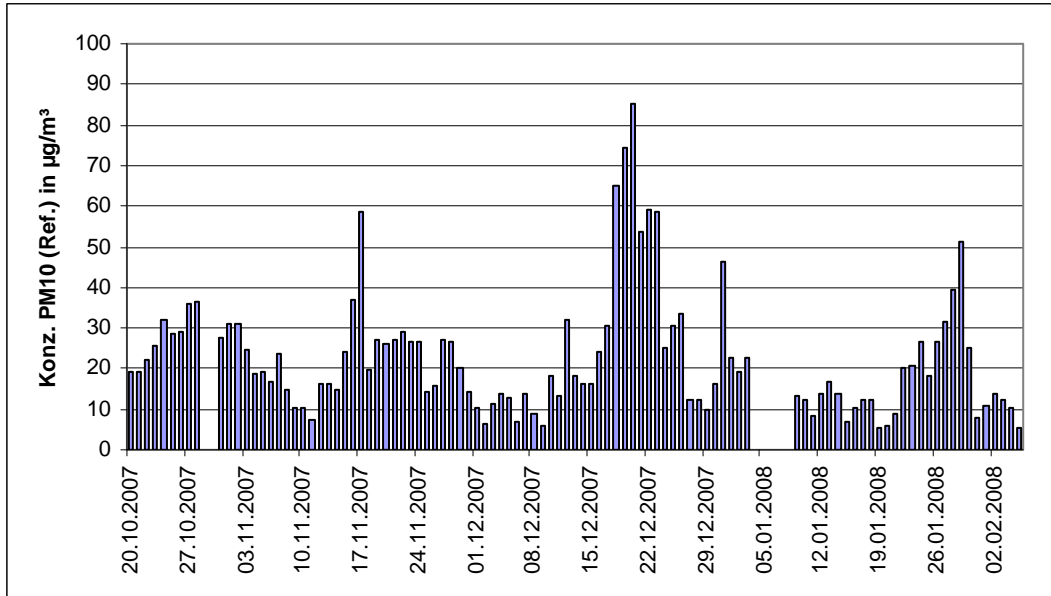


Abbildung 18: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände“

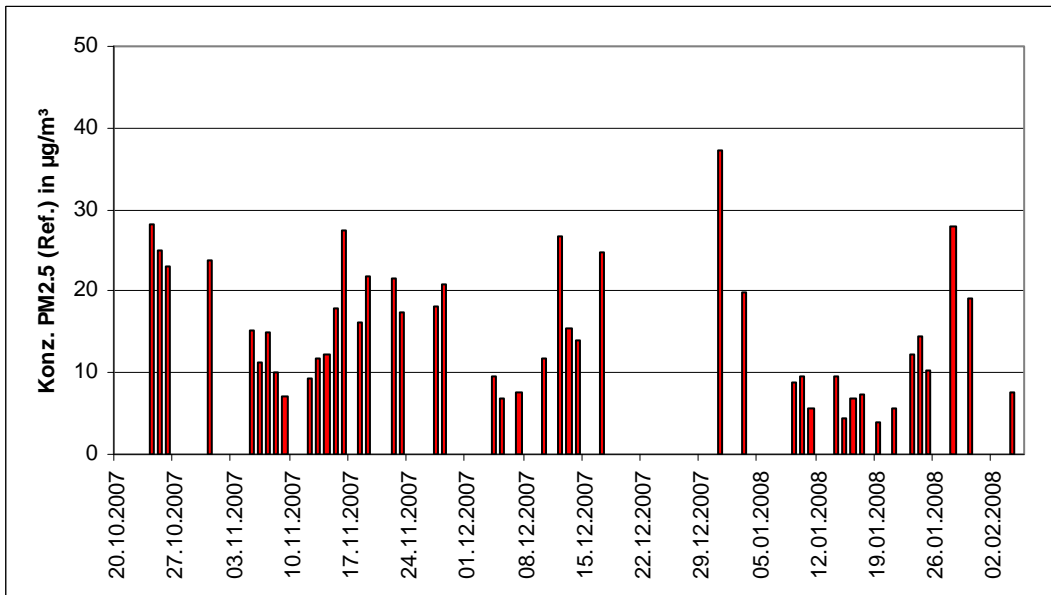


Abbildung 19: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände“

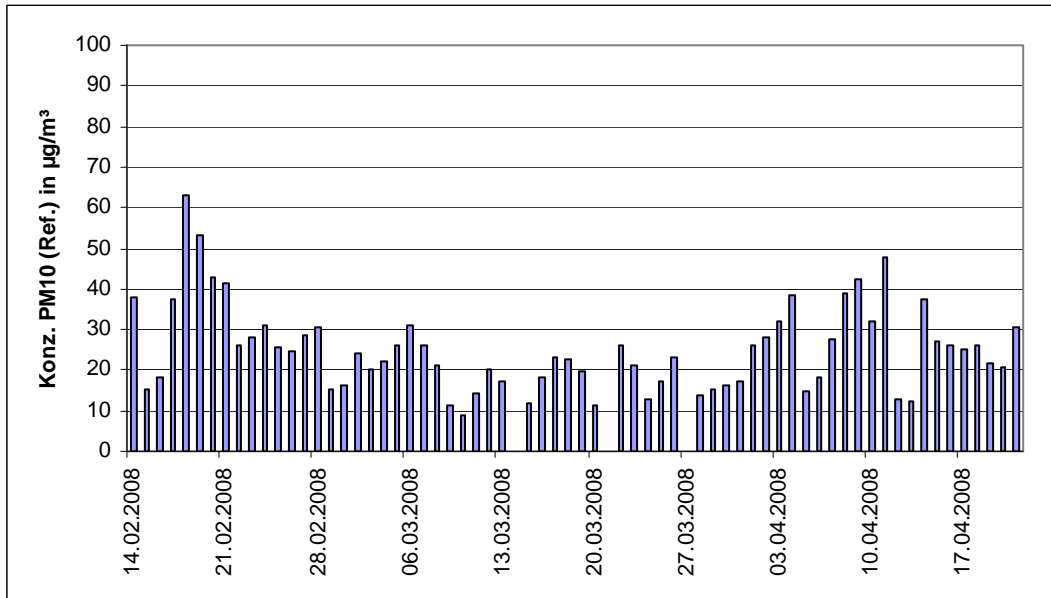


Abbildung 20: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“

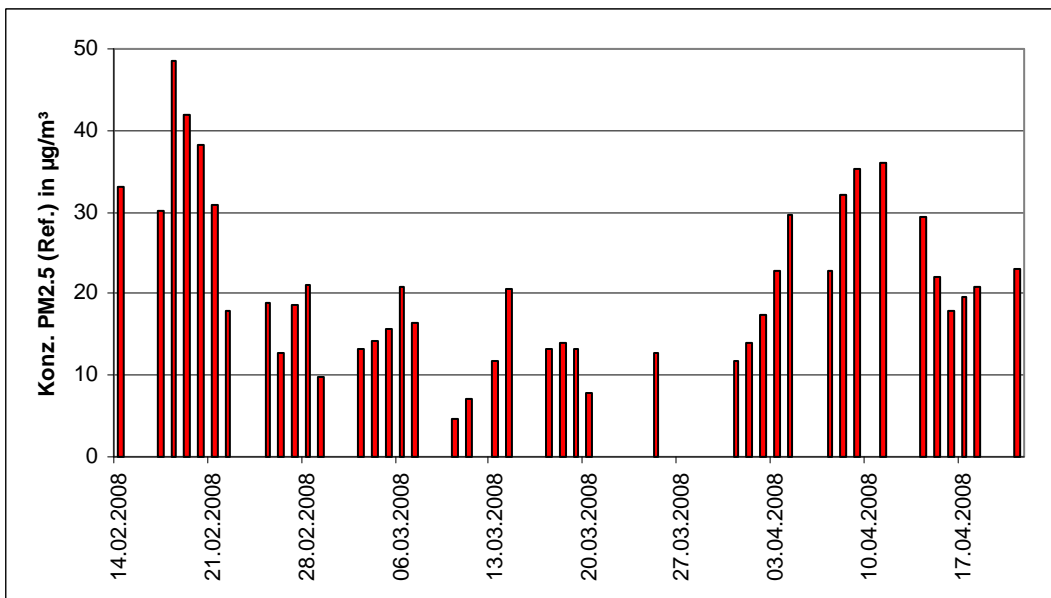


Abbildung 21: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“

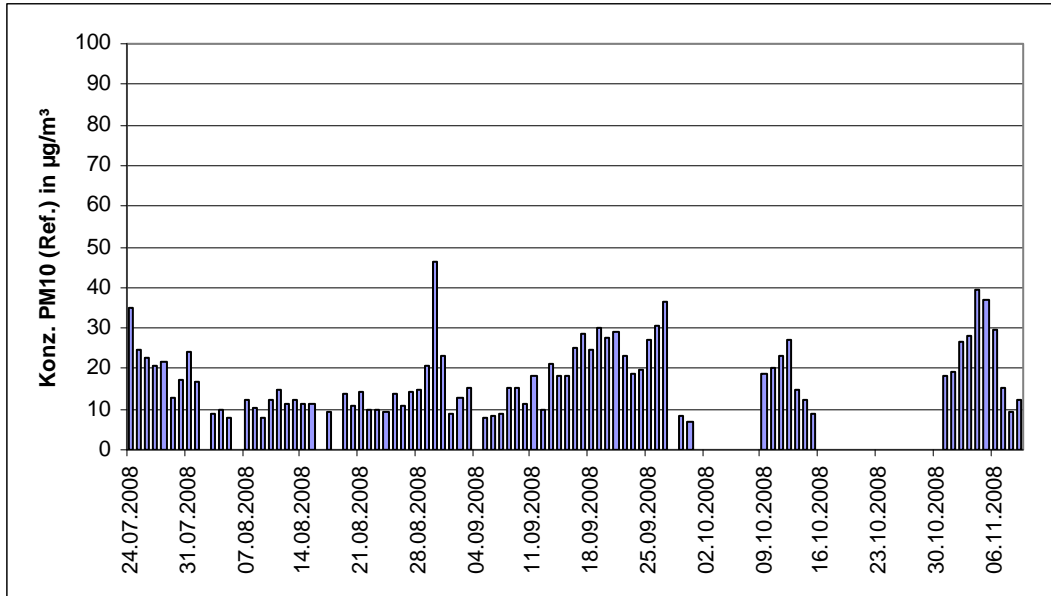


Abbildung 22: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“

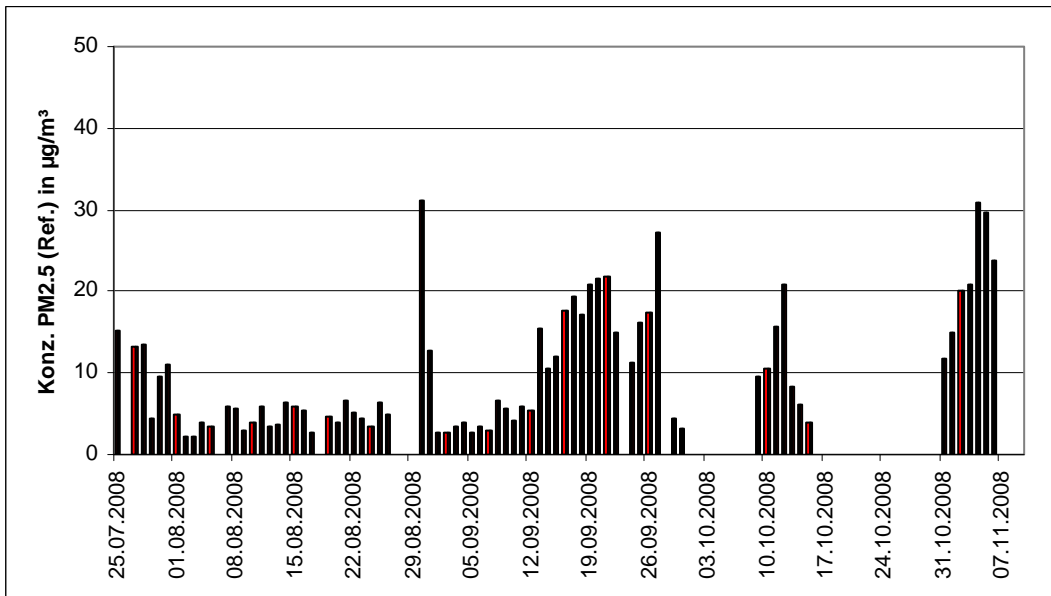


Abbildung 23: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

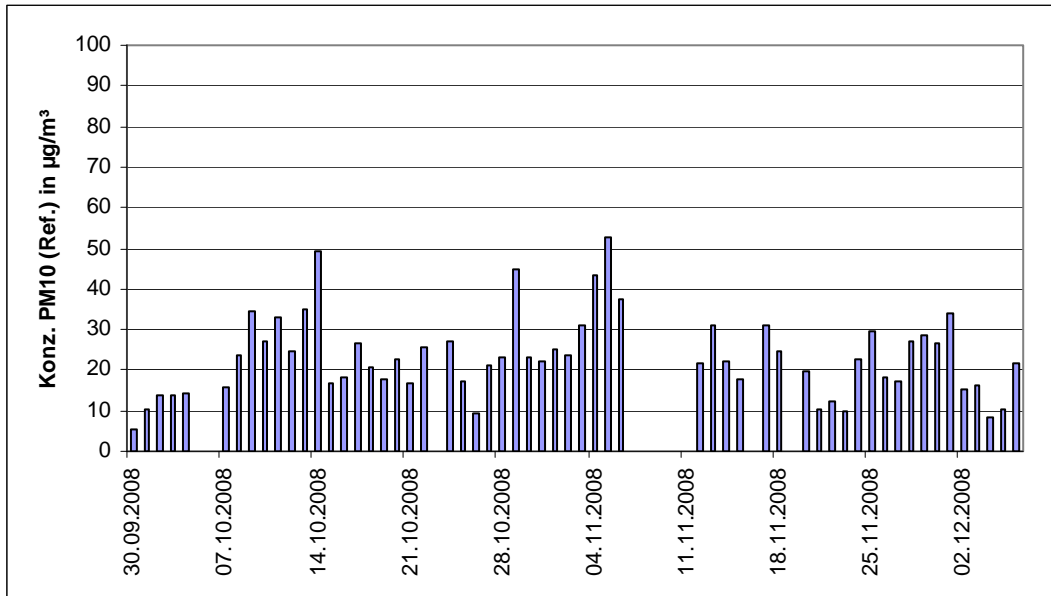


Abbildung 24: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“

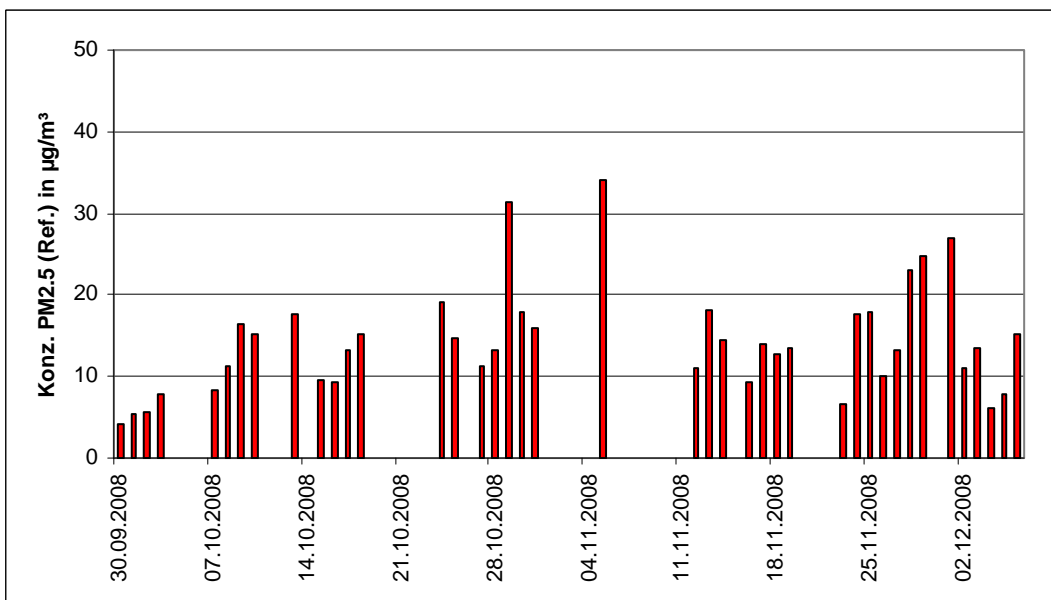


Abbildung 25: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten Köln (Parkplatzgelände), Bonn (Belderberg), Teddington (UK) und Brühl.



*Abbildung 26: Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände*



*Abbildung 27: Feldteststandort Bonn, Belderberg*

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 55 von 531



*Abbildung 28: Feldteststandort Teddington*



*Abbildung 29: Feldteststandort Brühl*

Neben den Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstaubimmissionen war eine Erfassungsanlage für meteorologische Kenndaten am Container angebracht. Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung von Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Niederschlagsmenge. Es wurden 30-min-Mittelwerte gespeichert.

Der Aufbau der Messschranke sowie des Containers, sowie die Anordnung der Probenahmesonden, wurde durch die folgenden Abmessungen charakterisiert:

- Höhe Outdoor-Messschrank: ca. 2,0 m über Grund
- Höhe Probenahme SWAM5a, Linie A, PM10: ca. 3,2 m über Grund
- Höhe Probenahme SWAM5a, Linie B, PM2.5: ca. 2,9 m über Grund
- Höhe Containerdach: ca. 2,7 m
- Höhe der Probenahme für Ref. PM10/ Ref. PM2,5/  
TSP ca. 1,2 / 1,2 / 1,0 m über  
Containerdach respektive  
ca. 3,9 / 3,9 / 3,7 m über Grund
- Höhe der Windfahne: ca. 4,5 m über Grund

Die nachfolgende Tabelle 4 enthält neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes. Gelegentlich auftretende Anteile von Schwebstäuben >100 % wurden als unplausibel verworfen. Am Standort Brühl konnten auf Grund des Austauschs der TÜV-Messstation ab dem 03.11.2008 keine weiteren meteorologischen Messungen stattfinden. Am Standort Teddington waren meteorologische Daten erst ab dem 17.09.2008 verfügbar. Des Weiteren erfolgte am Standort Teddington keine Erfassung des TSP-Staubes. Alle Einzelwerte sind in den Anhängen 5 und 6 zu finden.



*Tabelle 4: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte*

	<b>Köln, Parkplatzgelände</b>	<b>Bonn, Belderberg</b>	<b>Teddington (UK)*</b>	<b>Brühl**</b>
Anzahl Wertepaare Referenz PM10 (Gesamt)	102	65	80	51
Anzahl Wertepaare Referenz PM2.5 (Gesamt)	46	43	81	41
<b>PM 10-Anteil unter Umgebungsbedingungen [%]</b>				
Bereich	59,1 – 99,4	45,9 – 94,8	nicht erfasst	nicht erfasst
Mittelwert	77,3	67,5		
<b>Lufttemperatur [°C]</b>				
Bereich	-3,4 – 12,4	0,6 – 13,6	4,2 – 15,4	4,4 – 16,2
Mittelwert	5,3	7,0	11,2	10,3
<b>Luftdruck [hPa]</b>				
Bereich	982 – 1033	975 – 1034	984 – 1016	992 – 1024
Mittelwert	1012	1003	1000	1008
<b>Rel. Luftfeuchte [%]</b>				
Bereich	55,2 – 86,9	45,3 – 81,0	64 – 95	61,6 – 82
Mittelwert	72,5	64,8	81,4	74,5
<b>Windgeschwindigkeit [m/s]</b>				
Bereich	0,0 – 6,8	0,0 – 4,8	0,0 – 1,8	0 – 8,3
Mittelwert	2,1	1,3	0,5	2,2
<b>Niederschlagsmenge [mm]</b>				
Bereich	0,0 – 31,0	0,0 – 20,4	0,0 – 13,2	0,0 – 16,5
Mittelwert	2,7	2,6	1,1	2,2

\* Wetterdaten erst ab 17.09.2008 verfügbar

\*\* Wetterdaten nur bis 03.11.2008 verfügbar

### Dauer der Probenahmen

DIN EN 12341 legt die Probenahmedauer auf 24 h fest. Bei niedrigen Konzentrationen ist jedoch auch eine längere, bei höheren Konzentrationen eine kürzere Probenahmedauer zulässig.

DIN EN 14907 legt die Probenahmedauer auf 24 h ± 1 h fest.

Während im Feldtest immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräten eingestellt wurde, wurde die Probenahmezeit bei einigen Untersuchungen im Labor reduziert, um eine größere Anzahl an Messwerten zu erhalten.

## Handhabung der Daten

Die ermittelten Messwertpaare der Referenzwerte aus den Felduntersuchungen wurden vor den jeweiligen Auswertungen für jeden Standort einem statistischen Ausreißertest nach Grubbs (99 %) unterzogen, um Auswirkungen von offensichtlich unplausiblen Daten auf das Messergebnis vorzubeugen. Als signifikante Ausreißer erkannte Messwertpaare dürfen dabei solange aus dem Wertepool entfernt, bis der kritische Wert der Prüfgröße unterschritten wurde. Es dürfen jedoch insgesamt für jeden Standort maximal 5 % der Messwertpaare verworfen.

Im Rahmen des „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing“ Programms, wurde mit den englischen Projektpartnern vereinbart, dass für die Prüflinge prinzipiell keine Messwerte verworfen werden, es sei denn, es liegen begründbare technische Ursachen für unplausible Werte vor. Daher wurden in der gesamten Prüfung keine Messwerte der Prüflinge verworfen.

Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen eine Übersicht über die für jeden Einzelstandort als signifikante Ausreißer erkannten Messwertpaare (Referenz). Diese Messwertpaare wurde für die weiteren Auswertungen verworfen.

*Tabelle 5: Übersicht über Ausreißer – Referenz, Messkomponente PM10*

Standort	n	Referenz PM10		
		Datum	G1	G2
Köln	102	keine Ausreisser		
Bonn	65	keine Ausreisser		
Teddington	80	02.08.2008 16.08.2008 04.09.2008	8,5 µg/m <sup>3</sup> 13,9 µg/m <sup>3</sup> 10,4 µg/m <sup>3</sup>	6,4 µg/m <sup>3</sup> 21,0 µg/m <sup>3</sup> 5,3 µg/m <sup>3</sup>
Brühl	51	16.11.2008 19.11.2008	19,7 µg/m <sup>3</sup> 32,1 µg/m <sup>3</sup>	16,3 µg/m <sup>3</sup> 27,3 µg/m <sup>3</sup>

*Tabelle 6: Übersicht über Ausreißer – Referenz, Messkomponente PM2,5*

Standort	n	Referenz PM2.5		
		Datum	G1	G2
Köln	46	20.10.2007	16,1 µg/m <sup>3</sup>	23 µg/m <sup>3</sup>
Bonn	43	keine Ausreisser		
Teddington	81	26.07.2008	16,1 µg/m <sup>3</sup>	13,8 µg/m <sup>3</sup>
Brühl	41	11.10.2008 14.10.2008 21.11.2008	28,4 µg/m <sup>3</sup> 17,5 µg/m <sup>3</sup> 5,8 µg/m <sup>3</sup>	24,5 µg/m <sup>3</sup> 21,2 µg/m <sup>3</sup> 3,4 µg/m <sup>3</sup>

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

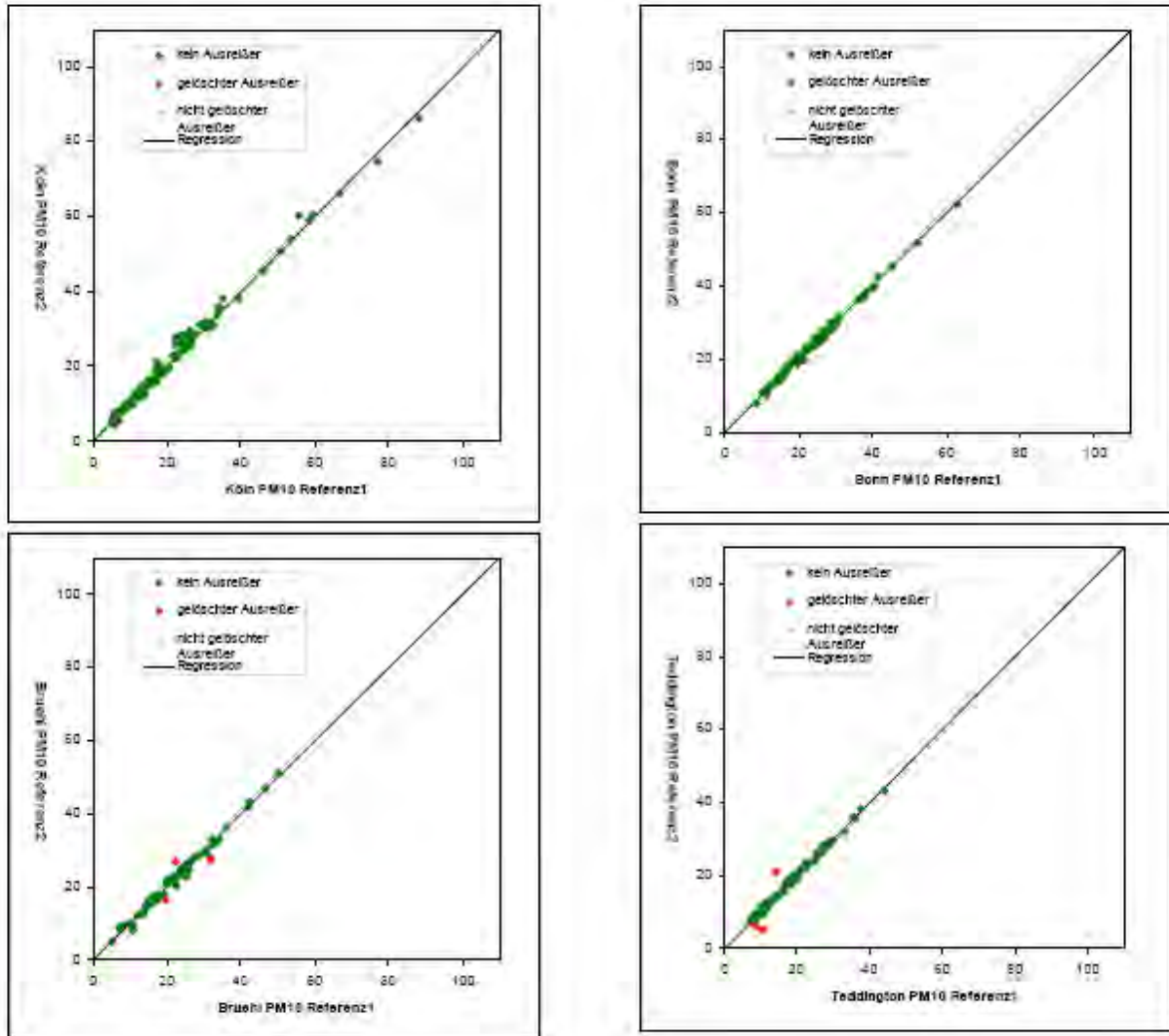


Abbildung 30: Grubbs Testergebnisse für das PM<sub>10</sub> Referenzverfahren an allen 4 Standorten

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 61 von 531

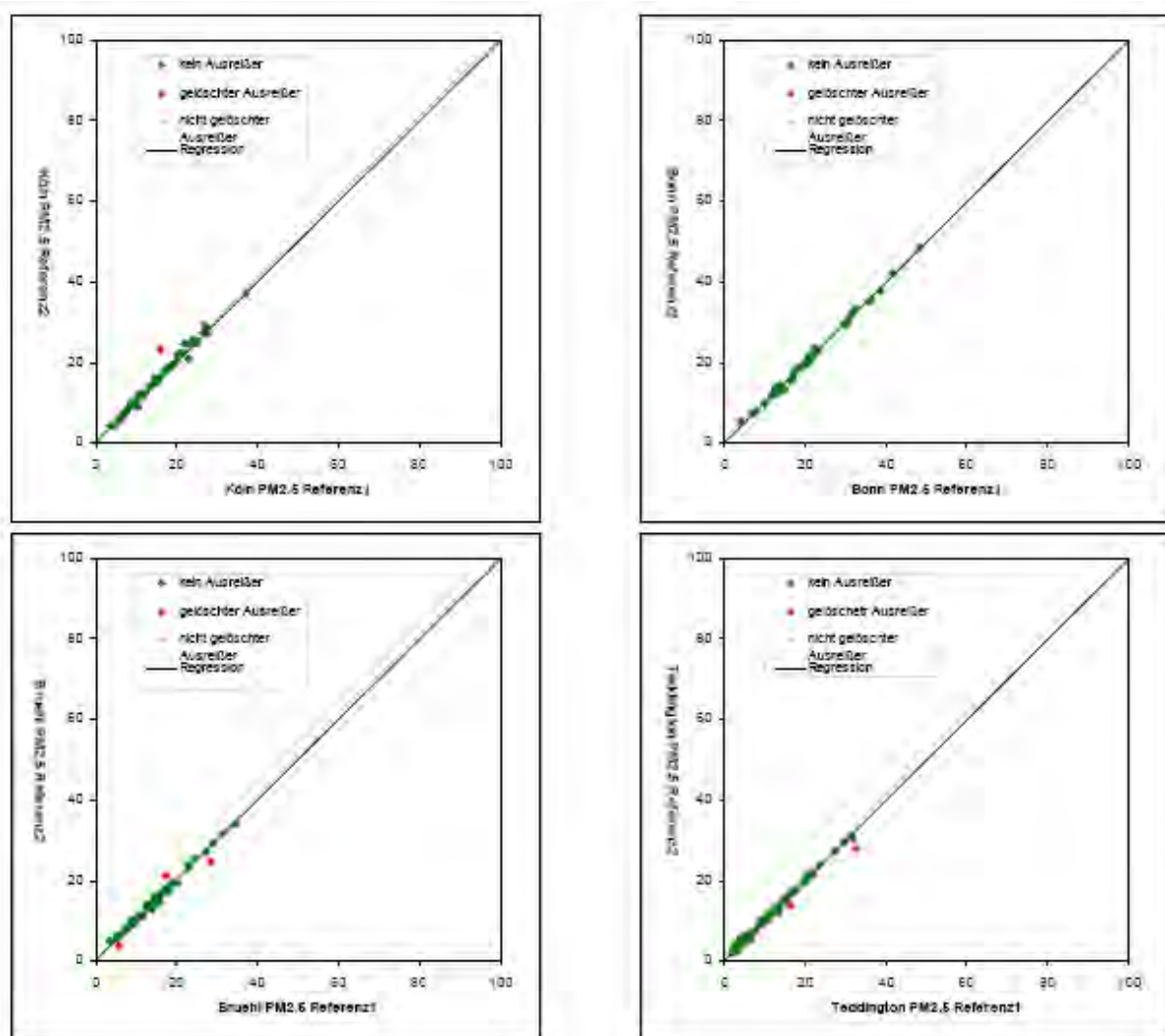


Abbildung 31: Grubbs Testergebnisse für das PM<sub>2,5</sub> Referenzverfahren an allen 4 Standorten

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

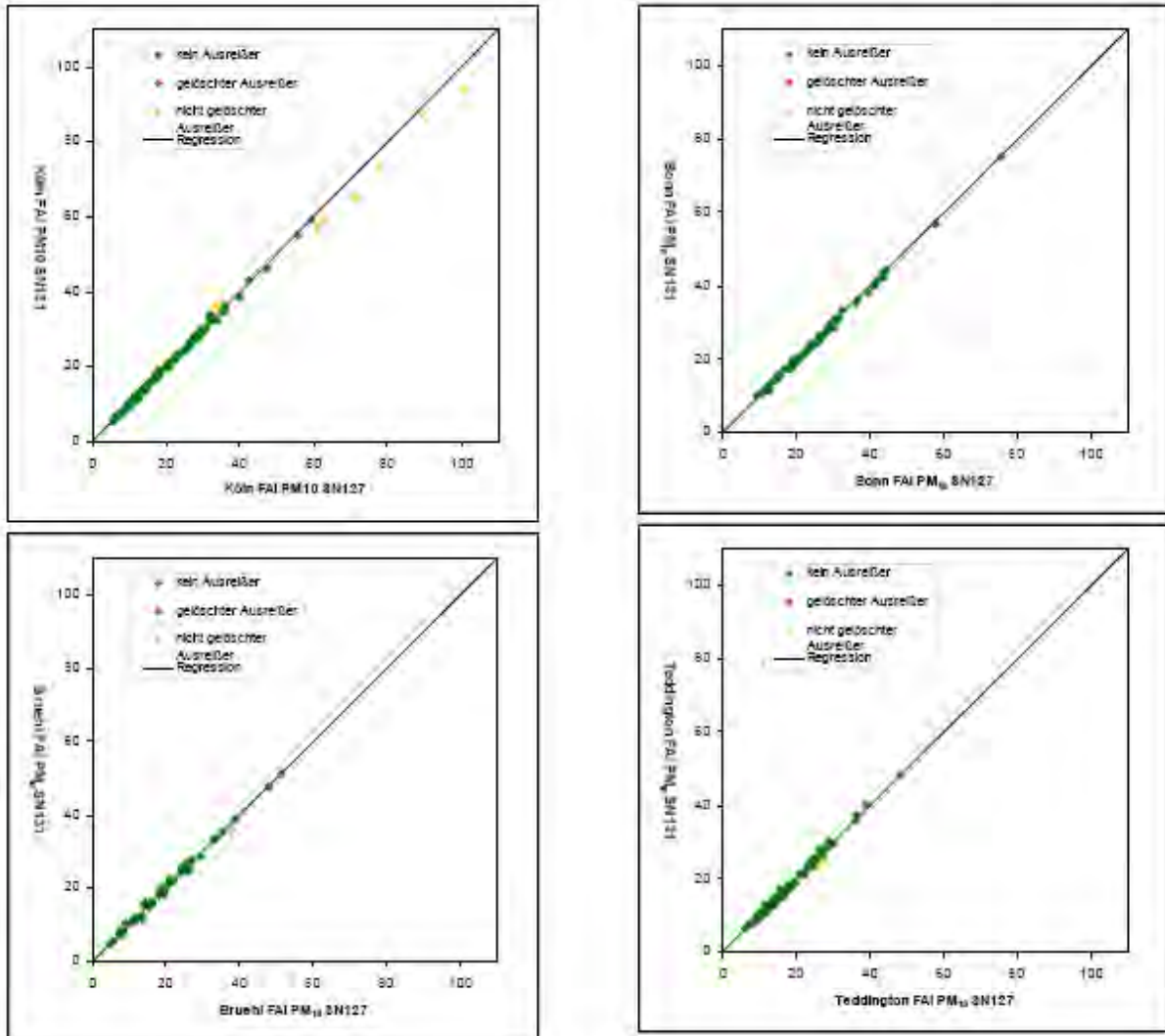


Abbildung 32: Grubbs Testergebnisse für das PM<sub>10</sub> FAI an allen 4 Standorten

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>,  
Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 63 von 531

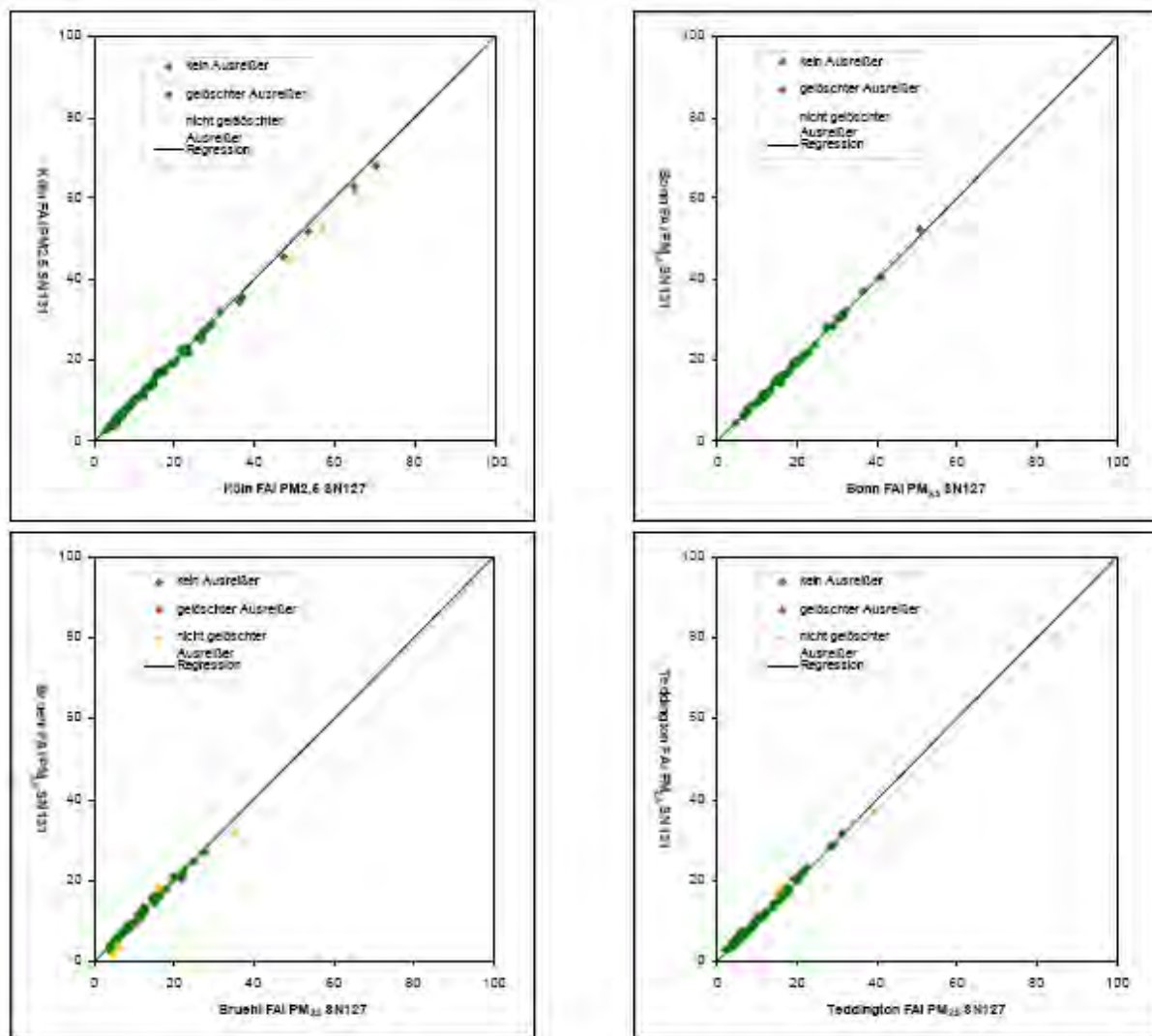


Abbildung 33: Grubbs Testergebnisse für das PM<sub>10</sub> FAI an allen 4 Standorten

### Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

*Tabelle 7: Eingesetzte Filtermaterialien*

Messgerät	Filtermaterial, Typ	Hersteller
Referenzgeräte LVS3 und SEQ47/50	Quarzfaser, Ø 50 mm	Whatman
Klassiergerät GS 050	Quarzfaser, Ø 50 mm	Whatman
Referenzgeräte LVS3 (nur Teddington)	Emfab™, Ø 47 mm	Pall

Im Rahmen des Testprogramms „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing Programme“ wurde auf ausdrücklichen Wunsch der britischen Projektpartner das Filtermaterial Emfab™ (teflonbeschichtete Glasfaserfilter) eingesetzt, da der britische Partner laut [11] dieses Filtermaterial als das für die Messaufgabe am Besten geeignete betrachtet.

Die Behandlung der Filter entspricht den Anforderungen der DIN EN 14907 respektive der DIN EN 12341, Anhang C.

Die Verfahren zur Behandlung der Filter und zur Wägung sind im Detail im Anhang 3 zu diesem Bericht beschrieben



## 5 Referenzmessverfahren

Im Rahmen des Feldtestes wurden gemäß der DIN EN 12341 bzw. der DIN EN 14907 folgende Geräte eingesetzt:

### 1. als Referenzgerät PM10:

Filterwechsler SEQ47/50, Indoorversion, (Standorte Köln, Bonn, Brühl)

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2005

PM10-Probenahmekopf

sowie

KleinfILTERgerät Low Volume Sampler LVS3 (Standort Teddington (UK))

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2007

PM10-Probenahmekopf

### 2. als Referenzgerät PM2,5:

KleinfILTERgerät Low Volume Sampler LVS3

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2007

PM2,5-Probenahmekopf

### 3. als Klassiergerät:

KleinfILTERgerät GS 050, (Standorte Köln, Bonn, Brühl)

Hersteller: Fa. Derenda, Xantener Str. 22, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 1992

TSP-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden jeweils parallel zwei Referenzgeräte mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m<sup>3</sup>/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

An den drei deutschen Standorten kamen für die Messkomponente PM10 zwei Referenzsysteme vom Typ Filterwechsler SEQ47/50 zum Einsatz. Die Installation erfolgte als Indoorversion, d.h. der eigentliche Filterwechsler wurde im Messcontainer installiert und die Verbindung zum Probeneinlass über ein Ansaugrohr hergestellt. Das gesamte Probenahmesystem wird durch einen Luftmantel gekühlt – hierzu ist zusätzlich das eigentliche Ansaugrohr in einem durchspülten Aluminiumhüllrohr installiert.

Der Filterwechsler basiert technisch auf dem Kleinfltergerät LVS3 und entspricht auf Grund seiner Bauausführung grundsätzlich einem Referenzsammler nach DIN EN 12341. Der Filterwechselmechanismus zusammen mit dem Vorrats- und Ablagemagazin ermöglicht eine kontinuierliche 24-h-Probenahme für die Dauer von bis zu 15 Tagen.

Die Probenahmeluft beim LVS3 wie auch beim SEQ47/50 wird von der Drehschieber-Vakuumpumpe über den Probenahmekopf gesaugt, der Probeluft-Volumenstrom wird hierbei zwischen Filter und Vakuumpumpe mit einer Messblende gemessen. Die angesaugte Luft strömt von der Pumpe aus über einen Abscheider für den Abrieb der Drehschieber zum Luftauslass.

Nach beendeter Probenahme zeigt die Messelektronik das angesaugte Probeluftvolumen in Norm- oder Betriebs-m<sup>3</sup> im Display an (LVS3) bzw. legt die Messdaten im Speicher ab (SEQ 47/50).

Die PM10 Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Norm-m<sup>3</sup> (EN 12341) bzw. in Betriebs-m<sup>3</sup> (gemäß Leitfaden „Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“) dividiert wurde.

Die PM2,5 Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m<sup>3</sup> (gemäß Leitfaden „Demonstration of equivalence of ambient air monitoring methods“) dividiert wurde.

Da im Rahmen der Prüfung immer zwei Referenzgeräte parallel betrieben wurden, wurden zur Auswertung die PM10 als auch die PM2,5-Konzentrationswerte jeweils aus den Ergebnissen der Parallelmessungen gemittelt.

Das Klassiergerät erfasst den Schwebstaub in der Luft gemäß VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7. Es wird der gesamte Korngrößenbereich erfasst (TSP = **T**otal **S**uspended **P**articulate Matter).

Die Funktionsweise des Klassiergerätes entspricht prinzipiell der des Referenzgerätes im unregelmäßigen Betrieb. Der Durchsatz wird mittels Flügelradanemometer und angekoppeltem elektromechanischem Zählwerk in m<sup>3</sup> mit einer Ablesegenauigkeit von 0,01 m<sup>3</sup> angezeigt. Der Nenndurchsatz beträgt 2,7 bis 2,8 m<sup>3</sup>/h. Während der Probenahmezeit sollte ein stündlicher Durchsatz von 2,6 m<sup>3</sup>/h nicht unterschritten werden. Das Probeluftvolumen ergibt sich aus der Differenz des zu Beginn und am Ende der Probenahme abgelesenen Zählerstandes des Zählwerkes.

Eine Umrechnung des Probeluftvolumens auf Normbedingungen (273 Kelvin, 101,3 kPa, EN 12341) erfolgte mittels den in der angebrachten Wetterstation am Messcontainer kontinuierlich ermittelten Größen Lufttemperatur und Luftdruck sowie dem an der Gasuhr anliegenden Unterdruck.

Die TSP Konzentration wurde ebenfalls ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Norm-m<sup>3</sup> dividiert wurde. Der PM10 Anteil errechnet sich durch Division der PM10 Konzentration des Referenzgerätes durch den jeweiligen TSP Gehalt.

Die Probenahmezeit wurde mit Hilfe einer elektrischen Zeitschaltuhr eingestellt.

## **WICHTIG!**

Für PM10 ist folgendes zu beachten:

Im Rahmen der Prüfung wurde festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbelastung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmessungen vorliegen. Es konnten vor allem an Tagen mit relativ hoher Staubbelastung (stabile Wetterlagen im Winter) deutliche Unterschiede zwischen der Referenz und den Prüflingen beobachtet werden. Als Folge dessen liegen auch die ermittelten erweiterten Messunsicherheiten für die Komponente PM10 signifikant höher als die für PM2,5 ermittelten Unsicherheiten.

Da die Messeinrichtung SWAM5a Dual Channel Monitor die abgeschiedenen Partikelmassen sowohl für PM10 als auch für PM2,5 mit ein und demselben Messmodul bestimmt und alle relevanten Parameter (Design der Probenahmeköpfe, Durchflussraten, Dichtheit) bei den Prüflingen den Anforderungen entsprechen, können die signifikant schlechteren PM10-Ergebnisse im Vergleich zu den PM2,5-Ergebnissen nicht in der Performance der Prüflinge begründet sein.

Bei der Durchführung der Prüfung am Standort Brühl im Sommer 2008 konnten diese Effekte dann in nochmals deutlich verstärkter Ausprägung beobachtet werden (PM2,5 unauffällig, PM10 zum Teil sehr große Abweichungen, siehe Anlage 2, Punkt C) Standort Brühl (Ermittlung der systematischen Abweichungen in den Probenahmeköpfen)). Die inakzeptablen Ergebnisse für PM10 in Brühl führten schließlich zum Abbruch der Untersuchungen an diesem Standort und zu einer intensiven Ursachenanalyse.

Die Untersuchung des vorhandenen Datenmaterials (Köln, Bonn und insbesondere Brühl) zeigt deutlich, dass es signifikante Unterschiede in der  $PM_{Coarse}$  – Fraktion (= PM10-PM2,5) zwischen den Prüflingen und Referenzen gibt. Dies deutet auf ein unterschiedliches Abscheideverhalten der eingesetzten Probenahmeköpfe hin. Bei genaueren Untersuchungen des verwendeten Equipments stellte sich nun heraus, dass die in diesem Kapitel 5 beschriebenen Referenzgeräte für PM10 in der Ausführung der PM10 Düsen von den Vorgaben der EN12341 abweichen. An Stelle eines durchgängig geraden Innendurchmessers der Düsen von 6,5 mm weisen die verwendeten Düsen der Firma LECKEL GmbH einen Innendurchmesser von 10 mm aus, der sich zum Düsenende hin auf 6,5 mm verjüngt. Abbildung 34 zeigt schematisiert den Unterschied im Design der Düsen. Das Design der Probenahmeköpfe der FAI-Prüflinge entspricht hingegen exakt den Vorgaben der EN 12341.

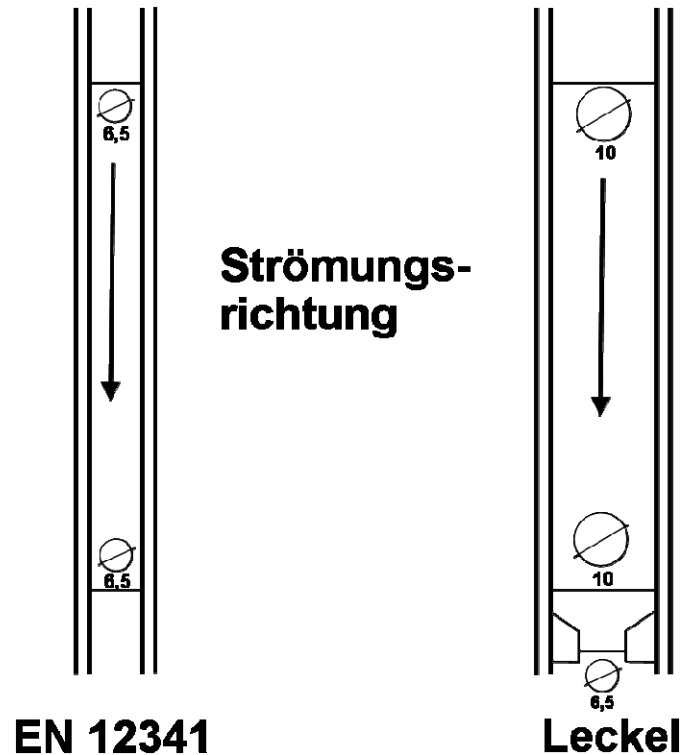


Abbildung 34: Schematisches Design der Impaktordüsen gemäß EN 12341 und der verwendeten Referenzgeräte

Die eingesetzten Düsen der Firma Leckel unterscheiden sich definitiv von den Vorgaben der EN 12341. Der Hersteller versichert hierbei, dass seine Düsen ein Abscheideverhalten sicherstellen, welches näher an der PM10-Definition angelehnt ist. Auch konnte in der Vergangenheit (u.a. in verschiedenen Eignungsprüfungen) festgestellt werden, dass der Einfluss bei den üblicherweise anzutreffenden Schwebstaublevels und -zusammensetzungen (kein signifikant hoher Grobstaubanteil) nicht deutlich wurde und es daher auch keine offensichtlichen Probleme im Vergleich Referenz vs. Prüfling gab.

Nichtsdestotrotz konnte der vorgefundene Unterschied in der Bauausführung der Probenahmeköpfe als Ursache für das vor allem bei hohen Anteilen von Partikeln im Bereich um 10 µm signifikant abweichende Abscheideverhalten der Referenzgeräte im Vergleich zu den Prüflingen ermittelt werden.

Besonders deutlich werden die Effekte am Standort Brühl, da hier die Geräte inmitten einer Kies-/Sandgrube aufgestellt sind und somit vor allem in der trockenen Jahreszeit erheblichen Grobstaubanteilen ausgesetzt sind. Zusätzliche Vergleichsmessungen im Sommer 2008 zwischen einem Referenzgerät mit PM10-Standardkopf von LECKEL und einem Referenzgerät mit EN 12341-konformen Düsen zeigen die möglichen Unterschiede deutlich (siehe Abbildung 35).

Ref 1 (Leckel, standard) vs. Ref 2 (Leckel, EN12341-Düsen)

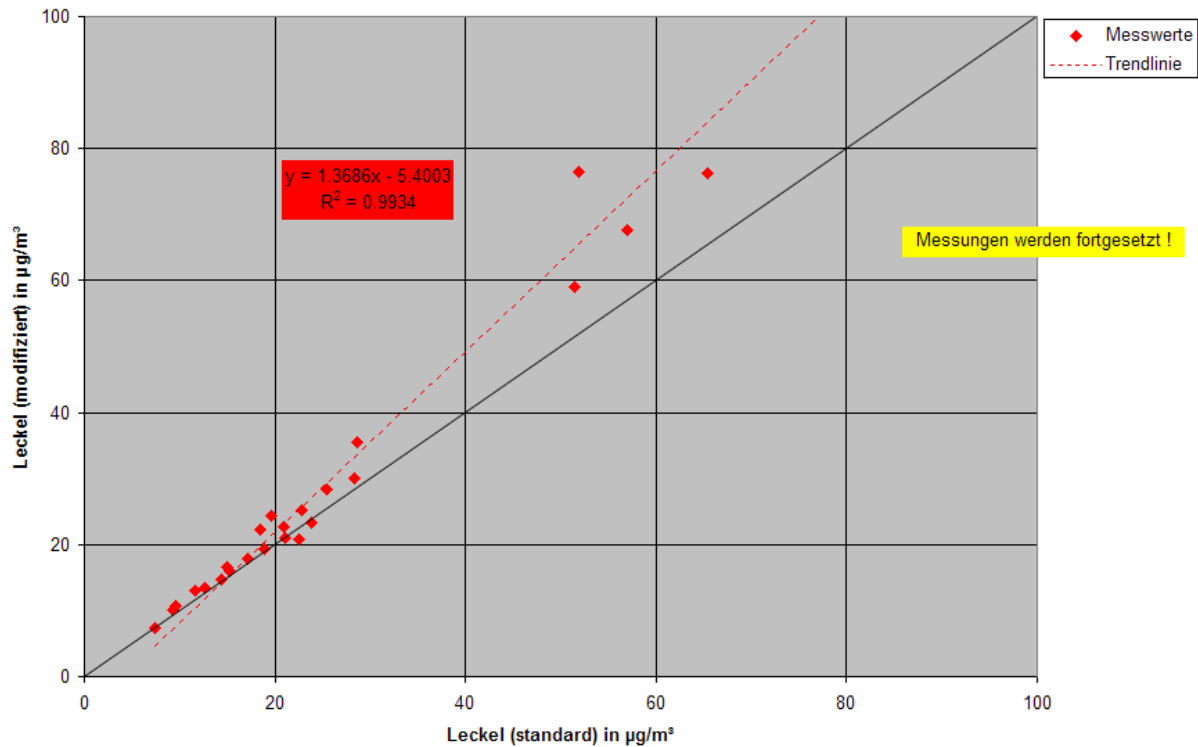


Abbildung 35: Exemplarischer Vergleich LECKEL, Standarddüsen vs. LECKEL, EN12341-Düsen am Standort Brühl

Der Standort Teddington ist auf Grund der insgesamt niedrigen Schwebstaubbelastungen verbunden mit niedrigen Grobstaubanteilen, auf den ersten, oberflächlichen Blick nicht weiter auffällig. Bei genauerer Untersuchung der Datensätze kann aber auch hier das unterschiedliche Abscheideverhalten deutlich herausgestellt werden.

Es bleibt festzustellen, dass die Abweichung der Referenzgeräte für PM10 einen signifikanten Beitrag zur Gesamtunsicherheit der Messeinrichtungen beigetragen hat. Dies betrifft im Wesentlichen die Ergebnisse für die Standorte Köln und Bonn. Am Standort Teddington ist der Beitrag ebenfalls nachweislich vorhanden, allerdings in einem vernachlässigbarem Umfang.

Die in diesem Bericht aufgeführten (guten) Ergebnisse des Standortes Brühl sind darin begründet, dass der Standort Brühl komplett mit richtlinienkonformen PM10-Düsen wiederholt wurde.

Die Messeinrichtung SWAM5a erfüllt auch mit der beschriebenen Problematik die Mindestanforderungen für PM10. Da die offensichtlich erhöhten Unsicherheiten, die in der Ausführung des Referenzgerätes PM10 begründet sind, nicht zum Nachteil der Prüflinge gereichen sollen und zum Anderen die hohe Leistungsfähigkeit der geprüften Messeinrichtung herausgestellt werden soll, enthält **Anhang 2** zu diesem Bericht eine detaillierte Beschreibung der festgestellten Problematik sowie einen in Zusammenarbeit zwischen TÜV und Gerätehersteller entwickelten Korrekturverfahrens zur theoretischen Berücksichtigung des Einflusses des unterschiedlichen Abscheideverhaltens zwischen den verschiedenen Probenahmeköpfen.

### **Wichtig!**

**Die Messkomponente PM2,5 ist von der beschriebenen Problematik in keiner Weise betroffen.**

## 6 Prüfergebnisse

### 6.1 4.1.1 Messwertanzeige

*Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen.*

### 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

### 6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

### 6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige. Die Messwerte als Mittelwerte über die Probenahmezeit können zu jeder Zeit dem Speicher entnommen und angezeigt werden.

### 6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



Abbildung 36: Anzeige Messwert, Linie B (PM2,5), aus Speicher auf Display

## **6.1 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

1. Überprüfung des Gerätestatus  
Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on line überwacht und kontrolliert werden.
2. Die Probenahmeköpfe müssen nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind. Diese Arbeiten können parallel mit dem mindestens alle 2 Wochen notwendigen Austausch der Filter (bei Filtervorrat 36 Filter) durchgeführt werden.
3. Monatliches Durchführen des geräteinternen BETA SPAN TESTs (Betrieb wird hierzu nicht unterbrochen) gemäß Handbuch, Kapitel 7.2.1)
4. Monatliche Reinigung des Gerätes. In jedem Fall ist die Messeinrichtung nach jedem Messeinsatz zu reinigen.
5. Alle 3 Monate Kontrolle und ggf. Reinigung der Ansaugstange  
Nach erfolgter Wartung ist die Dichtigkeit der Messeinrichtung zu prüfen.
6. Alle 6 Monate Kontrolle Ölstand und Filter des Druckluftkompressors
7. Alle 12 Monate Wartung der Pumpe. Nach erfolgter Wartung ist der Luftdurchsatz mit Hilfe eines Durchflusstransferstandards zu überprüfen und ggf. nachzukalibrieren.

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

Die Messeinrichtung führt standardmäßig bei jedem Messzyklus eine interne Dichtheitsprüfung sowie eine interne Überprüfung der Durchflussratenmessung durch. Sollten an dieser Stelle unzulässig hohe Abweichungen auftreten, so müssen diese Punkte zeitnah manuell überprüft und ggf. korrigiert werden.

Eine externe Überprüfung / Kalibrierung der Massenmessung ist nur notwendig im Falle von unzulässig hohen Abweichungen beim BETA SPAN TEST oder bei Gerätestörungen.

Zur Durchführung der Wartungsarbeiten sind die Anweisungen im Handbuch zu beachten. Alle Arbeiten lassen sich mit üblichen Werkzeugen durchführen.



## **Bewertung**

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar. Die Arbeiten zu Punkt 5 bis 7 sind nur bei einem Stillstand des Gerätes durchzuführen. Diese Arbeiten fallen nur vierteljährlich bzw. jährlich an. In der restlichen Zeit kann sich die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränken.

Mindestanforderung erfüllt? ja

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

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

## **6.1 4.1.3 Funktionskontrolle**

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

*Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme müssen 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.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bedienungshandbuch, Null-Filter, Referenzfolien R1 & R2 (im Gerät implementiert).

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Hier wurde überprüft, ob alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen vorhanden, aktivierbar und funktionstüchtig sind.

Zur externen Überprüfung des Gerätenullpunktes wird ein Null-Filter mit Adapter eingesetzt. Das Null-Filter wird anstelle des Probenahmekopfes am Geräteeinlass montiert und ermöglicht durch Abscheiden der Partikel die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft zur Nullpunktsüberprüfung. Es kann der Gerätenullpunkt als Konzentrationswert in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  überprüft werden.

Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar zu Beginn des nächsten Messzyklus) kann die radiometrische Kalibrierung mit Hilfe von zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte überprüft werden. Die erhaltenen Werte werden mit den entsprechenden Vorgabewerten verglichen und als %-Abweichung angegeben. Das Ergebnis des jeweilig letzten „Beta Span Test“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden. Für diese Prüfung ist keine Unterbrechung des Messbetriebs notwendig.

Zur Überprüfung und ggf. Neukalibrierung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller zudem einen Satz mit Aluminiumreferenzfolien zur Verfügung. Der Foliensatz besteht aus 6 Folien. Das erforderliche Prozedere ist ausführlich im Handbuch zum Gerät beschrieben. Für diese Prüfung ist eine Unterbrechung des Messbetriebs notwendig.

Mit Hilfe des Foliensatzes können nur Massendichten (Einheit:  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) bestimmt werden.

## **6.4 Auswertung**

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und über eine Reihe von verschiedenen Statusmeldungen (Betriebs-, Warn- und Fehlerstatus) angezeigt.

Eine externe Überprüfung des Gerätenullpunktes (via Null-Filter) und der radiometrischen Massenkali­brierung (via im Gerät implementierten Referenzfolien R1 & R2 oder Foliensatz zur Kalibrierung) ist jederzeit durchführbar. Es ist zu beachten, dass durch Einsatz der Referenzfolien nur Massendichten bestimmt werden können. Ein direkter Vergleich mit den Bezugswerten ist daher nicht möglich. Zu Auswertezwecken wurden die prozentualen Änderungen der bestimmten Massendichten errechnet.

## **6.5 Bewertung**

Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und über eine Reihe von verschiedenen Statusmeldungen (Betriebs-, Warn- und Fehlerstatus) angezeigt. Die Ergebnisse der externen Überprüfungen des Gerätenullpunkts und der radiometrischen Messung über die Dauer der Felduntersuchungen sind im Kapitel 6.1 5.2.9 Nullpunktsdrift sind im Kapitel 6.1 5.2.10 Drift des Messwertes in diesem Bericht dargestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### **Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Siehe unter den Punkten

- 6.1 5.2.9 Nullpunktsdrift und
- 6.1 5.2.10 Drift des Messwertes

#### **6.1 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten**

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

#### **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung dieser Mindestanforderung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

#### **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

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

#### **6.4 Auswertung**

Die Rüstzeit umfasst den Zeitbedarf für den Aufbau der Messeinrichtung bis zur Inbetriebnahme.

Das Messsystem muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem Outdoor-Messschrank des Geräteherstellers oder in einem klimatisierten Messcontainer. Die Durchführung der beiden Ansaugrohre durch ein Messcontainerdach erfordert umfangreichere bauliche Maßnahmen am Messort. Ein ortsveränderlicher Einsatz wird daher nur zusammen mit der zugehörigen Peripherie angenommen.

Folgende Schritte zum Aufbau der Messeinrichtung sind grundsätzlich erforderlich:

- Entpacken und Aufstellung der Messeinrichtung
- Anschluss der beiden Probennahmerohre + Probenahmeköpfe
- Anschluss der Druckluft
- Anschluss der Pumpe
- Umgebungsluftsensor+Strahlungsschutzschild montieren (in die Nähe des Probenahmekopfes)
- Anschluss aller Verbindungs-, Steuerungsleitungen
- Anschluss der Energieversorgung
- Einschalten der Messeinrichtung
- Bestückung des Gerätes mit den Referenzfolien R1 & R2
- Bestückung des Gerätes mit den Spy-Filtern S12, S34 & S56
- Bestückung des Gerätes mit Messfiltern
- optional Anschluss von peripheren Erfassungs- und Steuerungssystemen (Datalogger, PC, GSM-Modem) an die entsprechenden Schnittstellen

Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit beträgt ca. 1-2 Stunden.

Die Einlaufzeit umfasst den Zeitbedarf von der Inbetriebnahme der Messeinrichtung bis zur Messbereitschaft.

Nach dem Einschalten der Messeinrichtung sollten alle Status LEDs an der Frontseite grün leuchten (STATUS – SERVICE – AIR – BATTERY LEVEL) und es erscheint das Hauptmenü. Im Menü „Instrument setting“ können alle erforderlichen Probenahme- und Messparameter (z.B. Durchflussrate, Filterbeaufschlagungsfläche) gesetzt werden. Darüber hinaus müssen bei der Erstinbetriebnahme sowohl die sog. Spy-Filter S als auch die Referenzfolien R1 und R2 auf der Drehplatte manuell eingesetzt werden. Danach kann der nächste Messzyklus über das Menü „Start“ programmiert werden (z.B. Probenahmezeit, Startzeit Zyklus...). Bei der Festlegung der Startzeit des Zyklus ist zu beachten, dass der Zyklusstart erst einige Stunden später als die aktuelle Zeit gesetzt werden kann, da vor Aufnahme der Probenahme verschiedene Messungen vorab (Dark, Blank) im Gerät durchgeführt werden. Diese Wartezeit ist abhängig von der gewählten Probenahmezeit. Bei einer Probenahmezeit von 8 h liegt die nächstmögliche Startzeit auf der jeweils nächsten Viertelstunde nach 6 h und 23 min Wartezeit nach Abschluss der Geräteprogrammierung. Bei einer Probenahmezeit von  $\geq 12$  h liegt die nächstmögliche Startzeit auf der jeweils nächsten Viertelstunde nach 9 h und 10 min Wartezeit nach Abschluss der Geräteprogrammierung.

Beispiel:

Eingestellte Zykluszeit: 24 h (=  $\geq 12$  h)

Geräteprogrammierung abgeschlossen um 13:27

Gerätestart möglich theoretisch um 22:37 (= 13:27 + 9 h 10min)

Der reale Gerätestart ist dann zur nächsten Viertelstunde möglich, d.h. um 22:45

Die nächstmögliche Startzeit wird vom Gerät bei der Parametrierung angezeigt. In der Regel wird die Startzeit so eingestellt, dass das Gerät um 24 Uhr den Messbetrieb aufnimmt.

Falls erforderlich, können etwaige Änderungen der Grundparametrierungen der Messeinrichtungen in wenigen Minuten durch mit den Geräten vertrautes Personal durchgeführt werden.

## **6.5 Bewertung**

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann, bei überschaubarem Aufwand, an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit der Messeinrichtung beträgt ca. 1-2 Stunde und die Einlaufzeit ca. 6,5 h (bei 8 h Probenahmezeit) bzw. ca. 9,5 h (bei  $\geq 12$  h Probenahmezeit) bis zur Aufnahme des Messbetriebs.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 4.1.5 Bauart**

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

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

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

*Sicherheitsanforderungen*

*Abmessungen*

*Gewicht*

*Energiebedarf.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung wird eine Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauchs und eine Waage eingesetzt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung muss in horizontaler Einbaulage witterungsunabhängig installiert werden. Hierbei sollte die Einrichtung auf einer ebenen Fläche (z. B. Tisch) aufgestellt werden. Der Einbau in ein 19" Rack bzw. in einen Outdoor-Messschrank ist ebenfalls gut möglich.

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

Der Energiebedarf der Messeinrichtung wird vom Hersteller mit maximal 1200 W angegeben. In einem 24stündigen Test in der Winterperiode wurde diese Angabe für die Messeinrichtung inkl. Outdoor-Messschrank mit Heizung/Klimatisierung überprüft. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei diesen Untersuchungen der angegebene Wert überschritten. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme während der Untersuchungen lag mit ca. 500 W (Heizung aus) bzw. ca. 1.000 W (Heizung + Lüfter in Vollbetrieb) unter den Angaben des Herstellers.

## **6.5 Bewertung**

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

#### **6.1 4.1.6 Unbefugtes Verstellen**

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

#### **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

#### **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Bedienung des Messgerätes erfolgt über die frontseitige Bedientastatur oder über die RS232-Schnittstellen und Modem von einem externen Rechner aus. Um Probenahmeparameter des Gerätes zu verändern, sind immer mehrere Tastenfolgen notwendig.

Ein weiterer Schutz ist dadurch gegeben, dass bestimmte Parameter nur über externe RS232-Befehle geändert werden können.

Da eine Aufstellung des Messgerätes im Freien nicht möglich ist, erfolgt ein zusätzlicher Schutz durch die Aufstellung an Orten, zu denen Unbefugte keinen Zutritt haben (z. B. verschlossener Messcontainer bzw. Outdoor-Messschrank).

#### **6.4 Auswertung**

Unbefugtes oder unbeabsichtigtes Verstellen von Geräteparametern wird durch eine Bedienung über mehrere Tastenfolgen verhindert. Ein weiterer Schutz ist dadurch gegeben, dass bestimmte Parameter nur über externe RS232-Befehle geändert werden können. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Installation in einem verschlossenen Messcontainer bzw. Outdoor-Messschrank.

#### **6.5 Bewertung**

Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist darüber hinaus in einem Messcontainer bzw. einem Outdoor-Messschrank zu verschließen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

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

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

#### **6.1 4.1.7 Messsignalausgang**

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

#### **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

PC mit Software „DR FAI Manager“, Datenlogger Yokogawa (für Analogsignal)

#### **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung erfolgte unter Verwendung einer elektronischen Datenerfassungsanlage vom Typ Yokogawa (Analogausgang, nur Test im Labor) und einem PC mit der Bedien-Software „DR FAI Manager“ (Digitalausgang, serielle Schnittstelle RS 232).

Die Datenerfassungsanlagen wurden an Analog- sowie Digitalausgang angeschlossen. Die Prüfung erfolgte durch Vergleich der Messwerte aus Geräteanzeige, Analog- und Digitalausgang im Labor.

#### **6.4 Auswertung**

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog:	0-5 V	Konzentrationsbereich wählbar, Default bei 200 µg/m <sup>3</sup>
Digital:	über 2xRS 232-Schnittstelle bzw. 1x Modemschnittstelle - über die direkte oder mit einem Modem hergestellte Verbindung zu einem Rechner, lässt sich das Gerät mittels Bediensoftware „DR FAI Manager“ komplett steuern – so lässt sich z. B. der Speicher mit allen Daten zu vergangenen Messungen auslesen.	

Die ermittelten Messwerte wurden sowohl analog, wie auch digital in Übereinstimmung zum angezeigten Wert im Gerätespeicher ausgegeben.

#### **6.5 Bewertung**

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

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

Mindestanforderung erfüllt? ja



## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 37 zeigt eine Ansicht der Gerätevorder- und -rückseite mit den jeweiligen Messwertausgängen.

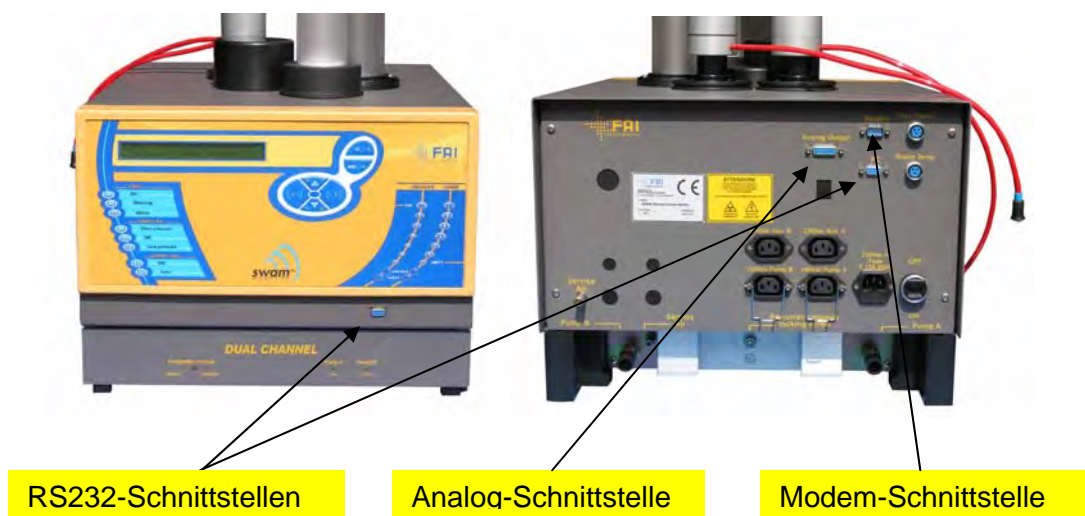


Abbildung 37: Ansicht Gerätevorder- & -rückseite SWAM 5a Dual Channel Monitor

## **6.1 4.2 Anforderungen an Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz**

*Messeinrichtungen für den mobilen Einsatz müssen die Anforderungen an Messeinrichtungen für den stationären Einsatz auch im mobilen Einsatz erfüllen. Beim mobilen Einsatz von Messeinrichtungen, beispielsweise Messungen im fließenden Verkehr, zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten oder Flugzeugmessungen, muss die ständige Betriebsbereitschaft sichergestellt sein.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtung wurde im Rahmen des Feldtestes an mehreren Feldteststandorten getestet.

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtungen wurden für einen festen Einbau in einer Messstation / einem Messcontainer bzw. einem Outdoor-Messschrank konzipiert. Ein ortsveränderlicher Einsatz ist nur in Verbindung mit einer entsprechenden Aufstellmöglichkeit möglich – kann bei Einsatz des Outdoor-Messschrank aber einfach umgesetzt werden.

Die ständige Betriebsbereitschaft für zeitlich begrenzte Messungen an verschiedenen Orten ist bei Beachtung der Aufstellungsbedingungen (Auswahl Messstelle, Infrastruktur) sichergestellt.

Für einen mobilen Einsatz sind neben den Aufstellungsbedingungen auch die Rüst- und Einlaufzeiten zu beachten.

## **6.5 Bewertung**

Die Messeinrichtung wurde im Rahmen des Feldtestes an mehreren verschiedenen Standorten betrieben; kann aber nicht in fahrenden Fahrzeugen eingesetzt werden.

Mindestanforderung erfüllt?  ja  nein

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.1 5.1 Allgemeines**

*Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Ergebnisse der Prüfungen werden mit den Angaben im Handbuch verglichen.

## **6.4 Auswertung**

Die gefundenen Abweichungen zwischen dem ersten Handbuchsentwurf und der tatsächlichen Geräteausführung wurden behoben.

## **6.5 Bewertung**

Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Siehe Punkt 6.4 zu diesem Modul.

## **6.1 5.2.1 Messbereich**

*Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich dem Bezugswert  $B_2$  sein.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung größer oder gleich dem Bezugswert  $B_2$  ist.

## **6.4 Auswertung**

Der Messbereichsendwert der Massenbestimmung durch Betastrahlenabsorption beträgt theoretisch ca. 10 mg/cm<sup>2</sup> (Kalibrierung der Betamessung mit Referenzfolien bis 9,773 mg/cm<sup>2</sup> (Folie F16)). Bei einer Filterbeaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> entspricht dies einem theoretischem Massenwert von ca. 52 mg. Dies würde bei einer 24-stündigen Probenahme einer Staubkonzentration von ca. 950 µg/m<sup>3</sup> entsprechen. Werksseitig wird als Vorgabewert für die Parametrierung des Analogausgangs ein Wert von 200 µg/m<sup>3</sup> eingestellt. Andere Einstellungen sind möglich.

Messbereich: 0 – 200 µg/m<sup>3</sup> (Standard)

Bezugswert:  $B_2 = 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## **6.5 Bewertung**

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 - 200 µg/m<sup>3</sup> eingestellt.

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer bzw. gleich dem Bezugswert  $B_2$   
Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.2 Negative Messsignale**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung kann sowohl über Display wie auch über Analog- und Digitalausgänge negative Werte für die Masse und die Konzentration ausgeben.

## **6.5 Bewertung**

Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.3 Analysenfunktion**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe Modul 5.3.1. (PM10) bzw. Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] (PM2,5)

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Für Staubmesseinrichtungen für PM10 ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

Für Staubmesseinrichtungen für PM2,5 ist diese Prüfung gemäß 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] durchzuführen.

## **6.4 Auswertung**

Für PM10:

Die Vergleichbarkeit der Messeinrichtungen gemäß der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ wurde im Rahmen der Prüfung nachgewiesen (siehe Modul 5.3.1).

Zur Bestimmung der Kalibrier- bzw. Analysenfunktion wird auf den gesamten Datensatz (283 valide Wertepaare) zurückgegriffen.

Die Kennwerte der Kalibrierfunktion

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

wurden durch lineare Regression ermittelt. Die Analysenfunktion ist die Umkehrung der Kalibrierfunktion. Sie lautet:

$$x = 1/m \cdot y - b/m$$

Die Steigung  $m$  der Regressionsgeraden charakterisiert die Empfindlichkeit des Messgerätes, der Ordinatenabschnitt  $b$  den Nullpunkt.

Es ergeben sich die in Tabelle 8 aufgeführten Kennwerte

*Tabelle 8: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente PM10*

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	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>	µg/m <sup>3</sup>
Gerät 1 (SN 127)	1,078	-0,119	0,928	0,110
Gerät 2 (SN 131)	1,053	0,213	0,950	-0,202

Für PM2,5:

Die Vergleichbarkeit der Messeinrichtungen gemäß Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] wurde im Rahmen der Prüfung nachgewiesen.

Zur Bestimmung der Kalibrier- bzw. Analysenfunktion wird auf den gesamten Datensatz (201 valide Wertepaare) zurückgegriffen.

Die Kennwerte der Kalibrierfunktion

$$y = m * x + b$$

wurden durch orthogonale Regression ermittelt. Die Analysenfunktion ist die Umkehrung der Kalibrierfunktion. Sie lautet:

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

Die Steigung m der Regressionsgeraden charakterisiert die Empfindlichkeit des Messgerätes, der Ordinatenabschnitt b den Nullpunkt.

Es ergeben sich die in Tabelle 9 aufgeführten Kennwerte

*Tabelle 9: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente PM2,5*

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	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>	µg/m <sup>3</sup>
Gerät 1 & 2 (SN 127 & SN 131)	0,95	0,45	1,053	-0,477

## **6.5 Bewertung**

Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Siehe Modul 5.3.1. bzw. Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6].



## **6.1 5.2.4 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  $B_1$  nicht mehr als 5 % von  $B_1$  und im Bereich von Null bis  $B_2$  nicht mehr als 1 % von  $B_2$  beträgt.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

siehe Modul 5.3.1. (PM10) bzw. Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] (PM2,5)

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Für Staubmesseinrichtungen für PM10 ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

Für Staubmesseinrichtungen für PM2,5 ist diese Prüfung gemäß 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] durchzuführen.

## **6.4 Auswertung**

siehe Modul 5.3.1. (PM10) bzw. Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] (PM2,5)

## **6.5 Bewertung**

Für Staubmesseinrichtungen für PM10 ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.3.1 „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems“ durchzuführen.

Für Staubmesseinrichtungen für PM2,5 ist diese Prüfung gemäß 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] durchzuführen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

siehe Modul 5.3.1. (PM10) bzw. Punkt 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] (PM2,5)

## 6.1 5.2.5 Nachweisgrenze

*Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert  $B_0$  nicht überschreiten.  
Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null-Filter zur Erzeugung von „schwebstaubfreier Luft“

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bestimmung der Nachweisgrenze erfolgte bei den Testgeräten SN 127 und SN 131 durch den Betrieb der Messeinrichtung mit jeweils an beiden Messgeräteeinlässen installier-tem Null-Filtern. Die Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft erfolgte über 18 Tage für die Dauer von jeweils 24h. Die Ermittlung der Nachweisgrenze erfolgte im Labor, da unter Feldbedingungen eine Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft über den langen Zeitraum nicht möglich war.

## 6.4 Auswertung

Die Nachweisgrenze  $X$  wird aus der Standardabweichung  $s_{x_0}$  der Messwerte bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft durch beide Testgeräte ermittelt. Sie entspricht dem mittleren Wert der Nullmessungen addiert mit der mit Studentfaktor multiplizierten Standardabweichung des Mittelwertes  $\bar{x}_0$  der Messwerte  $x_{0i}$  bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft für das jeweilige Testgerät.

$$X = \bar{x}_0 + t_{n-1;0,95} \cdot s_{x_0} \quad \text{mit} \cdot s_{x_0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

Bezugswert:  $B_0 = 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$

## 6.5 Bewertung

Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu  $0,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Linie A) bzw.  $0,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Linie B) für Gerät 1 (SN 127) und zu  $0,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Linie A) bzw.  $0,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Linie B) für Gerät 2 (SN 131).

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 10: Nachweisgrenze*

		Gerät SN 127		Gerät SN 131	
		Linie A	Linie B	Linie A	Linie B
Anzahl der Werte n		18	18	18	18
Mittelwert der Leerwerte $\bar{x}_0$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,28	0,39	0,22	0,24
Standardabweichung der Werte $s_{x_0}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,20	0,18	0,20	0,21
Student-Faktor $t_{n-1;0,95}$		2,11	2,11	2,11	2,11
Nachweisgrenze X	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,69	0,77	0,64	0,69

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Nachweisgrenze können der Anlage 1 im Anhang entnommen werden.

## **6.1 5.2.6 Einstellzeit**

*Die Einstellzeit (90%-Zeit) der Messeinrichtung darf nicht mehr als 5 % der Mittelungszeit (180 s) betragen.*

Gemäß VDI 4203 Blatt 3 unter Punkt 5.3 ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen mit Vorabscheidung mit physikalischer Messmethode nicht relevant.

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Nicht zutreffend.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Nicht zutreffend.

## **6.4 Auswertung**

Nicht zutreffend.

## **6.5 Bewertung**

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Nicht zutreffend.

## 6.1 5.2.7 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 Bezugswert  $B_0$  nicht überschreiten.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 bis +40 °C, Null-Filter zur Erzeugung von „schwebstaubfreier Luft“.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben. Den beiden Testgeräten SN 127 und SN 131 wurde durch Montage von Null-Filtern an jeweils beiden Geräteeinlässen schwebstaubfreie Probenluft zugeführt. Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge 20 °C – 5 °C – 20 °C – 40 °C – 20 °C variiert. Nach einer Äquilibrierzeit von ca. 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (pro Temperaturstufe 3 x). Die relative Feuchte wurde konstant gehalten.

## 6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Massenwerte der jeweils 8-stündigen Einzelmessungen ausgelesen und zur Konvertierung in Konzentrationswerte auf den Sollvolumenstrom für eine 24-stündige Probenahme bezogen. Betrachtet wird die absolute Abweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pro Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt von 20 °C.

Bezugswert:  $B_0 = 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 6.5 Bewertung

Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt von  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt werden.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $0,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 und  $0,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2.5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 und  $0,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 eingesetzt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 11: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mittelwert aus drei Messungen*

Temperatur		Abweichung			
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 127, Linie A	SN 127, Linie B	SN 131, Linie A	SN 131, Linie B
°C	°C	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20	5	0,4	0,0	0,1	-0,1
5	20	0,1	0,0	-0,1	-0,1
20	40	0,6	0,4	0,5	0,6
40	20	0,3	0,0	0,2	0,0

Die Ergebnisse der 3 Einzelmessungen können der Anlage 2 im Anhang entnommen werden.

## 6.1 5.2.8 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  $+5\text{ °C}$  und  $+20\text{ °C}$  bzw. 20 K im Bereich zwischen  $+20\text{ °C}$  und  $+40\text{ °C}$  betragen.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich  $+5 - +40\text{ °C}$ , Referenzfolien R1 & R2.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Messwerte von der Umgebungstemperatur wurden die Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben. Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurde die interne Prozedur zur Stabilitätsüberprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte herangezogen (BETA SPAN TEST).

Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge  $20\text{ °C} - 5\text{ °C} - 20\text{ °C} - 40\text{ °C} - 20\text{ °C}$  variiert. Nach einer Äquilibrierzeit von ca. 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte aus dem BETA SPAN TEST (pro Temperaturstufe 3 x). Die relative Feuchte wurde konstant gehalten.

## 6.4 Auswertung

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massendichtewertes für jeden Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei  $20\text{ °C}$ .

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe des Foliensatzes nur Massendichtewerte, und keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des  $B_1$  (=  $40\text{ µg/m}^3$  (PM10) bzw.  $25\text{ µg/m}^3$  (PM2,5)) war aus diesem Grunde nicht möglich.

## 6.5 Bewertung

Es konnten für Gerät 1 (SN 127) keine Abweichungen  $> -1,3\%$  und für Gerät 2 (SN 131)) keine Abweichungen  $> -2,8\%$  zum Ausgangswert bei  $20\text{ °C}$  ermittelt werden.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $-0,52\text{ µg/m}^3$  für SN 127 ( $=-1,3\%$  von  $40\text{ µg/m}^3$ ) und  $-1,12\text{ µg/m}^3$  für SN 131 ( $=-2,8\%$  von  $40\text{ µg/m}^3$ ) eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2.5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $-0,33\text{ µg/m}^3$  für SN 127 ( $=-1,3\%$  von  $25\text{ µg/m}^3$ ) und  $-0,70\text{ µg/m}^3$  für SN 131 ( $=-2,8\%$  von  $25\text{ µg/m}^3$ ) eingesetzt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 12: Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur SN 127 & SN 131, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen*

Temperatur		Abweichung			
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 127, R1	SN 127, R2	SN 131, R1	SN 131, R2
°C	°C	Soll: 3,405 mg/cm <sup>2</sup>	Soll: 6,810 mg/cm <sup>2</sup>	Soll: 3,405 mg/cm <sup>2</sup>	Soll: 6,810 mg/cm <sup>2</sup>
20	5	0,9	0,8	-1,1	-0,5
5	20	0,0	-0,1	0,0	-0,1
20	40	-1,3	-1,2	-2,8	-1,8
40	20	-0,3	-0,2	0,0	-0,1

Die Einzelergebnisse können der Anlage 3 im Anhang entnommen werden.



## 6.1 5.2.9 Nullpunktsdrift

*Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert  $B_0$  nicht überschreiten.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Null-Filter zur Erzeugung von „schwebstaubfreier Luft“.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes für SN 127 und SN 131 an den deutschen Standorten über einen Zeitraum von insgesamt ca. 1 Jahr. Die im Prüfkatalog geforderte tägliche Nullpunktskontrolle ist bei dieser Staubmesseinrichtung nicht ohne größeren äußeren Aufwand möglich und daher auch nicht sinnvoll. Die Messeinrichtungen wurden deshalb im Rahmen eines regelmäßigen Checks ca. einmal pro Monat (Standort Köln und Bonn) sowie zweimal gegen Ende des Feldtestes (Brühl) mit Null-Filter an den Geräteeinlässen für einen Zeitraum jeweils 24 h betrieben und die gemessenen Nullwerte notiert. Zusätzlich wurde die Prüfung auch am Standort Teddington für Systeme SN 145 und SN 149 durchgeführt.

## 6.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgt auf Basis der Messergebnisse mit Null-Filter durch Vergleich der jeweiligen Werte mit den jeweiligen „Messwerten“ des vorherigen Tests und mit dem „Messwert“ des ersten Tests.

## 6.5 Bewertung

Die gefundenen Messwerte liegen im Wartungsintervall innerhalb der erlaubten Grenzen.

Für SN 131, Linie B lag der Messwert am 11.11.2008 außerhalb des erlaubten Toleranzbereichs. Eine Begründung für diese Abweichung konnte nicht gefunden werden – möglicherweise kam es zu einer Kontamination des Filters beim Wechsel vom Probenahmekopf auf Nullfilter oder umgekehrt. Bei der nachfolgenden Überprüfung im Dezember konnte der Effekt nicht mehr beobachtet werden.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $1,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 und  $0,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2.5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $0,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 und  $1,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 eingesetzt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 13 und Tabelle 14 enthalten für die Standorte Köln, Bonn und Brühl die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt und die errechneten Abweichungen bezogen auf den Vorgängerwert und bezogen auf den Startwert in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Abbildung 38 und Abbildung 39 zeigen eine grafische Darstellung der Nullpunktsdrift über den Untersuchungszeitraum.

Tabelle 15 und Tabelle 16 zeigen darüber hinaus die ermittelten Nullpunktwerte am Standort Teddington.

*Tabelle 13: Nullpunktdrift SN 127, Linie A&B, Standorte Köln, Bonn und Brühl*

Datum	SN 127, Linie A			SN 127, Linie B		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
30.10.2007	0,1	-	-	0,3	-	-
06.12.2007	0,7	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3
08.01.2008	1,1	0,4	1	0	-0,6	-0,3
13.02.2008	0,4	-0,7	0,3	0,6	0,6	0,3
12.03.2008	0,3	-0,1	0,2	0,5	-0,1	0,2
10.04.2008	1,2	0,9	1,1	0,7	0,2	0,4
11.11.2008	1,2	0	1,1	1,2	0,5	0,9
09.12.2008	1,1	-0,1	1	0,8	-0,4	0,5

*Tabelle 14: Nullpunktdrift SN 131, Linie A&B, Standorte Köln, Bonn und Brühl*

Datum	SN 131, Linie A			SN 131, Linie B		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
30.10.2007	0,5	-	-	0,6	-	-
06.12.2007	0,4	-0,1	-0,1	0,7	0,1	0,1
08.01.2008	0	-0,4	-0,5	0,4	-0,3	-0,2
13.02.2008	0	0	-0,5	0,4	0	-0,2
12.03.2008	0	0	-0,5	0	-0,4	-0,6
10.04.2008	0,7	0,7	0,2	0,5	0,5	-0,1
11.11.2008	1,3	0,6	0,8	2,4	1,9	1,8
09.12.2008	0,3	-1	-0,2	0,4	-2	-0,2

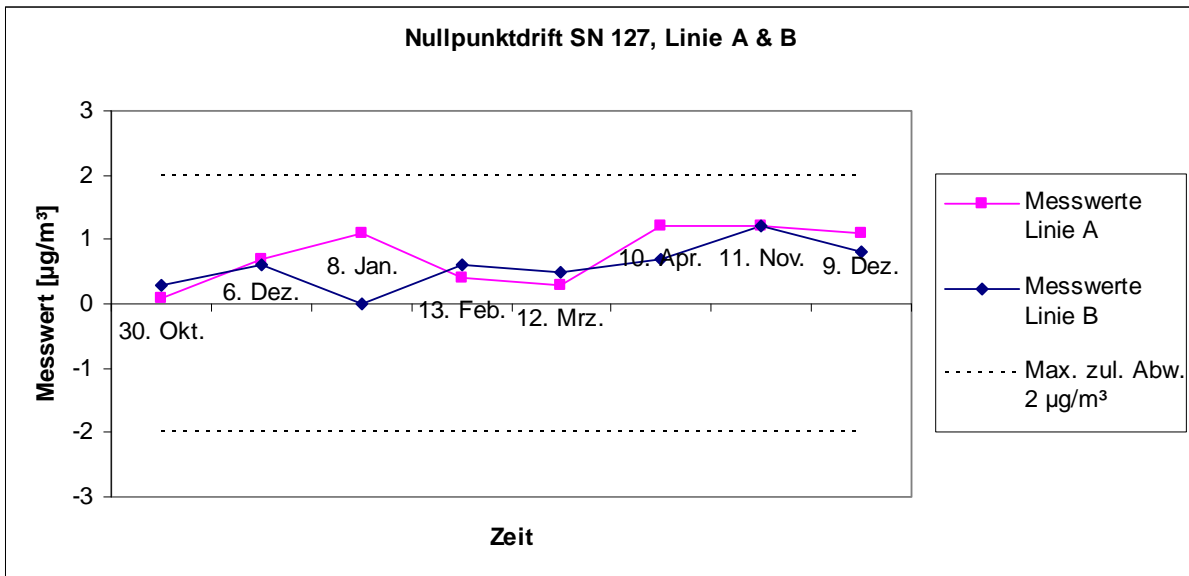


Abbildung 38: Nullpunkt drift SN 127, Linie A & B

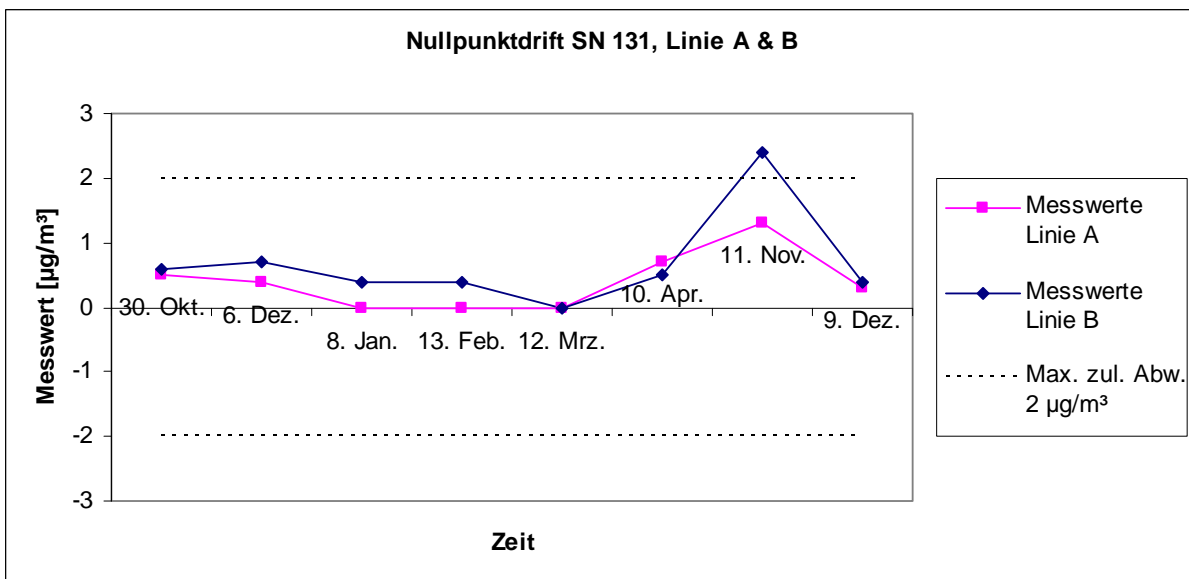


Abbildung 39: Nullpunkt drift SN 131, Linie A & B

*Tabelle 15: Nullpunktdrift SN 145, Linie A&B, Standort Teddington*

Datum	SN 145, Linie A			SN 145, Linie B		
	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert
	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>	µg/m <sup>3</sup>
24.07.2008	0,5	-	-	0,7	-	-
18.08.2008	0,4	-0,1	-0,1	0,3	-0,4	-0,4
23.09.2008	0	-0,4	-0,5	0,1	-0,2	-0,6

*Tabelle 16: Nullpunktdrift SN 149, Linie A&B, Standort Teddington*

Datum	SN 149, Linie A			SN 149, Linie B		
	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert
	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>	µg/m <sup>3</sup>
24.07.2008	0,8	-	-	0,6	-	-
18.08.2008	0,7	-0,1	-0,1	0,5	-0,1	-0,1
23.09.2008	0,5	-0,2	-0,3	0,1	-0,4	-0,5

## 6.1 5.2.10 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.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Referenzfolien R1 & R2.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes für SN 127 und SN 131 an den deutschen Standorten über einen Zeitraum von insgesamt ca. 1 Jahr. Die Empfindlichkeit der radiometrischen Messung wurde im Rahmen eines regelmäßigen Checks ca. einmal pro Monat (Standort Köln und Bonn) sowie zweimal gegen Ende des Feldtestes (Brühl) überprüft. Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurde die interne Prozedur zur Stabilitätsüberprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte herangezogen (BETA SPAN TEST).

Zusätzlich wurde die Prüfung auch am Standort Teddington für Systeme SN 145 und SN 149 durchgeführt.

## 6.4 Auswertung

Eine Beurteilung der Drift des Messwertes in 24 h ist gerätebedingt nicht möglich.

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massendichtewertes im Wartungsintervall von 1 Monat sowie bezogen auf den Startwert.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Referenzfolien nur Massendichtewerte, und keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des  $B_1$  (=  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) war aus diesem Grunde nicht möglich.

## 6.5 Bewertung

Die Drift des Messwertes betrug im Wartungsintervall maximal  $-1,1\%$  (SN 127) bzw.  $-1,3\%$  (SN 131).

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $-0,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 ( $=-1,2\%$  von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und  $-0,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 ( $=-1,1\%$  von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2.5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden  $-0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 127 ( $=-1,2\%$  von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und  $-0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für SN 131 ( $=-1,1\%$  von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) eingesetzt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In der Tabelle 17 und Tabelle 18 sind für die Standorte Köln, Bonn und Brühl die Abweichungen der Messwerte in % vom jeweiligen Vorgängerwert bzw. zum Startwert aufgeführt. Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen eine grafische Darstellung der Drift der Messwerte (bezogen auf den Startwert) für die 2 Referenzfolien.

Tabelle 19 und Tabelle 20 zeigen darüber hinaus die ermittelten Messwerte für die Referenzfolien am Standort Teddington.

*Tabelle 17: Drift des Messwertes SN 127, Standorte Köln, Bonn und Brühl*

Datum	Abweichung SN 127					
	R1			R2		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	mg/cm <sup>2</sup>	%	%	mg/cm <sup>2</sup>	%	%
29.10.2007	3,477	-	-	6,864	-	-
06.12.2007	3,473	-0,1	-0,1	6,862	0,0	0,0
08.01.2008	3,474	0,0	-0,1	6,865	0,0	0,0
12.02.2008	3,487	0,4	0,3	6,890	0,4	0,4
10.04.2008	3,471	-0,5	-0,2	6,857	-0,5	-0,1
10.11.2008	3,451	-0,6	-0,7	6,784	-1,1	-1,2
08.12.2008	3,479	0,8	0,1	6,819	0,5	-0,7

*Tabelle 18: Drift des Messwertes SN 131, Standorte Köln, Bonn und Brühl*

Datum	Abweichung SN 131					
	R1			R2		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	mg/cm <sup>2</sup>	%	%	mg/cm <sup>2</sup>	%	%
29.10.2007	3,410	-	-	6,883	-	-
06.12.2007	3,400	-0,3	-0,3	6,875	-0,1	-0,1
08.01.2008	3,398	-0,1	-0,4	6,874	0,0	-0,1
12.02.2008	3,415	0,5	0,1	6,902	0,4	0,3
10.04.2008	3,372	-1,3	-1,1	6,840	-0,9	-0,6
10.11.2008	3,388	0,5	-0,6	6,863	0,3	-0,3
08.12.2008	3,383	-0,1	-0,8	6,853	-0,1	-0,4

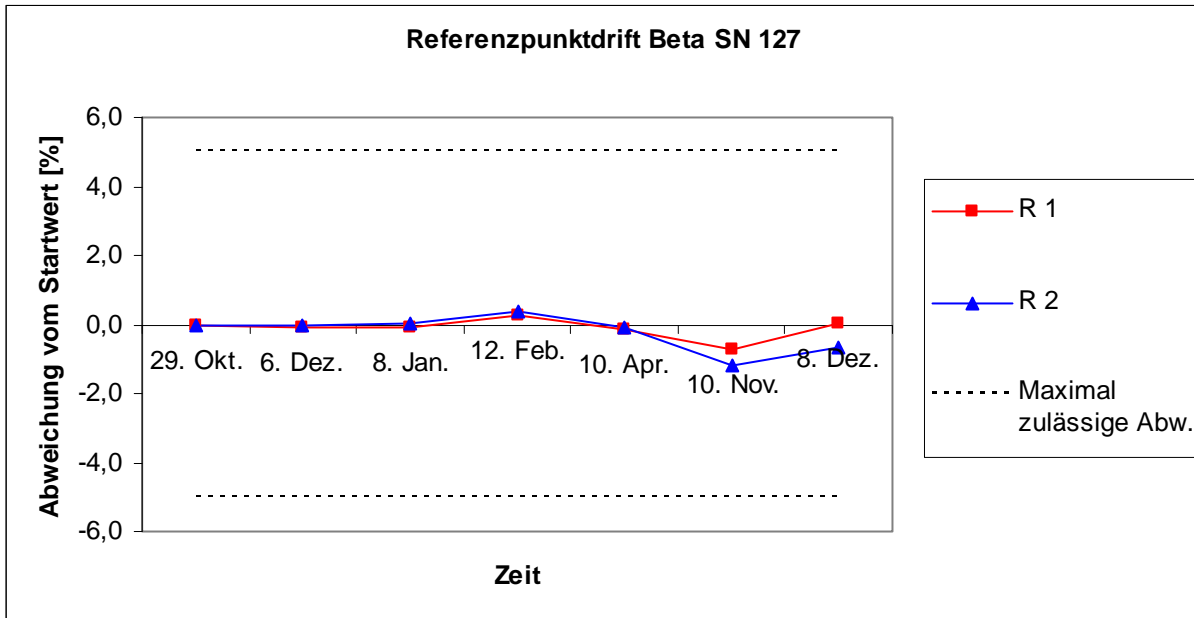


Abbildung 40: Drift des Messwertes SN 127

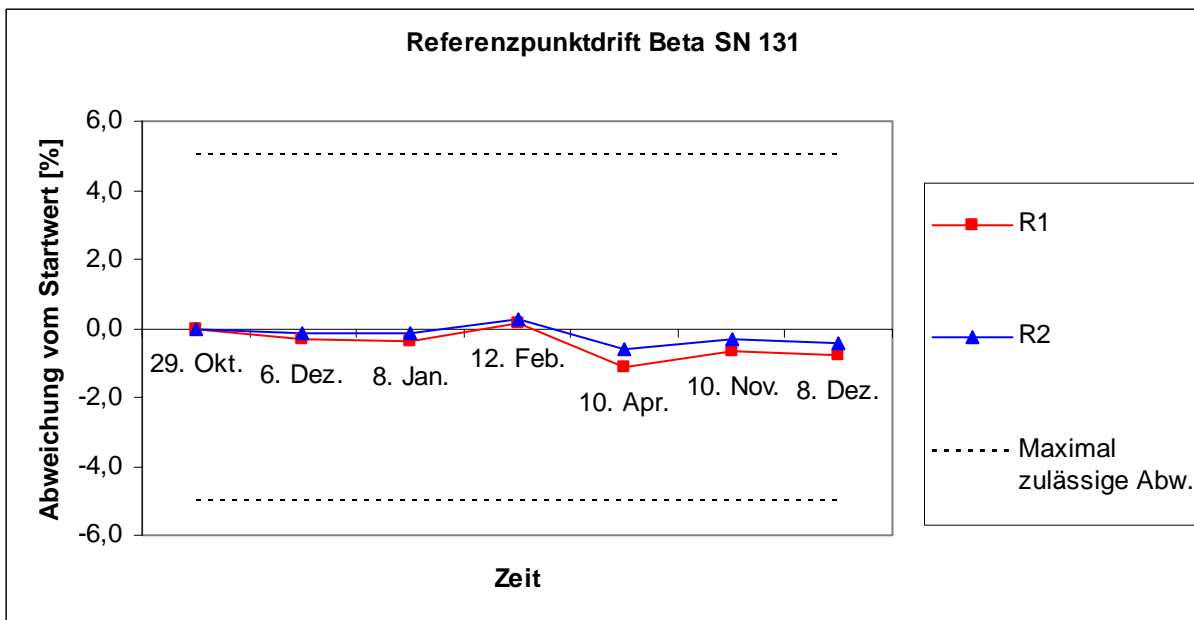


Abbildung 41: Drift des Messwertes SN 131

*Tabelle 19: Drift des Messwertes SN 145, Standort Teddington*

Datum	Abweichung SN 145					
	R1			R2		
	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert
	mg/cm <sup>2</sup>	%	%	mg/cm <sup>2</sup>	%	%
23.07.2008	3,472	-	-	6,896	-	-
16.08.2008	3,477	0,1	0,1	6,892	-0,1	-0,1
17.09.2008	3,478	0,0	0,2	6,902	0,1	0,1

*Tabelle 20: Drift des Messwertes SN 149, Standort Teddington*

Datum	Abweichung SN 149					
	R1			R2		
	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert	Messwert	Abweichung zum Vorgänger- wert	Abweichung zum Startwert
	mg/cm <sup>2</sup>	%	%	mg/cm <sup>2</sup>	%	%
23.07.2008	3,415	-	-	6,822	-	-
16.08.2008	3,416	0,0	0,0	6,817	-0,1	-0,1
17.09.2008	3,431	0,4	0,5	6,838	0,3	0,2



## **6.1 5.2.11 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  $B_0$  und im Bereich von  $B_2$  nicht mehr als 3 % von  $B_2$  betragen. Die Konzentration des Begleitstoffes wird im Bereich des jeweiligen  $B_2$ -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.*

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant. Es gilt die Mindestanforderung 5.3.4. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich deshalb im Modul 5.3.4.

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Nicht zutreffend.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Nicht zutreffend.

## **6.4 Auswertung**

Nicht zutreffend.

## **6.5 Bewertung**

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Nicht zutreffend.

## 6.1 5.2.12 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.

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei der Ermittlung der Reproduzierbarkeit kamen zusätzlich die in Kapitel 5 genannten Messeinrichtungen zum Einsatz.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Reproduzierbarkeit ist definiert als der Betrag, um den sich zwei zufällig ausgewählte Einzelwerte, die unter Vergleichsbedingungen gewonnen wurden, höchstens unterscheiden. Die Reproduzierbarkeit wurde mit zwei baugleichen und parallel betriebenen Geräten im Feldtest bestimmt. Dazu wurden Messdaten aus der gesamten Felduntersuchung herangezogen.

## 6.4 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  $B_1$
- $U$  = Unsicherheit
- $B_1$  = 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 und 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5
- $s_D$  = Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
- $n$  = Anzahl der Doppelbestimmungen
- $t_{(n,0,95)}$  = Studentfaktor für 95%ige Sicherheit
- $x_{1i}$  = Messsignal des Gerätes 1 (z.B. SN 127) bei der  $i$ -ten Konzentration
- $x_{2i}$  = Messsignal des Gerätes 2 (z.B. SN 131) bei der  $i$ -ten Konzentration

## 6.5 Bewertung

Die Reproduzierbarkeit betrug im Feldtest für PM10 minimal 23 und für PM2.5 minimal 19.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden für die Reproduzierbarkeit ein Wert von 32 (alle Standorte) eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2,5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden für die Reproduzierbarkeit ein Wert von 23 (alle Standorte) eingesetzt.

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Tabelle 21 und Tabelle 22 zusammenfassend dargestellt. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 52 bis Abbildung 56.

Anmerkung: Die ermittelten Unsicherheiten werden auf den Bezugswert  $B_1$  für jeden Standort bezogen:

*Tabelle 21: Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente PM10*

Standort	Anzahl	$\bar{c}$ (SN 127)	$\bar{c}$ (SN 131)	$\bar{c}_{ges}$	$s_D$	t	U	R
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Köln, Parkplatzgelände	100	24,8	24,4	24,6	0,87	1,984	1,72	23
Bonn, Belder- berg	64	26,1	25,8	26,0	0,43	1,998	0,87	46
Teddington*	83	18,0	17,8	17,9	0,50	1,989	0,99	41
Brühl	55	20,3	20,3	20,3	0,50	2,004	1,01	40
Alle Standorte	302	22,4	22,2	22,3	0,64	1,968	1,25	<b>32</b>

\* Standort Teddington mit SN 145 vs. SN 149

*Tabelle 22: Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente PM2,5*

Standort	Anzahl	$\bar{c}$ (SN 127)	$\bar{c}$ (SN 131)	$\bar{c}_{\text{ges}}$	$s_D$	t	U	R
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Köln, Parkplatzgelände	100	17,3	16,9	17,1	0,64	1,984	1,35	19
Bonn, Belder- berg	64	17,1	16,8	17,0	0,40	1,998	0,79	32
Teddington*	83	10,8	11,0	10,9	0,42	1,989	0,83	30
Brühl	55	12,8	12,7	12,8	0,60	2,004	1,21	21
Alle Standorte	302	14,6	14,5	14,6	0,55	1,968	1,07	<b>23</b>

\* Standort Teddington mit SN 145 vs. SN 149

- $\bar{c}$  (SN 127): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 127
- $\bar{c}$  (SN 131): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 131
- $\bar{c}_{\text{ges}}$ : Mittelwert der Konzentrationen der Geräte SN 127 & SN 131

Einzelwerte können der Anlage 5 des Anhangs entnommen werden.

## **6.1 5.2.13 Stundenwerte**

*Das Messverfahren muss die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglicht.

## **6.4 Auswertung**

Gemäß der gültigen Richtlinie [1] sind die Grenzwerte für Feinstaub PM<sub>x</sub> auf einen minimalen Mittelungszeitraum von 24 Stunden bezogen. Eine Bildung von Stundenmittelwerten ist deshalb für Messeinrichtungen zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich. Im üblichen Betrieb liefern die Messeinrichtungen deshalb einen Messwert pro 24 h. Die minimal mögliche Mittelungszeit beträgt 8 h.

## **6.5 Bewertung**

Die Bildung von Stundenwerten für die Komponenten Feinstaub PM10 und PM2,5 ist zur Überwachung der einschlägigen Grenzwerte nicht erforderlich.

Mindestanforderung erfüllt? nicht zutreffend

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.14 Netzspannung und Netzfrequenz**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Trennstelltrafo, Referenzfolien R1 & R2.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzspannung, wurde die Netzspannung ausgehend von 230 V auf 210 V reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 230 V auf 245 V erhöht.

Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurde die interne Prozedur zur Stabilitätsüberprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte herangezogen (BETA SPAN TEST).

Da der mobile Einsatz der Messeinrichtung nicht vorgesehen ist, wurde auf die gesonderte Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzfrequenz verzichtet.

## **6.4 Auswertung**

Am Referenzpunkt wird die prozentuale Änderung des ermittelten Massendichtewertes (für jeden Prüfschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 230 V betrachtet).

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Referenzfolien nur Massendichtewerte, und keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des  $B_1$  (= 40 µg/m<sup>3</sup>) war aus diesem Grunde nicht möglich.

## **6.5 Bewertung**

Die Bewertung der Mindestanforderungen erfolgten auf Basis der oben genannten Angaben.

Durch Netzspannungsänderungen konnten an den geprüften Referenzpunkten keine signifikante Abweichungen festgestellt werden.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM10 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden -0,08 µg/m<sup>3</sup> für SN 127 (= -0,2 % von 40 µg/m<sup>3</sup>) und 0,04 µg/m<sup>3</sup> für SN 131 (= 0,1 % von 40 µg/m<sup>3</sup>) eingesetzt.

Für die Unsicherheitsberechnung für PM2.5 gemäß Punkt 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit wurden -0,05 µg/m<sup>3</sup> für SN 127 (= -0,2 % von 25 µg/m<sup>3</sup>) und 0,03 µg/m<sup>3</sup> für SN 131 (= 0,1 % von 25 µg/m<sup>3</sup>) eingesetzt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 23 bis Tabelle 24 zeigen eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

*Tabelle 23: Abhängigkeit des Messwertes (Radiometrie) von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 127*

Netzspannung		Abweichungen Radiometrie	
		Gerät 1 (SN 127)	
Anfangsspannung	Endspannung	R1	R2
V	V	%	%
230	210	-0,1	0,0
210	230	-0,1	0,0
230	245	-0,2	-0,1
245	230	-0,2	-0,1

*Tabelle 24: Abhängigkeit des Messwertes (Radiometrie) von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 131*

Netzspannung		Abweichungen Radiometrie	
		Gerät 2 (SN 131)	
Anfangsspannung	Endspannung	R1	R2
V	V	%	%
230	210	0,1	0,1
210	230	0,1	0,1
230	245	0,1	0,1
245	230	0,1	0,0

Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

## **6.1 5.2.15 Stromausfall**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

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

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt.

Für den Fall eines Netzausfalls ist die Messeinrichtung mit zwei wieder aufladbaren Notstrombatterien ausgerüstet. Dies ermöglicht der Messeinrichtung auch im Falle eines Netzausfalls etwaige laufende Beta-Messungen fortzusetzen und ermöglicht somit bei Spannungswiederkehr eine problemlose Wiederaufnahme des Messbetriebs zu den programmierten Zyklusbedingungen.

Im Falle eines Netzausfalls:

- Stoppt die aktuelle Probenahme (Pumpe aus),
- Wird der Status der Batterien überprüft (Ladezustand, Restzeit),
- Beendet das Gerät noch laufende Beta-Messungen (falls Kapazität der Batterien ausreichend)
- Wird die ideale mechanische Konfiguration im Gerät eingestellt, um nach Spannungswiederkehr wieder korrekt in den nächsten Probenahmezyklus einzusteigen,
- Führt die Messeinrichtung nach Erreichen der idealen mechanischen Konfiguration bis zur Wiederkehr der Spannung eine Auto-Switch-Off-Prozedur aus.

Ausfallzeiten durch Netzausfall werden im Speicher für die jeweils betroffenen Messungen dokumentiert.



## **6.5 Bewertung**

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt.  
Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.16 Gerätefunktionen**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Modem, PC mit Software „DR FAI Manager“ bzw. Hyperterminal.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

An die Messeinrichtung wurde ein Modem angeschlossen. Mittels Datenfernübertragung wurden u. a. die Statussignale des Gerätes erfasst.

Die Zugriffsmöglichkeiten auf die Messeinrichtung via Bediensoftware DR FAI Manager sowie via Hyperterminal wurden überprüft.

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung. Es stehen zum Einen eine Reihe von Lese-, Schreib- und Steuerbefehlen zur Verfügung - eine vollständige Übersicht enthält die die Bedienungsanleitung zur Messeinrichtung. Zum Anderen können mittels der Bediensoftware DR FAI Manager bequem der aktuelle Gerätestatus überwacht sowie die gespeicherten Daten als Text-File ausgelesen werden (siehe hierzu Abbildung 10 bis Abbildung 16 unter Punkt 3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung).

## **6.5 Bewertung**

Die Messeinrichtungen können über ein Modem von einem externen Rechner so gesteuert und überwacht werden, als wenn der Nutzer direkt am Gerät steht.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.17 Umschaltung**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung in gleicher Art gesteuert werden.

## **6.4 Auswertung**

Alle Bedienprozeduren können sowohl vom Bedienpersonal am Gerät, als auch durch telemetrische Fernbedienung ausgelöst werden.

Soweit allerdings bei den Prüfungen dem Gerät externe Referenzfolien (z.B. zur Kalibrierung der Massenmessung) angeboten werden müssen, setzt dieses die Anwesenheit des Bedienpersonals vor Ort voraus.

## **6.5 Bewertung**

Grundsätzlich können alle Arbeiten zur Funktionskontrolle und Kalibrierung direkt am Gerät oder aber per telemetrischer Fernbedienung durchgeführt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 5.2.18 Verfügbarkeit**

*Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung muss mindestens 90 % betragen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der vier Feldteststandorte bestimmt. Dazu werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten erfasst.

Im Rahmen der Prüfung wurden insgesamt 2 baugleiche Gerätesätze folgendermaßen eingesetzt:

- SN 127 & SN 131 an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Brühl
- SN 145 & SN 145 am Feldteststandort Teddington

Die Ermittlung der Gesamtverfügbarkeit erfolgte entsprechend getrennt für die verschiedenen Gerätesätze.

## **6.4 Auswertung**

a) SN 127 & SN 131 an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Brühl

Tabelle 25 und Tabelle 26 zeigen eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Brühl. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von 245 Messtagen betrieben. Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 28.10.2007 und 29.10.2007 (Umstellung von Sommerzeit auf Winterzeit), am 06.01.2008 und 07.01.2008 (Filtervorrat erschöpft), am 26.03.2008 und 27.03.2008 (Umstellung von Winterzeit auf Sommerzeit), am 03.11.2008 und 04.11.2008 (Filtervorrat erschöpft) sowie vom 06.11.2008 bis zum 10.11.2008 (5 d wegen Austausch der TÜV-Messstation) verzeichnet. Dadurch reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 232 Messtage.

Die regelmäßige Überprüfung der Nullpunkte im Rahmen der Driftuntersuchungen führen zu insgesamt 7 Tagen Ausfallzeit.

Wartungszeiten beschränkten sich im Rahmen der Prüfung im Wesentlichen auf die Reinigung der Probenahmeköpfe (13 mal), sowie zusätzlich die Kontrolle der Durchflussraten und der Dichtigkeit zu eines Feldteststandortes (insgesamt 3 mal). Die Durchführung dieser Tätigkeiten führte pro Gerät zu Ausfällen von weniger als 1 h pro Check (insgesamt 16 x im Test) und führen nicht zum Verwerfen des betroffenen Tagesmittelwertes.

Am 22.10.2007 und am 23.10.2007 musste die Messwerte des Gerätes SN 127 wegen eines Wassereintruchs verworfen werden.

Durch einen Kabelbruch am Schwenkarm der Betamessung kam es vom 19.10.2008 bis zum 23.10.2008 zum Ausfall der Messeinrichtung SN 131. Um derartige Ausfälle in Zukunft zu vermeiden, wurde das betroffene Kabel durch ein stabileres Kabel ersetzt und günstiger im Gerät platziert und fixiert.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

b) SN 145 & SN 149 am Feldteststandort Teddington

Tabelle 27 und Tabelle 28 zeigen eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten am Feldteststandort Teddington. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von 91 Messtagen betrieben. Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 06.08.2008 (Stromausfall) verzeichnet. Dadurch reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 90 Messtage.

Die regelmäßige Überprüfung der Nullpunkte im Rahmen der Driftuntersuchungen führen zu insgesamt 3 Tagen Ausfallzeit.

Wartungszeiten beschränkten sich im Rahmen der Prüfung im Wesentlichen auf die Reinigung der Probenahmeköpfe (7 mal), sowie zusätzlich die Kontrolle der Durchflussraten und der Dichtigkeit zu eines Feldteststandortes (insgesamt 1 mal). Die Durchführung dieser Tätigkeiten führte pro Gerät zu Ausfällen von weniger als 1 h pro Check (insgesamt 8 x im Test) und führen nicht zum Verwerfen des betroffenen Tagesmittelwertes.

Durch einen defekten Sensor zur Positionsbestimmung der Abdeckung der Betaquelle kam es vom 27.08.2008 bis zum 29.08.2008 zum Ausfall der Messeinrichtung SN 145. Der defekte Sensor wurde vom Service der Firma FAI Instruments s.r.l. ausgetauscht.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

## 6.5 Bewertung

An den Standorten Köln, Bonn und Brühl betrug die Verfügbarkeit für SN 127 98,9 % und für SN 131 97,6 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 95,8 % für SN 127 sowie 94,5 % für SN 131 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle

Am Standort Teddington betrug die Verfügbarkeit für SN 145 96,3 % und für SN 149 99,6 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle, bzw. 93,0 % für SN 145 sowie 96,3 % für SN 149 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 25: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle), Standorte Köln, Bonn und Brühl*

		Gerät 1 (SN 127)	Gerät 2 (SN 131)
Einsatzzeit	h	5568	5568
Ausfallzeit	h	48	120
Wartungszeit	h	16	16
Tatsächliche Betriebszeit	h	5504	5432
Verfügbarkeit	%	98,9	97,6

*Tabelle 26: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle), Standorte Köln, Bonn und Brühl*

		Gerät 1 (SN 127)	Gerät 2 (SN 131)
Einsatzzeit	h	5568	5568
Ausfallzeit	h	48	120
Regelmäßiger NP-Check	h	168	168
Wartungszeit	h	16	16
Tatsächliche Betriebszeit	h	5336	5264
Verfügbarkeit	%	95,8	94,5

*Tabelle 27: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle), Standort Teddington*

		Gerät 1 (SN 145)	Gerät 2 (SN 149)
Einsatzzeit	h	2160	2160
Ausfallzeit	h	72	-
Wartungszeit	h	8	8
Tatsächliche Betriebszeit	h	2080	2152
Verfügbarkeit	%	96,3	99,6

*Tabelle 28: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle), Standort Teddington*

		Gerät 1 (SN 145)	Gerät 2 (SN 149)
Einsatzzeit	h	2160	2160
Ausfallzeit	h	72	-
Regelmäßiger NP-Check	h	72	72
Wartungszeit	h	8	8
Tatsächliche Betriebszeit	h	2008	2080
Verfügbarkeit	%	93,0	96,3

## **6.1 5.2.19 Konverterwirkungsgrad**

*Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 95 % betragen.*

Gemäß der Richtlinie VDI 4203 Blatt 3 Punkt 5.3 ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen mit Vorabscheidung mit physikalischer Messmethode zur Massenbestimmung nicht relevant.

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Nicht zutreffend.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Nicht zutreffend.

## **6.4 Auswertung**

Nicht zutreffend.

## **6.5 Bewertung**

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? entfällt

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Nicht zutreffend.

## **6.1 5.2.20 Wartungsintervall**

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

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß Module 5.2.9 bzw. Modul 5.2.10 zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

## **6.4 Auswertung**

Es konnten für die Messeinrichtungen im gesamten Feldtestzeitraum keine unzulässigen Driften festgestellt werden.

Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt (siehe hierzu auch Modul 4.1.2).

Die Messeinrichtung besitzt einen Filtervorrat von 36 Filtern. Bei einer 24-h-stündigen Probenahme ist somit eine maximale Laufzeit von 18 Tagen realisierbar. Es empfiehlt sich die Aufstockung des Filtervorrats zusammen mit einer Reinigung der Probenahmeköpfe alle 14 Tage vorzunehmen.

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden.

## **6.5 Bewertung**

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten (Wechsel Filter / eventuell Reinigung Probenahmekopf) bestimmt und beträgt 2 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Modul 4.1.2 dieses Berichtes und dem Kapitel 8 des Bedienhandbuchs entnommen werden.



## 6.1 5.2.21 Gesamtunsicherheit

*Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die Vorgaben der EU-Tochtrichtlinien zur Luftqualität [G11 bis G13] nicht überschreiten.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die erweiterte Gesamtunsicherheit der Messeinrichtung wurde für Einzelwerte im Bereich der Konzentration des Kurzzeitimmissionsgrenzwertes und für Mittelwerte im Bereich der Konzentrationen des Langzeitimmissionsgrenzwertes ermittelt. Die in der Eignungsprüfung ermittelten Verfahrensgrößen der Messeinrichtungen wurde zusammengestellt.

Es werden die folgenden Bezugswerte angesetzt:

Kurzzeitimmissionsgrenzwert:

PM10 50 µg/m<sup>3</sup>

PM2,5 35 µg/m<sup>3</sup> (Quelle: EN 14907, Punkt 9.4 in Verbindung mit Tabelle 2)

Langzeitimmissionsgrenzwert:

PM10 40 µg/m<sup>3</sup>

PM2,5 25 µg/m<sup>3</sup>

## 6.4 Auswertung

Die erweiterte Gesamtunsicherheit der Messeinrichtung wurde gemäß VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, Anhang C [2] ermittelt.

### Bewertung

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 für PM10 ergaben sich zu 6,83 % bzw. 6,57 % für  $U(c)$  und 7,22 % bzw. 7,16 % für  $U(\bar{c})$ . Die Gesamtunsicherheiten für PM2,5 ergaben sich zu 7,44 % bzw. 9,40 % für  $U(c)$  und 6,77 % bzw. 7,75 % für  $U(\bar{c})$ .

Einzelwerte können Tabelle 29 bis Tabelle 36 entnommen werden. Die erreichten Werte liegen alle unterhalb der in der geforderten Gesamtunsicherheiten von 25 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

*Tabelle 29: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 127  
 PM10, Bezugswert: 50 µg/m<sup>3</sup>*

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 127	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit	Quadrat der
				u	Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	≥ 10	32		0,63	0,39
Vertrauensbereich Cl <sub>95</sub> nach EN 12341	≤ 5 µg/m <sup>3</sup>	1,27	µg/m <sup>3</sup>	0,73	0,54
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,60	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	≤ 5 % von B1	-0,52	µg/m <sup>3</sup>	-0,30	0,09
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	1,10	µg/m <sup>3</sup>	0,64	0,40
Drift des Messwertes	≤ 5 % von B1	-0,48	µg/m <sup>3</sup>	-0,28	0,08
Netzspannung (Messwert Beta)	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	-0,08	µg/m <sup>3</sup>	-0,05	0,00
Querempfindlichkeiten	≤ 4 µg/m <sup>3</sup>	1,70	µg/m <sup>3</sup>	0,98	0,96
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	1,00	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
				Σu <sup>2</sup>	2,92
				U(c) = 2u(c)	3,42
				U(c) / Bezug	6,83

*Tabelle 30: Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 131  
 PM10, Bezugswert: 50 µg/m<sup>3</sup>*

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 131	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit	Quadrat der
				u	Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	≥ 10	32		0,63	0,39
Vertrauensbereich Cl <sub>95</sub> nach EN 12341	≤ 5 µg/m <sup>3</sup>	1,27	µg/m <sup>3</sup>	0,73	0,54
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,50	µg/m <sup>3</sup>	0,29	0,08
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	≤ 5 % von B1	-1,12	µg/m <sup>3</sup>	-0,65	0,42
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,80	µg/m <sup>3</sup>	0,46	0,21
Drift des Messwertes	≤ 5 % von B1	-0,44	µg/m <sup>3</sup>	-0,25	0,06
Netzspannung (Messwert Beta)	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,04	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,00
Querempfindlichkeiten	≤ 4 µg/m <sup>3</sup>	1,40	µg/m <sup>3</sup>	0,81	0,65
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	1,00	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
				Σu <sup>2</sup>	2,69
				U(c) = 2u(c)	3,28
				U(c) / Bezug	6,57

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmessenrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 123 von 531

**Tabelle 31:** Erweiterte Messunsicherheit  $U(\bar{c})$  für die Messeinrichtung SN 127  
PM10, Bezugswert:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 127	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>2</sup>	
Reproduzierbarkeit	0,63	24 Stunden	365	0,001	
Vertrauensbereich $Cl_{95}$ nach EN 12341	0,73	1 Jahr	1	0,538	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,35	1 Jahr	1	0,120	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	-0,30	1 Jahr	1	0,090	
Drift am Nullpunkt	0,64	1 Monat	12	0,034	
Drift des Messwertes	-0,28	1 Monat	12	0,006	
Netzspannung (Messwert Beta)	-0,05	1 Jahr	1	0,002	
Querempfindlichkeiten	0,98	1 Jahr	1	0,963	
Unsicherheit des Prüfstandards	0,58	1 Jahr	1	0,333	
				$\Sigma u_m^2(c_k)$	2,088
				$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	2,89
				$\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}$	7,22

**Tabelle 32:** Erweiterte Messunsicherheit  $U(\bar{c})$  für die Messeinrichtung SN 131  
PM10, Bezugswert:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 131	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>2</sup>	
Reproduzierbarkeit	0,63	24 Stunden	365	0,001	
Vertrauensbereich $Cl_{95}$ nach EN 12341	0,73	1 Jahr	1	0,538	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,29	1 Jahr	1	0,083	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	-0,65	1 Jahr	1	0,418	
Drift am Nullpunkt	0,46	1 Monat	12	0,018	
Drift des Messwertes	-0,25	1 Monat	12	0,005	
Netzspannung (Messwert Beta)	0,02	1 Jahr	1	0,001	
Querempfindlichkeiten	0,81	1 Jahr	1	0,653	
Unsicherheit des Prüfstandards	0,58	1 Jahr	1	0,333	
				$\Sigma u_m^2(c_k)$	2,051
				$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	2,86
				$\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}$	7,16

**Tabelle 33:** *Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 127  
PM2,5, Bezugswert: 35 µg/m<sup>3</sup>*

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 127	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit	Quadrat der
				u	Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	≥ 10	23		0,87	0,76
Unsicherheit zw. Prüflingen u <sub>Bs</sub> nach Leitfaden	≤ 3 µg/m <sup>3</sup>	0,57	µg/m <sup>3</sup>	0,33	0,11
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,40	µg/m <sup>3</sup>	0,23	0,05
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	≤ 5 % von B1	-0,33	µg/m <sup>3</sup>	-0,19	0,04
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,90	µg/m <sup>3</sup>	0,52	0,27
Drift des Messwertes	≤ 5 % von B1	-0,30	µg/m <sup>3</sup>	-0,17	0,03
Netzspannung (Messwert Beta)	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	-0,05	µg/m <sup>3</sup>	-0,03	0,00
Querempfindlichkeiten	≤ 2,5 µg/m <sup>3</sup>	-0,70	µg/m <sup>3</sup>	-0,40	0,16
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	1,0	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
				Σu <sup>2</sup>	1,75
				U(c) = 2u(c)	2,65
				U(c) / Bezug	7,56

**Tabelle 34:** *Erweiterte Messunsicherheit U(c) für die Messeinrichtung SN 131  
PM2,5, Bezugswert: 35 µg/m<sup>3</sup>*

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 131	Anforderung	Ergebnis		Unsicherheit	Quadrat der
				u	Unsicherheit u <sup>2</sup>
				µg/m <sup>3</sup>	(µg/m <sup>3</sup> ) <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit	≥ 10	23		0,87	0,76
Unsicherheit zw. Prüflingen u <sub>Bs</sub> nach Leitfaden	≤ 3 µg/m <sup>3</sup>	0,57	µg/m <sup>3</sup>	0,33	0,11
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,60	µg/m <sup>3</sup>	0,35	0,12
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	≤ 5 % von B1	-0,70	µg/m <sup>3</sup>	-0,40	0,16
Drift am Nullpunkt	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	1,80	µg/m <sup>3</sup>	1,04	1,08
Drift des Messwertes	≤ 5 % von B1	-0,28	µg/m <sup>3</sup>	-0,16	0,03
Netzspannung (Messwert Beta)	≤ 2 µg/m <sup>3</sup>	0,03	µg/m <sup>3</sup>	0,02	0,00
Querempfindlichkeiten	≤ 2,5 µg/m <sup>3</sup>	-0,60	µg/m <sup>3</sup>	-0,35	0,12
Unsicherheit des Prüfstandards	≤ 1 µg/m <sup>3</sup>	1,00	µg/m <sup>3</sup>	0,58	0,33
				Σu <sup>2</sup>	2,71
				U(c) = 2u(c)	3,29
				U(c) / Bezug	9,40

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmessenrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 125 von 531

**Tabelle 35:** Erweiterte Messunsicherheit  $U(\bar{c})$  für die Messeinrichtung SN 127  
PM2,5, Bezugswert: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 127	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>2</sup>	
Reproduzierbarkeit	0,87	24 Stunden	365	0,002	
Unsicherheit zw. Prüflingen $u_{BS}$ nach Leitfaden	0,33	1 Jahr	1	0,108	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,23	1 Jahr	1	0,053	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	-0,19	1 Jahr	1	0,035	
Drift am Nullpunkt	0,52	1 Monat	12	0,023	
Drift des Messwertes	-0,17	1 Monat	12	0,003	
Netzspannung (Messwert Beta)	-0,03	1 Jahr	1	0,001	
Querempfindlichkeiten	-0,40	1 Jahr	1	0,163	
Unsicherheit des Prüfstandards	0,58	1 Jahr	1	0,333	
				$\Sigma u_m^2(c_k)$	0,721
				$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	1,70
				$\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}$	6,79

**Tabelle 36:** Erweiterte Messunsicherheit  $U(\bar{c})$  für die Messeinrichtung SN 131  
PM2,5, Bezugswert: 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Verfahrenskenngröße für Gerät SN 131	Unsicherheit (Einzelwert)	Zeitbasis	Anzahl nk	Quadrat der Unsicherheit (Mittelwert) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>2</sup>	
Reproduzierbarkeit	0,87	24 Stunden	365	0,002	
Unsicherheit zw. Prüflingen $u_{BS}$ nach Leitfaden	0,33	1 Jahr	1	0,108	
Temperaturabhängigkeit am Nullpunkt	0,35	1 Jahr	1	0,120	
Temperaturabhängigkeit des Messwertes (Beta)	-0,40	1 Jahr	1	0,163	
Drift am Nullpunkt	1,04	1 Monat	12	0,090	
Drift des Messwertes	-0,16	1 Monat	12	0,002	
Netzspannung (Messwert Beta)	0,02	1 Jahr	1	0,000	
Querempfindlichkeiten	-0,35	1 Jahr	1	0,120	
Unsicherheit des Prüfstandards	0,58	1 Jahr	1	0,333	
				$\Sigma u_m^2(c_k)$	0,939
				$U(\bar{c}) = 2u(\bar{c})$	1,94
				$\frac{U(\bar{c})}{\text{Bezug}}$	7,75

## 6.1 5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

*Für das PM<sub>10</sub>-Probenahmesystem ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] nachzuweisen.*

*Für PM<sub>2,5</sub>-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Punkt 7 des vorliegenden Berichts verwiesen*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 5 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest an mehreren Standorten gemäß Punkt 4 des vorliegenden Berichtes durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten und unterschiedlich hohe PM10 Konzentrationen berücksichtigt.

Es wurden an jedem Standort mindestens 15 valide Wertepaare ermittelt.

## 6.4 Auswertung

Forderung aus der DIN EN 12341:

Der errechnete funktionale Zusammenhang  $y = f(x)$  zwischen den mit dem Testgerät ( $y$ ) und den mit dem Referenzgerät ( $x$ ) gemessenen Konzentrationswerten soll durch einen beidseitigen Akzeptanzbereich begrenzt sein. Dieser Akzeptanzbereich ist gegeben durch:

$$y = (x \pm 10) \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ für Konzentrationsmittelwerte } \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ und}$$

$$y = 0,9x \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ bzw. } 1,1x \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ für Konzentrationsmittelwerte } > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Des Weiteren soll der Variationskoeffizient  $R^2$  der berechneten Referenz-Äquivalenz-Funktion den Wert 0,95 nicht unterschreiten.

Die Prüfung richtet sich auf den funktionalen Zusammenhang zwischen den Konzentrationswerten, die durch Doppelbestimmungen mit dem Testgerät und dem Referenzgerät ermittelt wurden. Im Idealfall erfassen beide Geräte dieselbe Schwebstaubfraktion, so dass  $y = x$  gilt. Die Vorgehensweise bei der Auswertung ist wie folgt:

Es wurde eine lineare Regressionsanalyse aus den Messdaten für alle vier Standorte einzeln sowie nach Zusammenfassung aller Messdaten, für alle vier Standorte zusammen durchgeführt.

Man erhält für jeden Messwert  $y_i$  des jeweiligen Testgerätes und der mit dem Referenzgerät gemessenen Konzentration  $x$  – beide in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - eine Referenz-Äquivalenz-Funktion entsprechend der allgemeinen Beziehung:

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

mit  $i$  = Prüfling SWAM 5a

## 6.5 Bewertung

Die Referenz-Äquivalenzfunktionen liegen in den Grenzen des jeweiligen Akzeptanzbereiches. Weiterhin ist der Variationskoeffizient  $R^2$  der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich  $\geq 0,95$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

Im Rahmen der Prüfung wurde festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbelastung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmessungen vorliegen. Als Ursache für das vor allem bei hohen Anteilen von Partikeln im Bereich um 10  $\mu\text{m}$  signifikant abweichende Abscheideverhalten der Referenzgeräte im Vergleich zu den Prüflingen konnte ein festgestellter Unterschied in der Bauausführung der Probenahmeköpfe (Impaktordüsen) ermittelt werden. Kapitel 5 und Anlage 2 zu diesem Bericht beschreiben in ausführlicher Form die gefundenen Ergebnisse und die Analyse und Bewertung dieser Abweichungen.

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen sind in Tabelle 37 bis Tabelle 38 zusammengestellt. Die grafischen Darstellungen erfolgen in Abbildung 42 bis Abbildung 51. In den Diagrammen sind neben den Ausgleichsgeraden der beiden Testgeräte die als Idealfall anzusehende Kurve  $y = x$  und der beiderseitige Akzeptanzbereich eingezeichnet. Alle Einzelwerte für die Testgeräte und das Referenzgerät können, nach Standort getrennt, der Anlage 5 im Anhang entnommen werden.

*Tabelle 37: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 127 und SN 131 an den vier Standorten*

<b>SN 127</b>	<b>Anzahl Messwertpaare N</b>	<b>Steigung m</b>	<b>Ordinaten abschnitt b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Köln	98	1,12	-0,17	0,987
Bonn	62	1,11	-0,78	0,977
Teddington*	72	0,94	2,92	0,962
Brühl	51	1,03	-1,65	0,966
<b>SN 131</b>				
<b>SN 131</b>	<b>Anzahl Messwertpaare N</b>	<b>Steigung m</b>	<b>Ordinaten abschnitt b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Köln	98	1,07	0,52	0,988
Bonn	62	1,10	-0,71	0,979
Teddington*	72	0,96	2,39	0,962
Brühl	51	1,03	-1,54	0,968

\* SN 145 & SN 149

*Tabelle 38: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 127 (SN 145) und SN 131 (SN 149) (gesamt)*

<b>Testgerät</b>	<b>Anzahl Messwertpaare N</b>	<b>Steigung m</b>	<b>Ordinatenabschnitt b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
SN 127 (SN 145)	283	1,08	-0,12	0,969
SN 131 (SN 149)	283	1,05	0,21	0,973



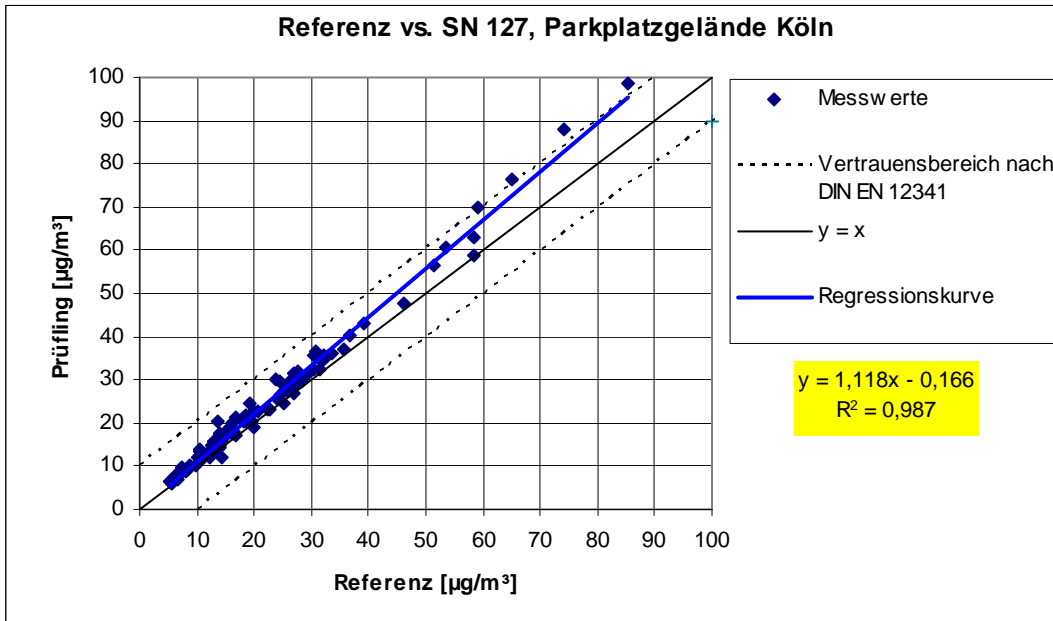


Abbildung 42: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Köln, Parkplatzgelände

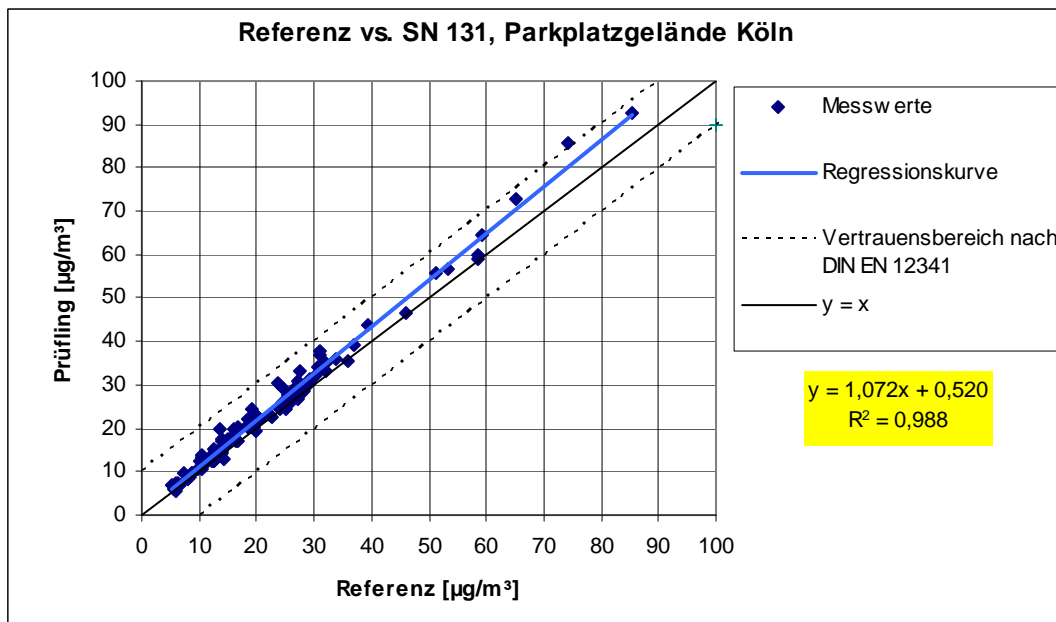


Abbildung 43: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Köln, Parkplatzgelände

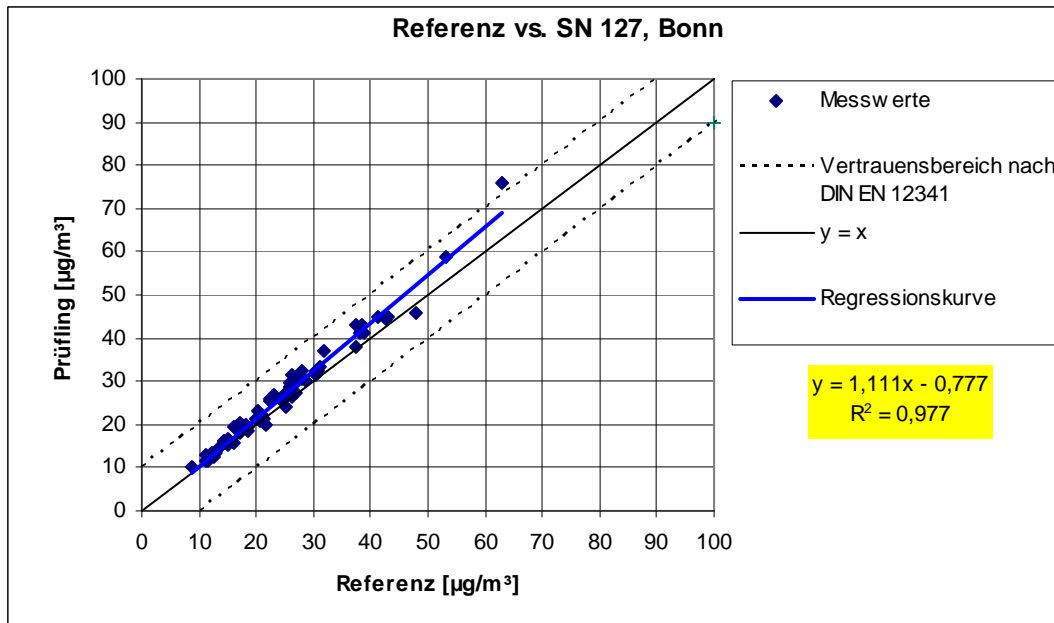


Abbildung 44: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Bonn, Belderberg

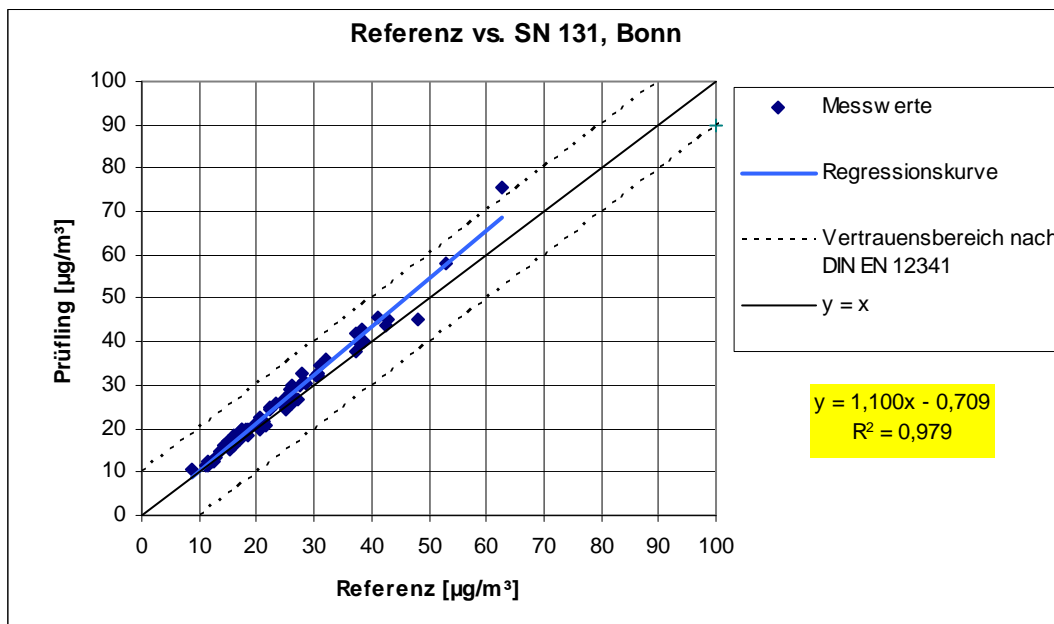


Abbildung 45: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Bonn, Belderberg

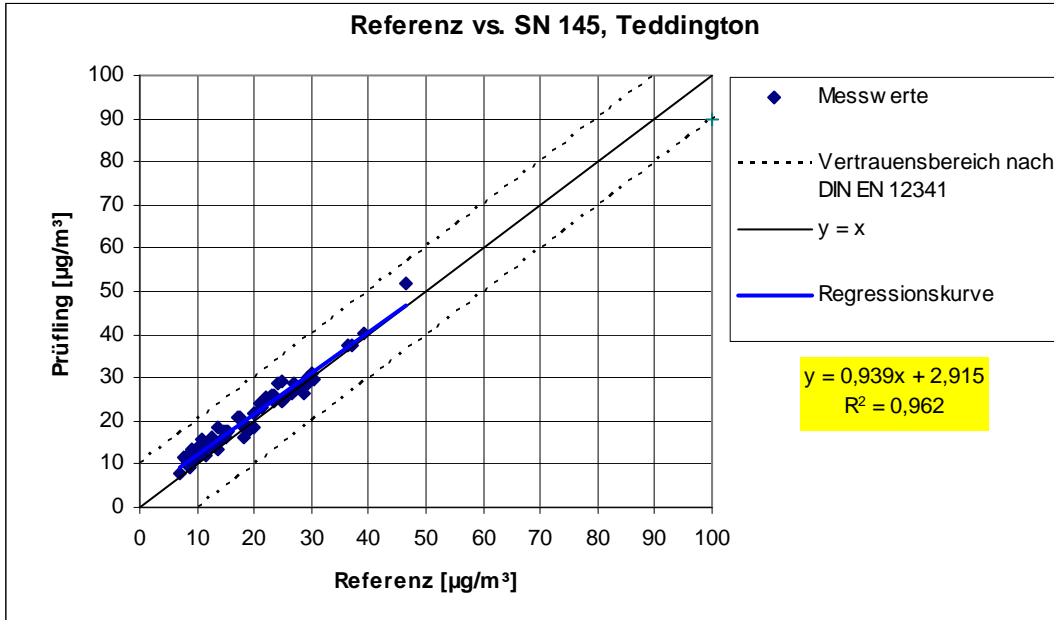


Abbildung 46: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 145, Standort Teddington

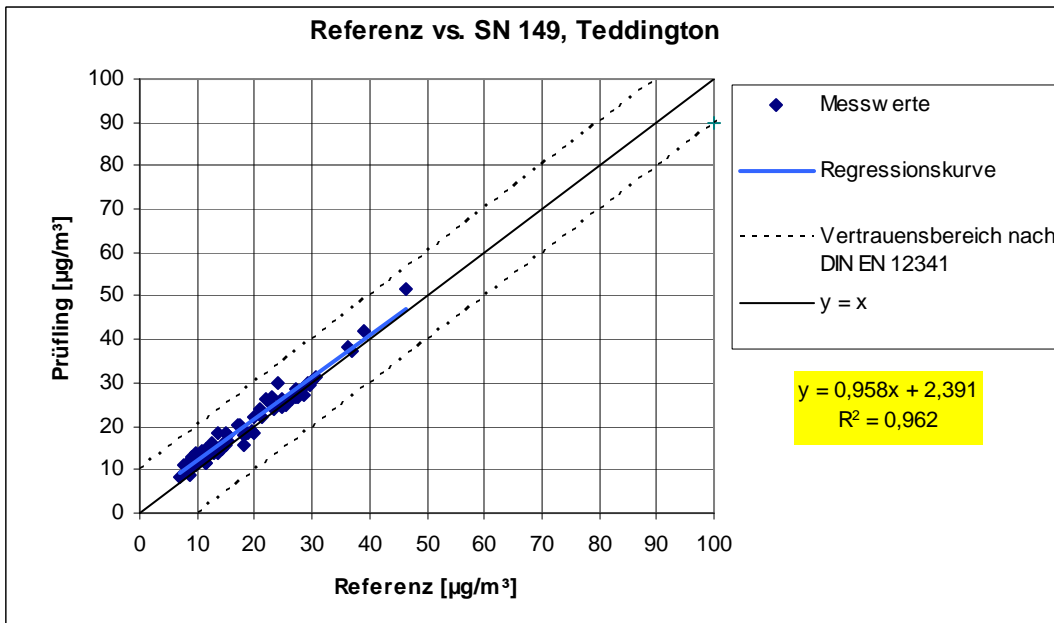


Abbildung 47: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 149, Standort Teddington

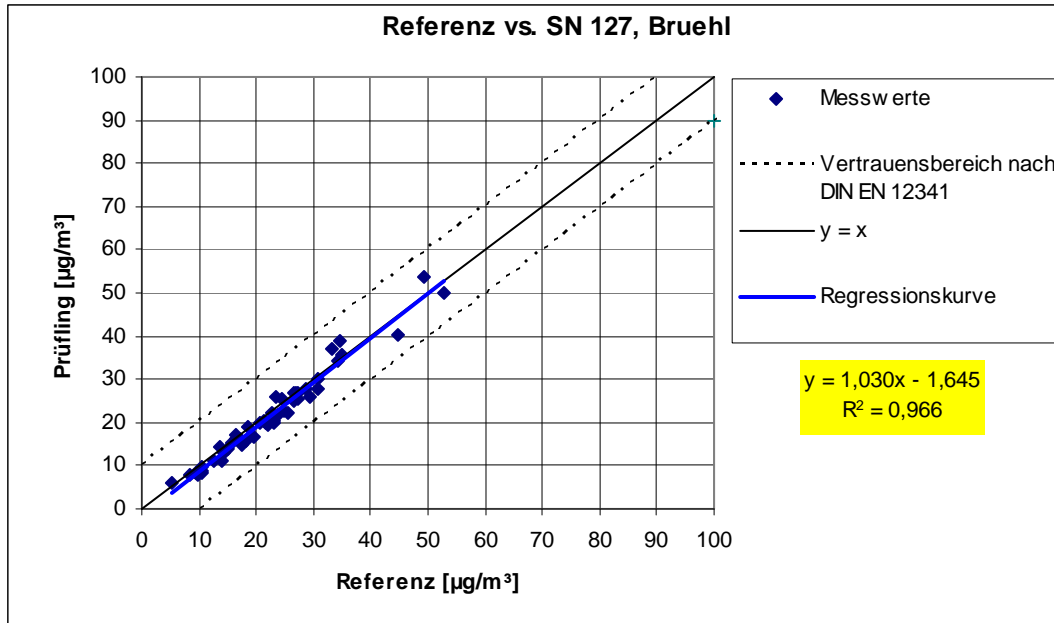


Abbildung 48: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Brühl

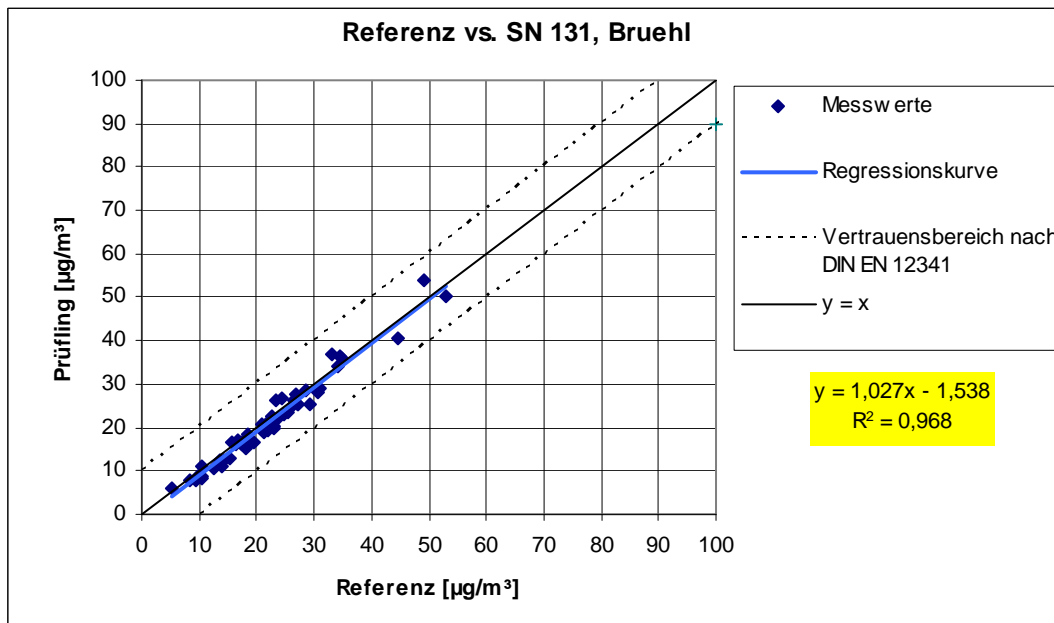


Abbildung 49: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Brühl

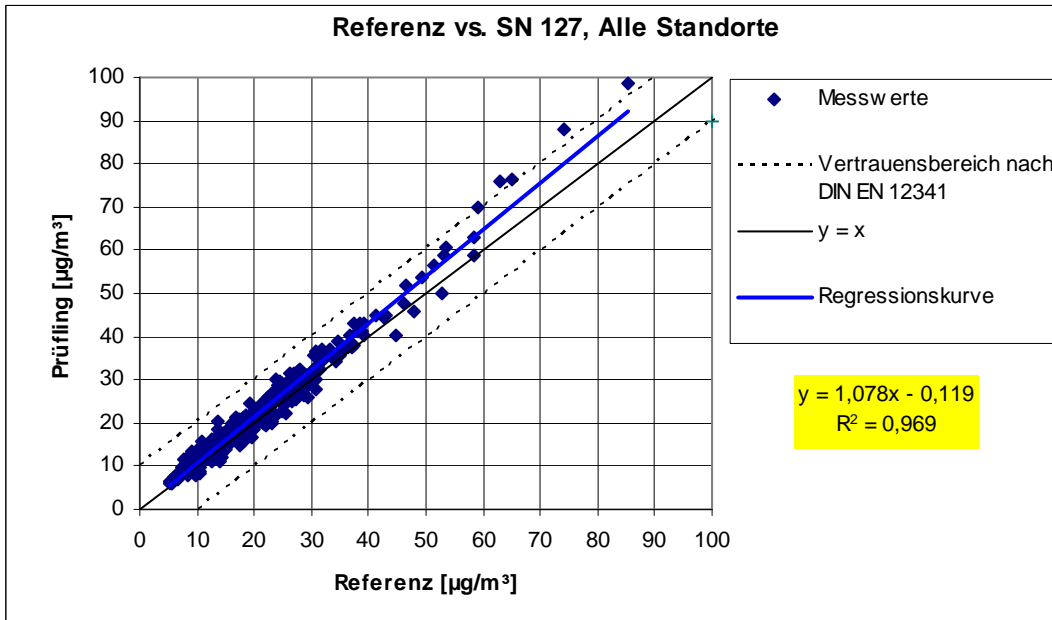


Abbildung 50: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127 (SN 145), alle Standorte

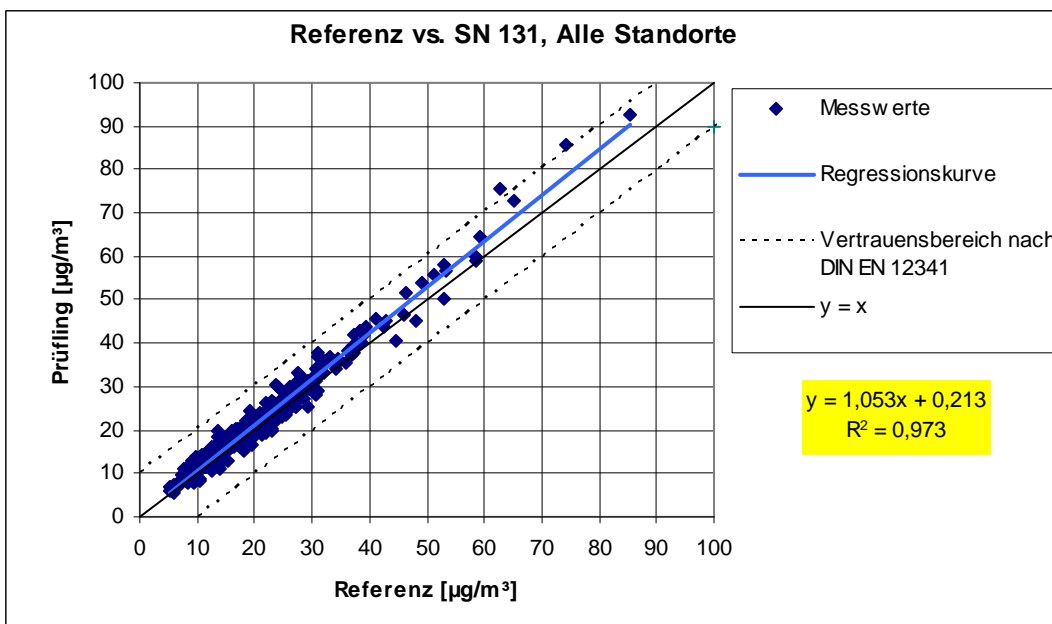


Abbildung 51: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131 (SN 149), alle Standorte

## 6.1 5.3.2 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme

*Die PM<sub>10</sub>-Probenahmesysteme zweier baugleicher Prüflinge müssen untereinander nach DIN EN 12 341 [T5] vergleichbar sein. Dies ist während des Feldtestes nachzuweisen.*

*Für PM<sub>2,5</sub>-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Punkt 7 des vorliegenden Berichts verwiesen*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest an mehreren Standorten durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten und unterschiedlich hohe PM10 Konzentrationen sowie verschiedene Verhältnisse zwischen TSP und PM10 Anteil berücksichtigt.

Es wurden an jedem Standort mindestens 15 valide Wertepaare ermittelt.

## 6.4 Auswertung

Der aus den mit den Testgeräten gemessenen Konzentrationsmittelwerten berechnete zweiseitige Vertrauensbereich  $Cl_{95}$  darf den Wert von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Konzentrationsmittelwerte  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und von 0,05 für Konzentrationsmittelwerte  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten.

Der Nachweis der Vergleichbarkeit von Testgeräten konzentriert sich auf die Differenzen  $D_i$  der Konzentrationswerte  $Y_i$  der Testgeräte. Idealerweise sind beide Testgeräte gleich und erfassen demzufolge dieselbe Schwebstaubfraktion, so dass sich  $D_i = 0$  ergibt. Die Vorgehensweise bei der Auswertung der Messdaten ist folgende:

Es werden zunächst die Konzentrationsmittelwerte  $Y_i$  aus den parallel mit den beiden Testgeräten gemessenen Konzentrationswerten berechnet. Im Anschluss daran werden die Konzentrationsmittelwerte  $Y_i$  in zwei getrennte Datensätze gespalten:

- Datensatz mit  $Y_i \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit der Anzahl der Wertepaare  $n_{\leq}$  und
- Datensatz mit  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit der Anzahl der Wertepaare  $n_{>}$

zu a):

Aus den Wertepaaren des Datensatzes mit  $Y_i \leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird die absolute Standardabweichung  $s_a$  berechnet:

$$s_a = \sqrt{\left(\sum D_i^2 / 2n_{\leq}\right)}$$

Es wird der Studentfaktor  $t_{f_{\leq}, 0,975}$ , definiert als 0,975-Quantil des zweiseitigen 95%-Vertrauensbereich der t-Verteilung nach Student mit  $f_{\leq} = n_{\leq} - 2$  Freiheitsgraden herangezogen.

Der zweiseitige 95%-Vertrauensbereich  $CI_{95}$  für Konzentrationsmittelwerte  $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ergibt sich dann wie folgt:

$$CI_{95} = s_a \cdot t_{f_{\leq};0,975}$$

zu b):

Aus den Wertepaaren des Datensatzes mit  $Y_i > 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird die relative Standardabweichung  $s_r$  berechnet:

$$s_r = \sqrt{\left(\sum (D_i / Y_i)^2 / 2n_{>}\right)}$$

Es wird wiederum der Student-Faktor  $t_{f_{>};0,975}$ , definiert als 0,975-Quantil des zweiseitigen 95%-Vertrauensbereiches der t-Verteilung nach Student mit  $f_{>} = n_{>} - 2$  Freiheitsgraden herangezogen.

Der zweiseitige Vertrauensbereich  $CI_{95}$  für Konzentrationsmittelwerte  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ergibt sich dann wie folgt:

$$CI_{95} = s_r \cdot t_{f_{>};0,975}$$

Während der Felduntersuchungen wurden keine Konzentrationswerte  $> 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Eine statistische Auswertung für diesen Konzentrationsbereich ist aus diesem Grund nicht möglich. Somit entfällt die Betrachtung gemäß b).

## 6.5 Bewertung

Es gilt für alle untersuchten Standorte:

Der zweiseitige Vertrauensbereich  $CI_{95}$  liegt mit maximal  $1,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  unterhalb des geforderten Wertes von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 39 führt die berechneten Werte für die Standardabweichung  $s_a$  und den zweiseitigen Vertrauensbereich  $CI_{95}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 52 bis Abbildung 56. In den Diagrammen ist neben der Ausgleichsgerade der beiden Testgeräte (ermittelt durch lineare Regressionsanalyse) die als Idealfall anzusehende Kurve  $y = x$  und der beiderseitige Akzeptanzbereich eingezeichnet. Alle Einzelwerte für die Testgeräte können der Anlage 5 entnommen werden.

Tabelle 39: Zweiseitiger 95%-Vertrauensbereich  $Cl_{95}$  für die Testgeräte SN 127 und SN 131

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Standardabweichung $s_a$	Student-Faktor $t_f$	Vertrauensbereich $Cl_{95}$
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
127 / 131	Köln	100	0,83	1,984	1,64
127 / 131	Bonn	64	0,44	1,999	0,88
145 / 149	Teddington	83	0,56	1,990	1,12
127 / 131	Brühl	55	0,58	2,006	1,17
127 (145) / 131 (149)	Gesamt	302	0,65	1,968	1,27

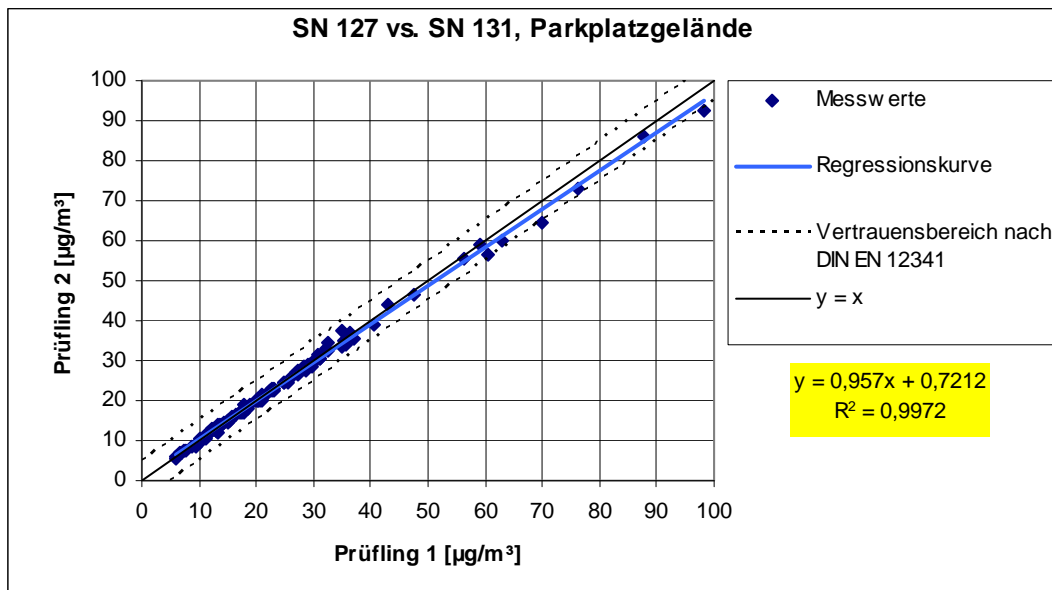


Abbildung 52: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Köln, Parkplatzgelände



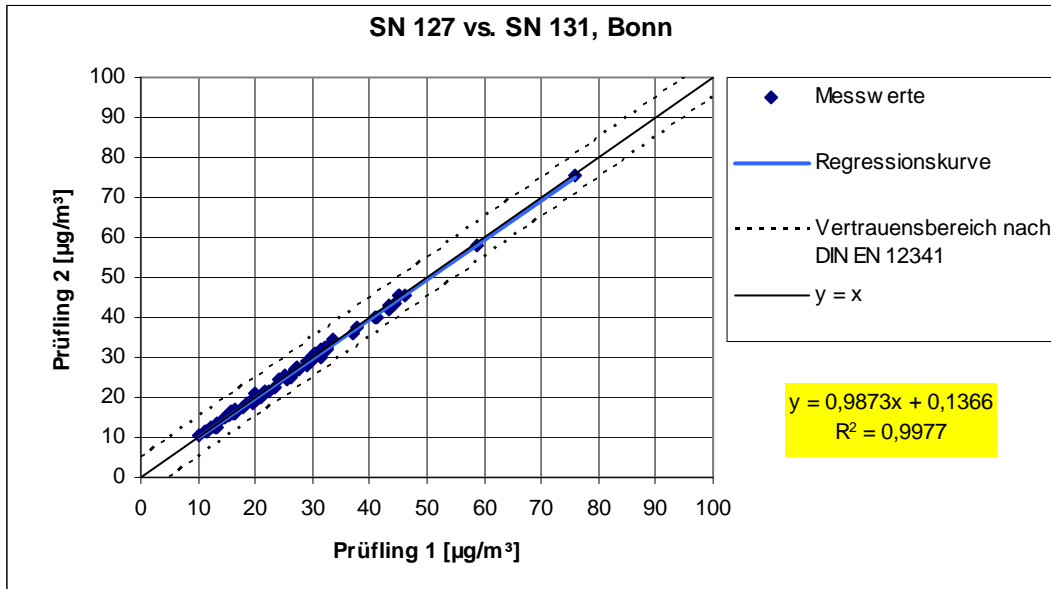


Abbildung 53: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Bonn, Belderberg

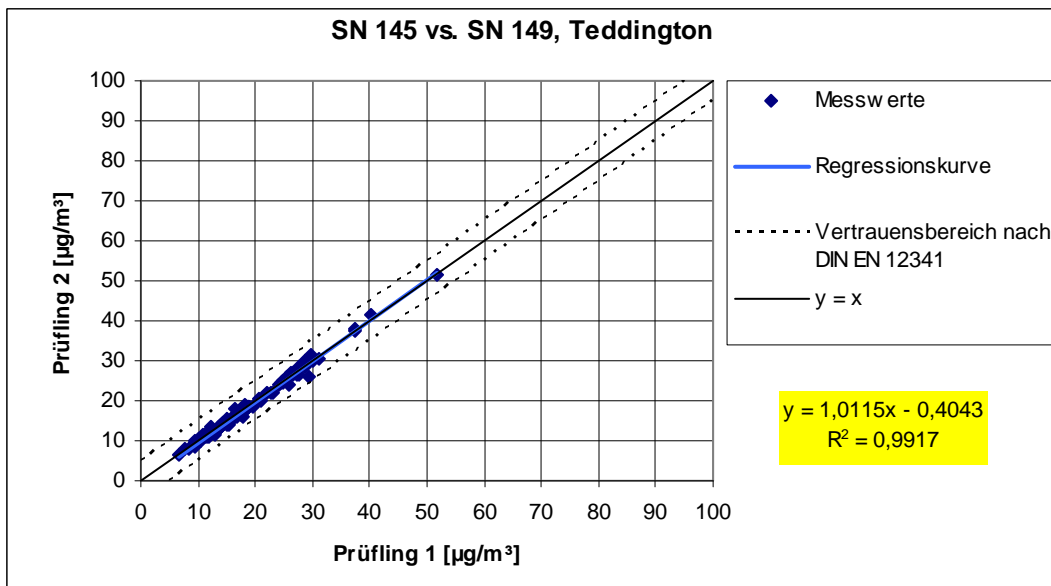


Abbildung 54: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Standort Teddington

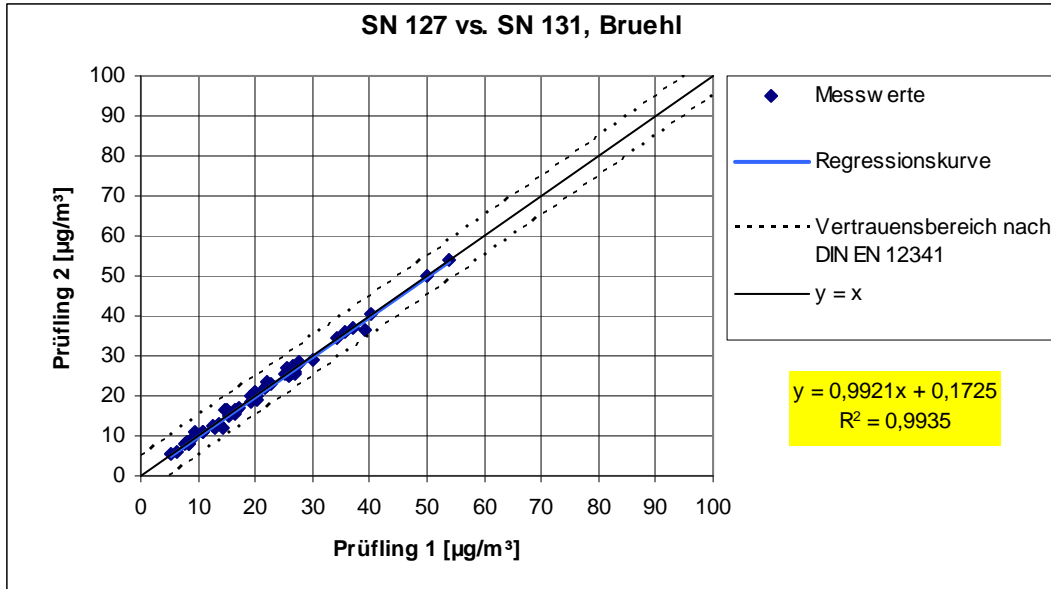


Abbildung 55: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Brühl

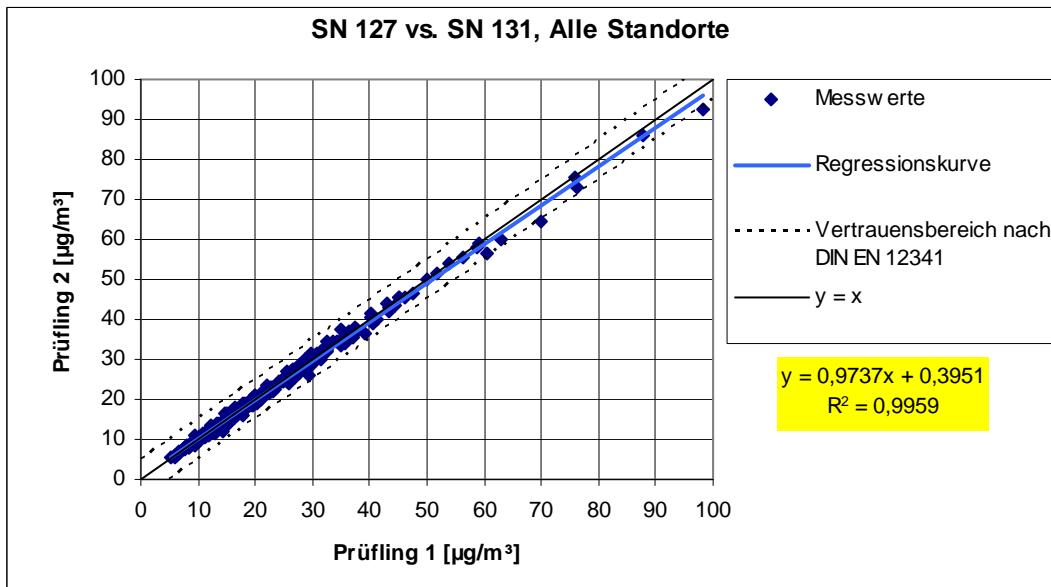


Abbildung 56: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 (SN 145) / SN 131 (SN 149), alle Standorte

## **6.1 5.3.3 Kalibrierung**

*Die PM<sub>10</sub>-Prüflinge sind im Feldtest mit einem Referenzverfahren nach DIN EN 12341 [T5] durch Vergleichsmessungen zu kalibrieren. Hierbei ist der Zusammenhang zwischen dem Messsignal und der gravimetrisch bestimmten Referenzkonzentration als stetige Funktion zu ermitteln.*

Darüber hinaus wurden die PM<sub>2,5</sub>-Prüflinge im Feldtest mit einem Referenzverfahren nach DIN EN 14907 durch Vergleichsmessungen kalibriert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> können dem Modul 5.2.3 entnommen werden.

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Siehe Modul 5.2.3.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Siehe Modul 5.2.3.

## **6.4 Auswertung**

Siehe Modul 5.2.3.

## **6.5 Bewertung**

Siehe Modul 5.2.3.

Mindestanforderung erfüllt? -

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Siehe Modul 5.2.3.

## **6.1 5.3.4 Querempfindlichkeit**

*Der Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte darf im Bereich von  $B_1$  nicht mehr als 10 % von  $B_1$  betragen. Ist das Probenahmerohr beheizt, muss die Vergleichbarkeit zum gravimetrischen Referenzverfahren bei der angegebenen Temperatur nachgewiesen werden.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht notwendig.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Auf eine Ermittlung des Störeinflusses durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte unter Laborbedingungen wurde verzichtet, da eine Prüfung am Nullpunkt zu keiner belastbaren Aussage führte und am Referenzpunkt (im Bereich von  $B_1$ ) nicht durchführbar ist.

Alternativ wurden aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die Differenzen zwischen dem ermittelten Referenzwert (=Sollwert) und dem Messwert des jeweiligen Prüfling errechnet und die mittlere Differenz als konservative Abschätzung für den Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte angesetzt.

Zusätzlich wurden aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die Referenz-Äquivalenzfunktionen für beide Testgeräte bestimmt.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung erfolgte weder ein Umspülen des Ansaugrohrs mit Umgebungsluft noch eine aktive Heizung oder Kühlung. Das Ansaugrohr wurde innerhalb des Messschanks lediglich zur Isolierung mit Schaumstoff umwickelt.

Wird ein hoher Anteil an flüchtigen Staubbestandteilen erwartet, dann kann das Ansaugrohr optional co-axial mit Umgebungsluft umspült werden (oder auf Wunsch auch aktiv beheizt oder gekühlt werden).

## **6.4 Auswertung**

Es wurde aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die mittlere Differenz zwischen dem ermittelten Referenzwert (=Sollwert) und dem Messwert des jeweiligen Prüfling errechnet und die relative Abweichung zur mittleren Konzentration ermittelt.

Bezugswert:	PM10: $B_1 = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10 % von $B_1 = 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	PM2,5: $B_1 = 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10 % von $B_1 = 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Es wurde weiterhin untersucht, ob die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ auch für den Fall, dass die Messwerte an Tagen mit einer relativen Feuchte > 70 % gewonnen wurden, gegeben ist.

## 6.5 Bewertung

Es konnte kein Störeinfluss > 1,7 µg/m<sup>3</sup> Abweichung vom Sollwert durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnten bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren ist auch für Tage mit einer relativen Luftfeuchte > 70 % gegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 40 und Tabelle 41 zeigen eine zusammenfassende Darstellung.

*Tabelle 40: Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, PM10*

Feldtest, Tage mit relativer Feuchte >70%				
		Referenz	SN 127	SN 131
Anzahl Messwerte		132	132	132
Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	23,7	25,4	25,1
Abweichung zu Mittelwert Referenz in µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	-	1,7	1,4
Abweichung in % von Mittelwert Referenz	%	-	7,2	5,9
Abweichung in % von B1	%	-	4,3	3,5

*Tabelle 41: Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, PM2,5*

Feldtest, Tage mit relativer Feuchte >70%				
		Referenz	SN 127	SN 131
Anzahl Messwerte		80	80	80
Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	16,1	15,4	15,5
Abweichung zu Mittelwert Referenz in µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	-	-0,7	-0,6
Abweichung in % von Mittelwert Referenz	%	-	-4,3	-3,7
Abweichung in % von B1	%	-	-2,8	-2,4

Einzelwerte können den Anlagen 5 und 6 im Anhang entnommen werden.

Die Darstellung und Bewertung der Messunsicherheiten  $W_{CM}$  an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70% erfolgt in Tabelle 42 und in Tabelle 43. Einzelwerte können den Anlagen 5 und 6 im Anhang entnommen werden.

*Tabelle 42: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70%, alle Standorte, PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, rF>70%	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,10</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,75</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,38</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>3,16</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>3,75</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>9,37</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>18,74</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 143 von 531

*Tabelle 43: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70%, alle Standorte, PM2,5, Grenzwert 20 µg/m³*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, rF>70%	Grenzwert	20	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,97</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,14</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,31</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,77</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,44</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,19</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>14,39</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

## **6.1 5.3.5 Tagesmittelwerte**

*Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen. Bei Filterwechseln darf die hierfür insgesamt benötigte Zeit nicht mehr als 1 % der Mittelungszeit betragen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung eines Tagesmittelwertes ermöglicht. Der Zeitbedarf für den Filterwechsel wurde ermittelt.

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung ermöglicht die Bildung von Mittelwerten für Probenahmezeiten von 8 h bis zu 168 h. Für den Filterwechsel / Filterbewegungen im Gerät und für jeden Zyklus durchgeführte Maßnahmen zur Qualitätssicherung (interne Dichtheitsprüfung und interne Überprüfung der Messung der Durchflussrate) werden insgesamt ca. 11 – 12 min benötigt – dies entspricht ca. 0,8 % der Mittelungszeit.

Die Messeinrichtung legt zu jeder Messung bzw. Probenahme das Verhältnis in % zwischen realer Probenahmezeit und nominaler Probezeit (i.d.R. 24 h) im Speicher ab.

## **6.5 Bewertung**

Die Bildung von Tagesmittelwerten ist möglich. Die maximale Zeit für den Filterwechsel (inkl. aller Filterbewegungen im Gerät sowie inkl. der bei jedem Zyklus durchgeführten QS-Maßnahmen (interne Dichtheitsprüfung und interne Überprüfung der Messung der Durchflussrate)) beträgt 0,8 % der Mittelungszeit. Die ermittelte Filterwechselzeit ist damit kleiner als die zulässigen 1 % der Probenahmedauer.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.



### 6.1 5.3.6 Konstanz des Probenahmestroms

*Der über der Probenahmedauer gemittelte Probenahmestrom muss auf  $\pm 3\%$  vom Sollwert konstant sein. Alle Momentanwerte des Probenahmestroms müssen während der Probenahmedauer innerhalb der Schwankungsbreite von  $\pm 5\%$  des Sollwertes liegen.*

### 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurden zusätzlich Durchflussmesssysteme gemäß Punkt 4 bereitgestellt.

### 6.3 Durchführung der Prüfung

Der Probenahmestrom wurde vor dem ersten Feldteststandort (Köln (SN127 & SN131) bzw. Teddington (SN145 & SN149)) kalibriert und dann vor jedem Feldteststandort mit Hilfe eines Balgengaszählers auf Korrektheit überprüft.

Um die Konstanz des Probenahmestroms zu ermitteln, wurde exemplarisch beim Prüfling SN 127 die Linie A mit Filtern mit unterschiedlich hohen Druckverlusten betrieben und der Durchfluss kontinuierlich aufgezeichnet und ausgewertet. Um unterschiedlich hohe Druckverluste zu realisieren, kamen folgende Filterkonfigurationen zum Einsatz:

*Tabelle 44: Filterkonfigurationen für Überprüfung Konstanz Probenahmestrom*

	Anzahl eingelegte Filter	Beaufschlagungsfläche [cm <sup>2</sup> ]	gemessener Druckverlust $\Delta p$ [kPa]
1	1	7,07	10,9
2	1	5,20	12,5
3	2	5,20	19,3
4	1	2,54	24,2
5	2	2,54	41,1
6	1	5,20	13,8

Die Konfigurationen 2 & 6 (1 Filter, Beaufschlagungsfläche 5,20 cm<sup>2</sup>) entsprechen der in der kompletten Eignungsprüfung verwendeten Konfiguration.

Gemäß Herstellerangaben kann die Messeinrichtung die Aufrechterhaltung des Solldurchflusses von 2,3 m<sup>3</sup>/h sicher bis zu einem maximalen Druckverlust von 40 kPa aufrechterhalten. Die Messeinrichtung gibt darüber hinaus bei Überschreiten des maximal zulässigen Druckverlustes über Filter (> 60 kPa) eine Warnungsmeldung und schaltet die Pumpe ab.

## 6.4 Auswertung

Aus den ermittelten Messwerten für den Durchfluss wurden Mittelwert und Abweichung vom Sollwert (38,33 l/min) bestimmt.

## 6.5 Bewertung

Die Ergebnisse der vor jedem Feldteststandort durchgeführten Überprüfung der Durchflussrate ist in Tabelle 45 und Tabelle 46 dargestellt.

*Tabelle 45: Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate, SN 127 bzw. SN 149*

Durchflussüberprüfung vor Standort:	SN 127, Linie A		SN 127, Linie B	
	[l/min]	Abw. vom Soll [%]	[l/min]	Abw. vom Soll [%]
Köln	38,33	-	38,33	-
Bonn	37,85	-1,3	37,95	-1,0
Brühl	38,66	0,9	38,58	0,7
	SN 145, Linie A		SN 145, Linie B	
Teddington	38,33	-	38,33	-

*Tabelle 46: Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate, SN 131 bzw. SN 149*

Durchflussüberprüfung vor Standort:	SN 131, Linie A		SN 131, Linie B	
	[l/min]	Abw. vom Soll [%]	[l/min]	Abw. vom Soll [%]
Köln	38,33	-	38,33	-
Bonn	38,15	-0,5	38,07	-0,7
Brühl	38,49	0,4	38,66	0,9
	SN 149, Linie A		SN 149, Linie B	
Teddington	38,33	-	38,33	-

Die graphische Darstellungen des Durchflusses an den 6 Versuchstagen mit unterschiedlichen Filterkonfigurationen zeigen, dass auch bei Druckverlusten im Bereich des maximal zulässigen Druckverlustes alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als  $\pm 5\%$  vom Sollwert von 38,33 l/min abweichen. Die Abweichung der Tagesmittelwerte ist ebenfalls kleiner als die geforderten  $\pm 3\%$  vom Sollwert.

Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als  $\pm 3\%$ , alle Momentanwerte weniger als  $\pm 5\%$  vom Sollwert ab.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 47 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss bei SN127, Linie A aufgeführt. Abbildung 57 zeigt eine entsprechende grafische Darstellung der Durchflussmessungen bei SN 127, Line A.

Tabelle 47: Kenngrößen für die Durchflussmessung, SN 127, Linie A

Kenngröße	Einheit	16.12.	17.12.*	18.12.	19.12.	20.12.	21.12.*
Konfiguration	-	1	2	3	4	5	6
Druckverlust	kPa	10,9	12,5	19,3	24,2	41,1	13,8
Mittelwert Durchfluss	l/min	38,7	38,2	38,3	38,2	38,2	38,3
Abweichung MW	% vom Sollwert	0,9	-0,4	-0,1	-0,3	-0,3	0,0

\*17.12.2008 & 21.12.2008 = Konfiguration in Eignungsprüfung

**SN127 A, Konstanz der Durchflussrate**

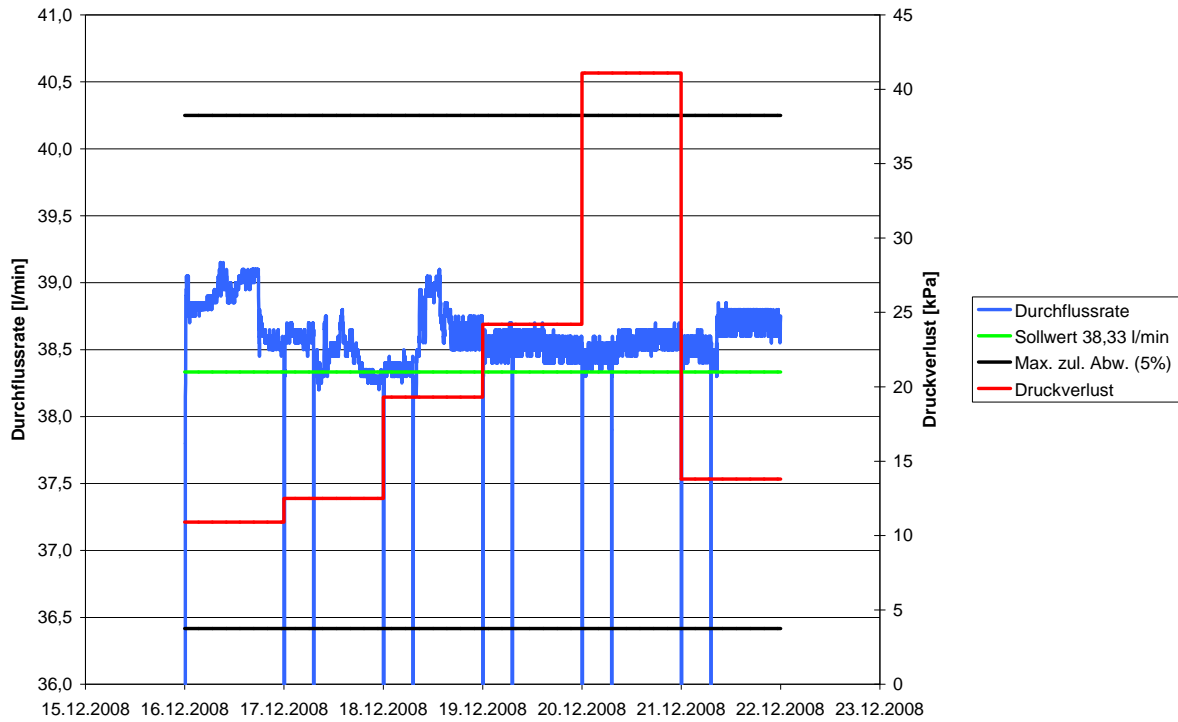


Abbildung 57: Durchfluss am Testgerät SN 127, Linie A vom 16.12.2008 bis 21.12.2006

## **6.1 5.3.7 Dichtheit des Probenahmesystems**

*Das gesamte Probenahmesystem ist auf Dichtheit zu prüfen. Die Undichtigkeit darf nicht mehr als 1 % vom durchgesaugten Probenahmevervolumen betragen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Verschlusskappe, Uhr.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Überprüfung der Dichtheit erfolgte gemäß Handbuch zur Messeinrichtung (Manuelle Dichtheitsprüfung, Fall 3). Bei der Überprüfung wurde der Geräteeingang der jeweils zu untersuchenden Probenahmelinie mit einer Verschlusskappe verschlossen und anschließend ein Filter auf die Probenahmeposition geladen. Danach wird das gesamte pneumatische System mit Hilfe der Vakuumpumpe bis zu einem minimal möglichen Restdruck evakuiert. Nach Abschalten der Pumpe wird nun die Änderung des Innendrucks im System mit der Zeit beobachtet. Der Druck steigt dabei langsam an, wobei die Geschwindigkeit des Druckanstiegs abhängig von etwaig vorhandenen Undichtigkeiten ist. Unter Berücksichtigung des Gesamtvolumens des Systems wird auf diesem Wege die Leckrate ermittelt.

Das geschätzte Gesamtvolumen des Systems beträgt für Linie A 1,85 l und für Linie B 1,75 l.

## **6.4 Auswertung**

Die Berechnung der Leckrate  $\dot{V}_L$  ist nach folgender Gleichung vorzunehmen:

$$\dot{V}_L = \frac{\Delta p}{p_0} \frac{V_{\text{ges}}}{\Delta t}$$

Dabei ist

$\Delta p$  die in der Zeitdifferenz  $\Delta t$  beobachtete Druckdifferenz

$p_0$  der Druck zum Zeitpunkt  $t_0$

$V_{\text{ges}}$  das Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen)

$\Delta t$  die Zeitdifferenz für den Abfall des Drucks um die Differenz  $\Delta p$

Der Maximalwert der drei ermittelten Leckraten wurde bestimmt.

## 6.5 Bewertung

Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu maximal 0,24 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,30 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem Restdruck  $p_0$  im System, sowie zu maximal 0,08 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,06 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem atmosphärischen Luftdruck von 102,8 kPa. Die ermittelten Werte liegen somit deutlich unter der Mindestanforderung von 1 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 48 enthält die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

*Tabelle 48: Ermittlung der Leckrate, SN 127*

SN 127, Linie A									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{\text{ges}}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	26,6	27,8	1,2	1	0,00185	0,083	0,218	0,056
2	08.12.2008	27,8	28,9	1,1	1	0,00185	0,073	0,191	0,052
3	08.12.2008	28,9	30	1,1	1	0,00185	0,070	0,184	0,052
4	08.12.2008	30	31	1	1	0,00185	0,062	0,161	0,047
5	08.12.2008	31	32,1	1,1	1	0,00185	0,066	0,171	0,052
1-5	08.12.2008	26,6	32,1	5,5	5	0,00185	0,077	0,200	0,052
SN 127, Linie B									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{\text{ges}}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	32,9	34,6	1,7	1	0,00175	0,090	0,236	0,076
2	08.12.2008	34,6	36,4	1,8	1	0,00175	0,091	0,238	0,080
3	08.12.2008	36,4	37,9	1,5	1	0,00175	0,072	0,188	0,067
4	08.12.2008	37,9	39,4	1,5	1	0,00175	0,069	0,181	0,067
5	08.12.2008	39,4	41	1,6	1	0,00175	0,071	0,185	0,071
1-5	08.12.2008	32,9	41	8,1	5	0,00175	0,086	0,225	0,072

*Tabelle 49: Ermittlung der Leckrate, SN 131*

SN 131, Linie A									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{\text{ges}}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	36,7	37,6	0,9	1	0,00185	0,045	0,118	0,042
2	08.12.2008	37,6	38,4	0,8	1	0,00185	0,039	0,103	0,038
3	08.12.2008	38,4	39,2	0,8	1	0,00185	0,039	0,101	0,038
4	08.12.2008	39,2	40,1	0,9	1	0,00185	0,042	0,111	0,042
5	08.12.2008	40,1	40,8	0,7	1	0,00185	0,032	0,084	0,033
1-5	08.12.2008	36,7	40,8	4,1	5	0,00185	0,041	0,108	0,039
SN 131, Linie B									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{\text{ges}}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	19,9	21,2	1,3	1	0,00175	0,114	0,298	0,058
2	08.12.2008	21,2	22,4	1,2	1	0,00175	0,099	0,258	0,053
3	08.12.2008	22,4	23,7	1,3	1	0,00175	0,102	0,265	0,058
4	08.12.2008	23,7	25	1,3	1	0,00175	0,096	0,250	0,058
5	08.12.2008	25	26,3	1,3	1	0,00175	0,091	0,237	0,058
1-5	08.12.2008	19,9	26,3	6,4	5	0,00175	0,113	0,294	0,057

## **6.1 5.4 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.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Nicht zutreffend.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor ist ein automatisches und sequentiell arbeitendes Messgerät zur Staubmessung auf Filtermembranen. Das System wird mit zwei vollständig unabhängigen Probenahmelinien betrieben – im Falle der vorliegenden Prüfung in der Konfiguration Linie A (PM10) und Linie B (PM2,5).

Die Prüfung erfolgte nach den Prüfvorschriften für jede einzelne Komponente. Während der gesamten Prüfung waren beide Probenahmelinien in Betrieb.

## **6.4 Auswertung**

Bei den Untersuchungen waren stets beide Probenahmelinien in Betrieb. Die Auswertung bezogen auf die einzelnen Mindestanforderungen erfolgte bezogen auf die jeweiligen Messkomponenten.

## **6.5 Bewertung**

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

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

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

### **7.1 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs}$ [9.5.2.1]**

*Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  muss gemäß dem Punkt 9.5.2.1 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 an vier verschiedenen Standorten durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM10 bzw. PM2,5 Konzentrationen berücksichtigt.

Es wurden an jedem Standort mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Standorte, 283 valide Messwertpaare für PM10, 201 valide Messwertpaare für PM2,5) liegen insgesamt 32,2 % / 47,3 % der Messwerte über 50 % des Grenzwertes für das Tages- bzw. Jahresmittel von 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  / 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 sowie insgesamt 53,2 % bzw. 63,2 % der Messwerte über 50 % der Grenzwerte für das Jahresmittel von 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

### **7.4 Auswertung**

Gemäß **Punkt 9.5.2.1** des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ gilt:

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  muss  $\leq 3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen. Eine Unsicherheit über 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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 Standort einzeln (PM10 & PM2,5)
- Alle Standorte gemeinsam (PM10 & PM2,5)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50$  % des Grenzwertes für den Tagesmittelwert von 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50$  % des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $< 50$  % des Grenzwertes für den Tagesmittelwert von 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $< 50$  % des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)



- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $< 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $25\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $< 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{\text{bs}}$  wird aus den Differenzen aller Tagesmittelwerte (24 h-Werte) der Prüflinge, die parallel betrieben werden nach folgender Gleichung berechnet:

$$u_{\text{bs}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

mit  $y_{i,1}$  und  $y_{i,2}$  = Ergebnisse der parallelen Messungen einzelner 24h-Werte  $i$   
 $n$  = Anzahl der 24h-Werte

## 7.5 Bewertung

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{\text{bs}}$  liegt mit maximal  $0,98\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 und  $0,69\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 deutlich unterhalb des geforderten Wertes von  $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 50 und Tabelle 51 führt die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 58 bis Abbildung 75.

*Tabelle 50: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  für die Testgeräte SN 127 (145) und SN 131 (149), Messkomponente PM10*

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs}$
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände	100	0,87
127 / 131	Bonn, Belderberg	64	0,45
145 / 149	Teddington	83	0,53
127 131	Brühl	55	0,56
127 (145) / 131 (149)	Alle Standorte	302	0,66
Klassierung über Referenzwerte			
127 (145) / 131 (149)	Werte $\geq 50\%$ TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	91	0,98
127 (145) / 131 (149)	Werte $\geq 50\%$ JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	134	0,87
127 (145) / 131 (149)	Werte $< 50\%$ TGW ( $< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	192	0,46
127 (145) / 131 (149)	Werte $< 50\%$ JGW ( $< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	149	0,42

*Tabelle 51: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  für die Testgeräte SN 127 (145) und SN 131 (149), Messkomponente PM2,5*

<b>Testgeräte</b>	<b>Standort</b>	<b>Anzahl Werte</b>	<b>Unsicherheit <math>u_{bs}</math></b>
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände	100	0,69
127 / 131	Bonn, Belderberg	64	0,42
145 / 149	Teddington	83	0,44
127 131	Brühl	55	0,63
127 (145) / 131 (149)	Alle Standorte	302	0,57
<b>Klassierung über Referenzwerte</b>			
127 (145) / 131 (149)	Werte $\geq 50\%$ JGW 1 ( $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	107	0,57
127 (145) / 131 (149)	Werte $\geq 50\%$ JGW 2 ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	127	0,54
127 (145) / 131 (149)	Werte $< 50\%$ JGW 1 ( $< 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	94	0,36
127 (145) / 131 (149)	Werte $< 50\%$ JGW 2 ( $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	74	0,38

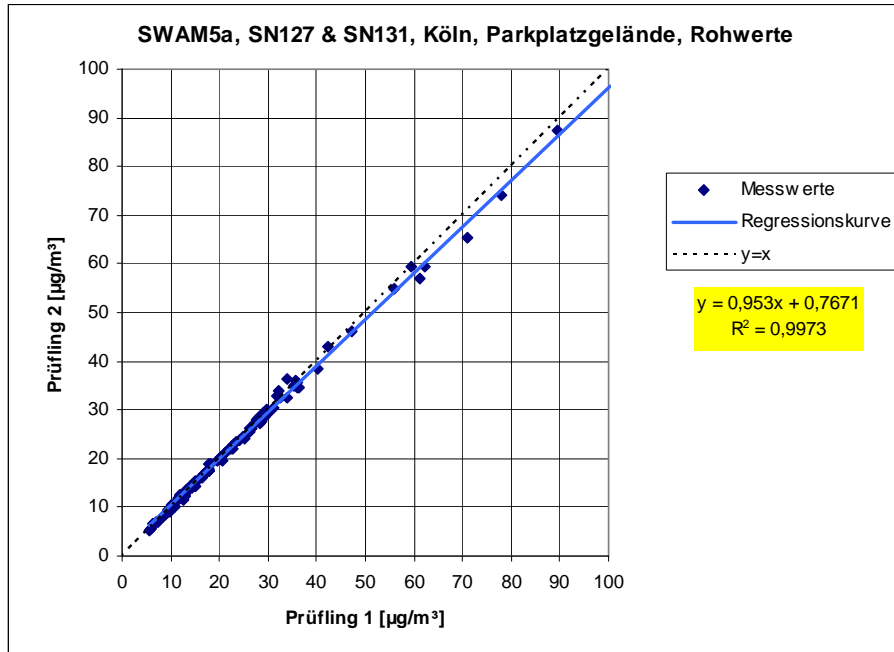


Abbildung 58: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10

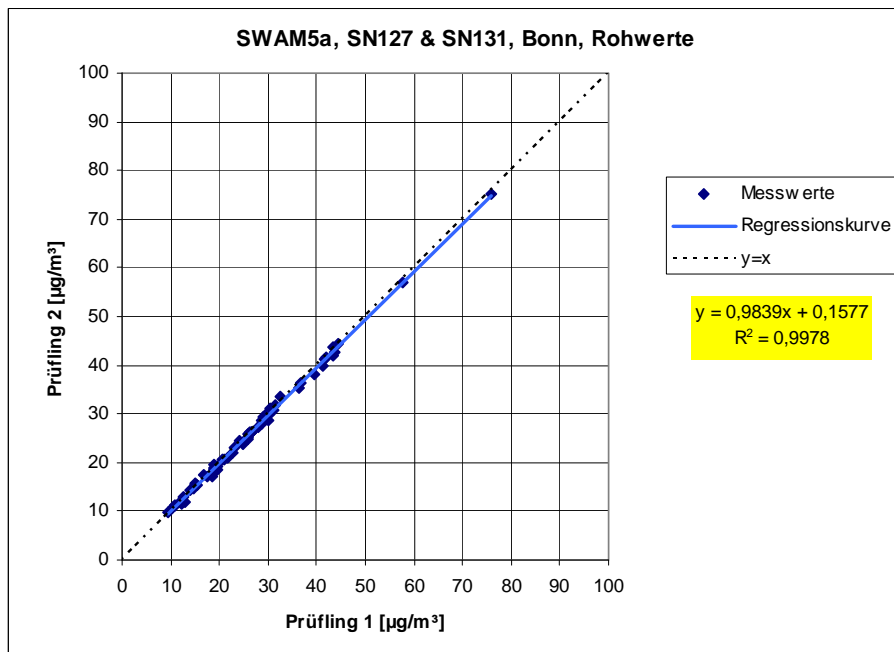


Abbildung 59: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

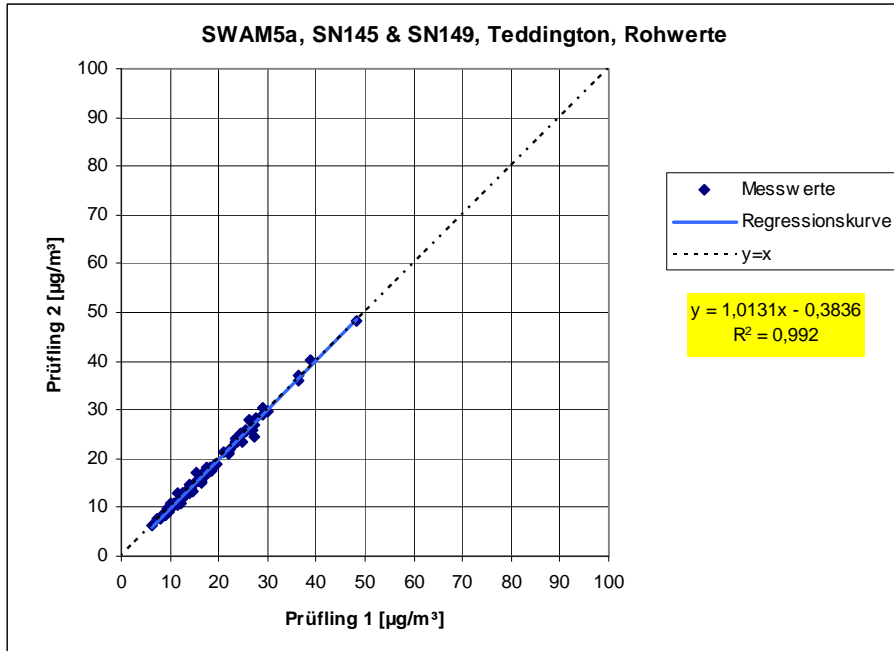


Abbildung 60: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Standort Teddington, Messkomponente PM10

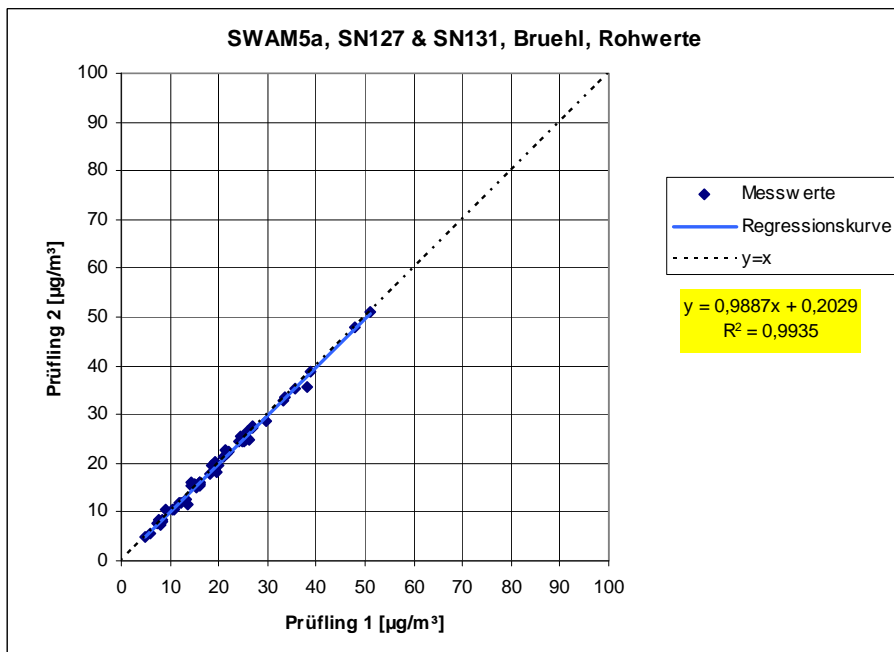


Abbildung 61: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Brühl, Messkomponente PM10

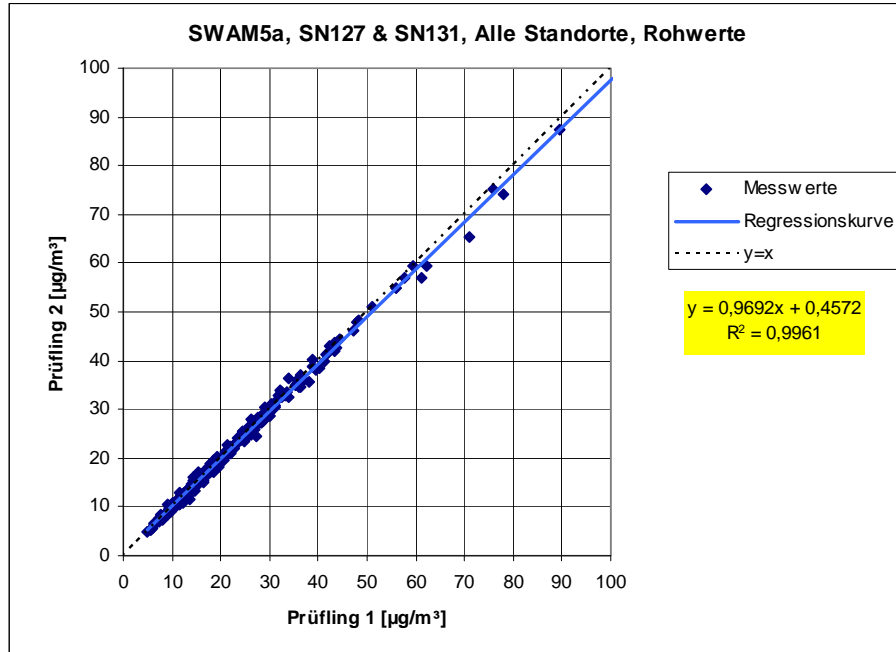


Abbildung 62: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Messkomponente PM10

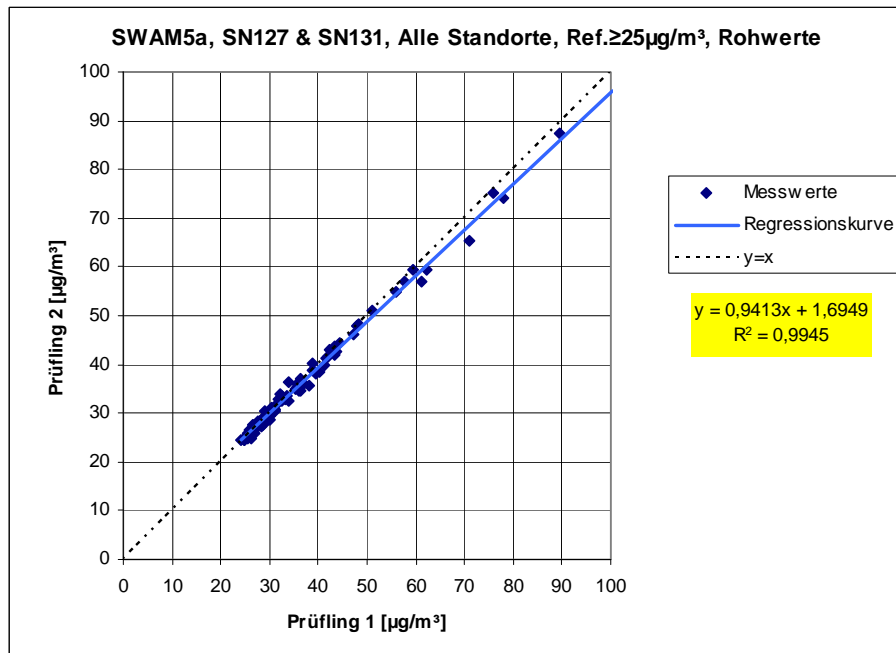


Abbildung 63: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte  $\geq 50$  % TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

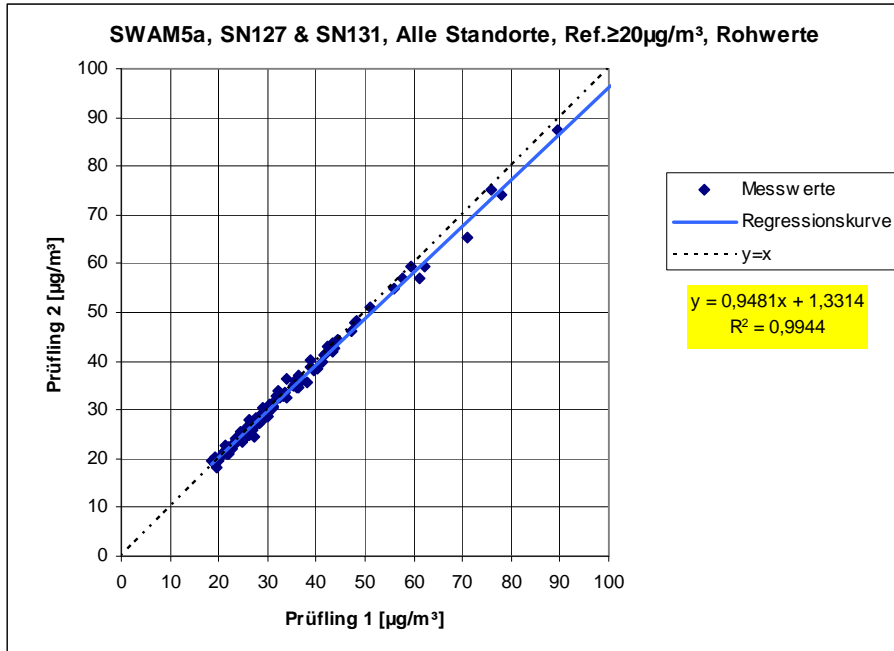


Abbildung 64: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10

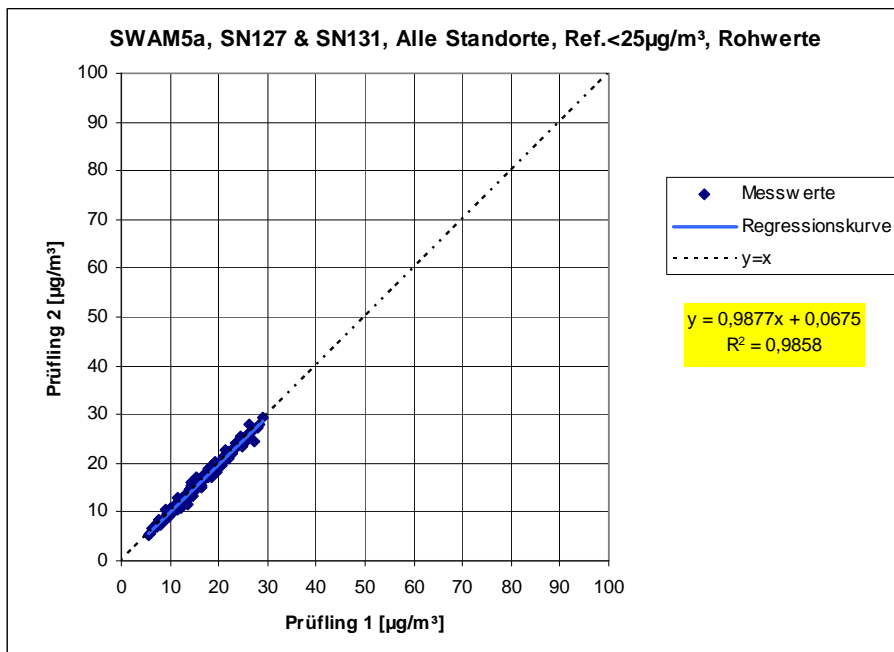


Abbildung 65: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte  $< 50\%$  TGW ( $< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10

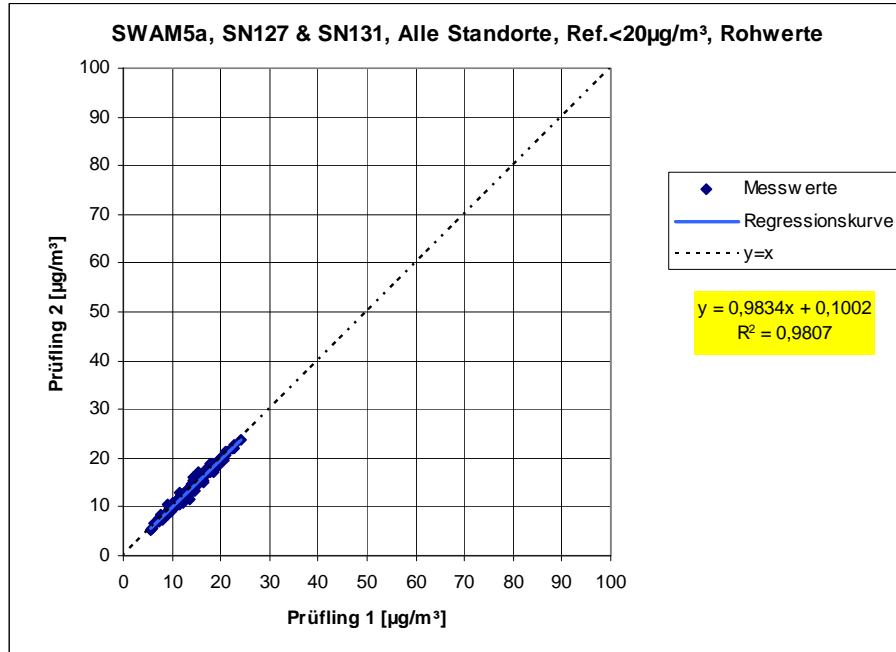


Abbildung 66: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte < 50 % JGW (< 20 µg/m³), Messkomponente PM10

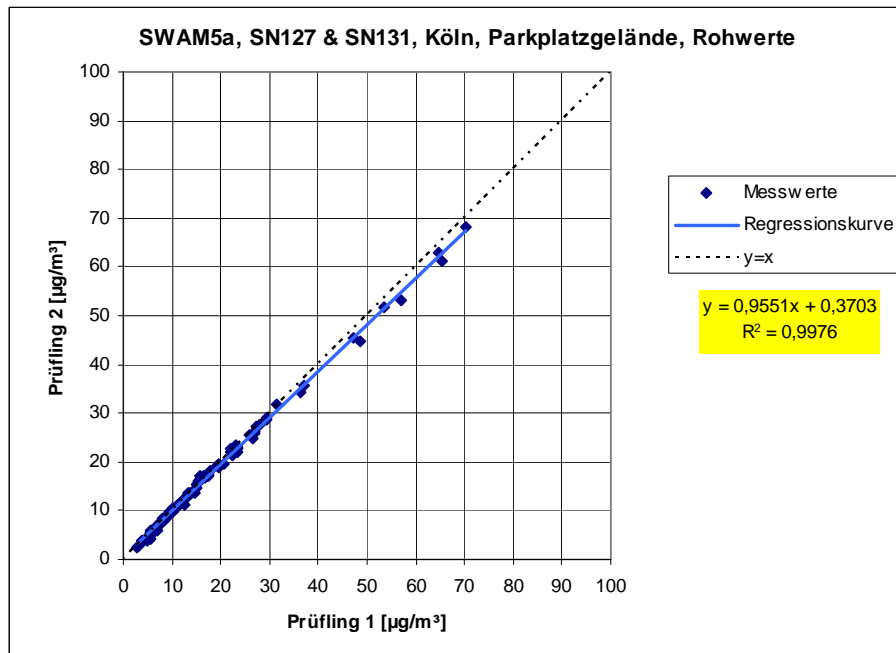


Abbildung 67: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM2,5



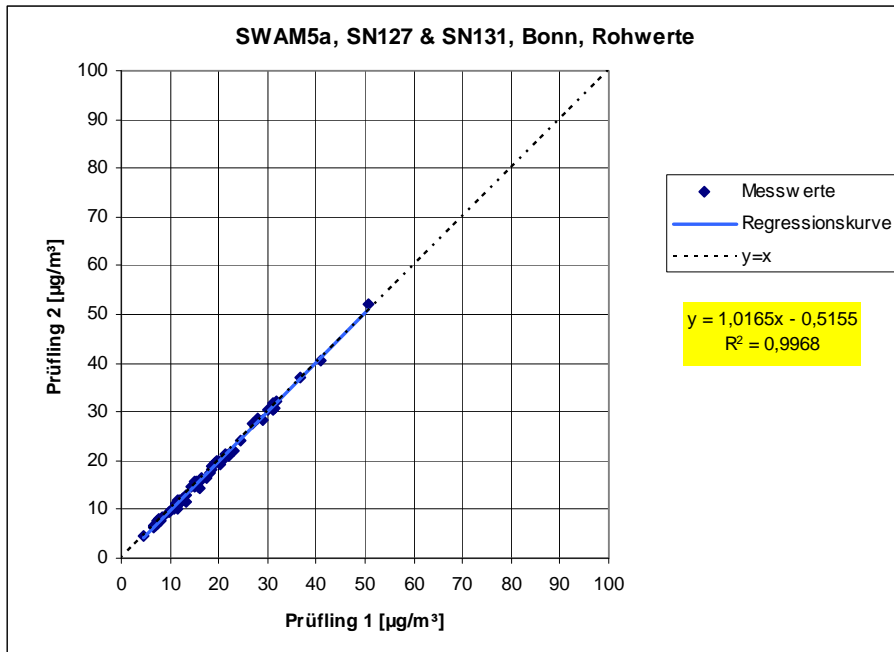


Abbildung 68: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM2,5

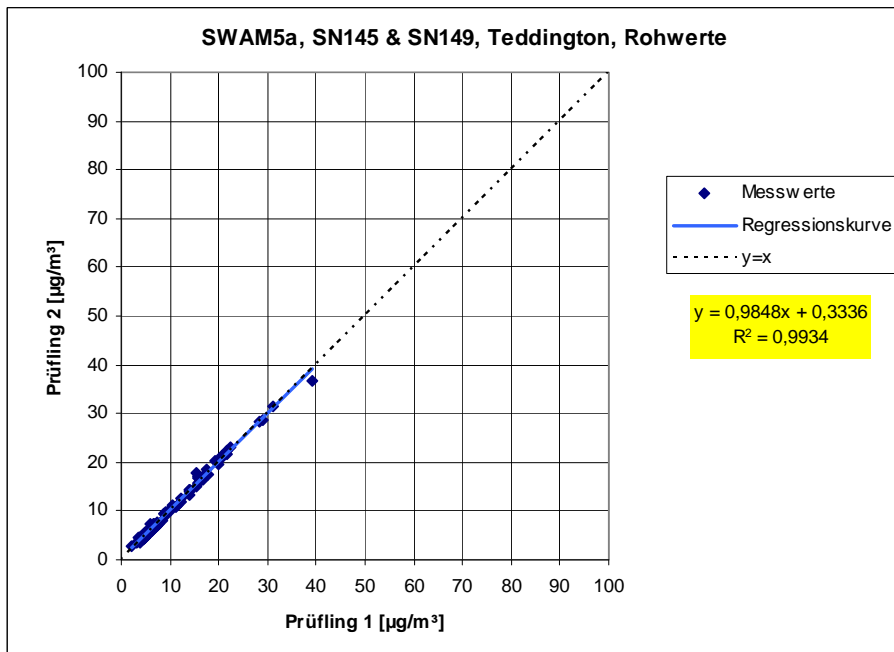


Abbildung 69: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Standort Teddington, Messkomponente PM2,5

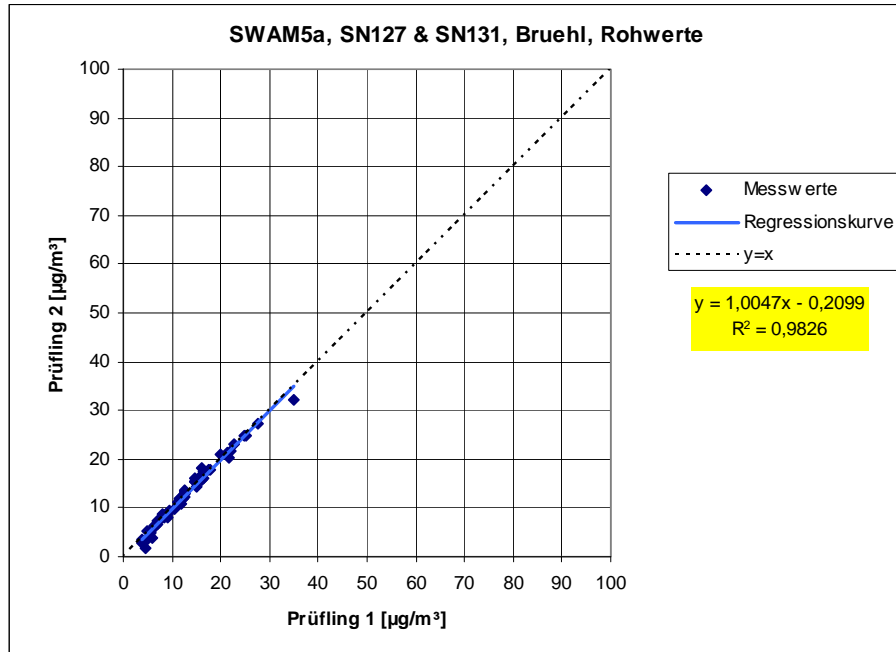


Abbildung 70: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Standort Brühl, Messkomponente PM2,5

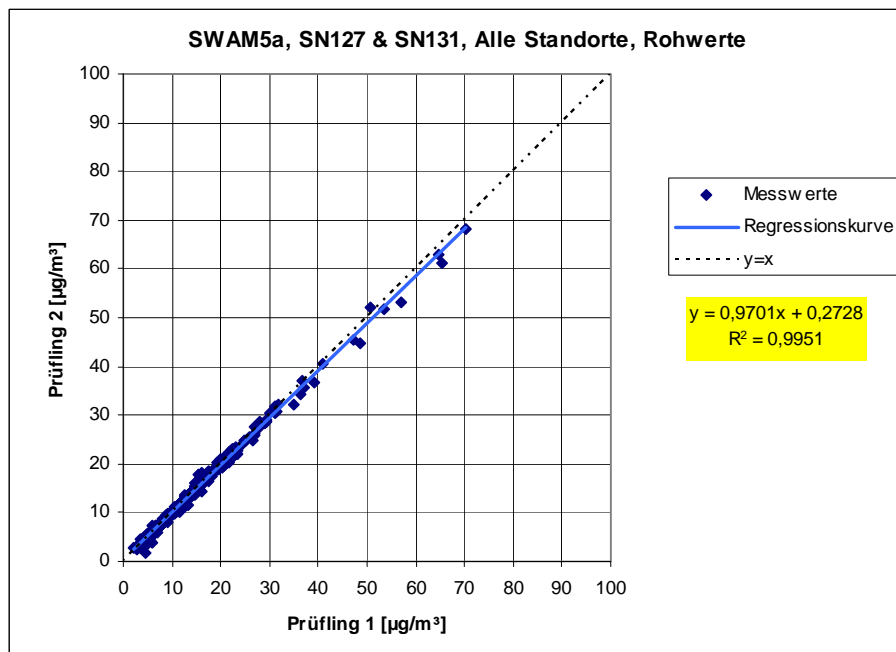


Abbildung 71: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Messkomponente PM2,5

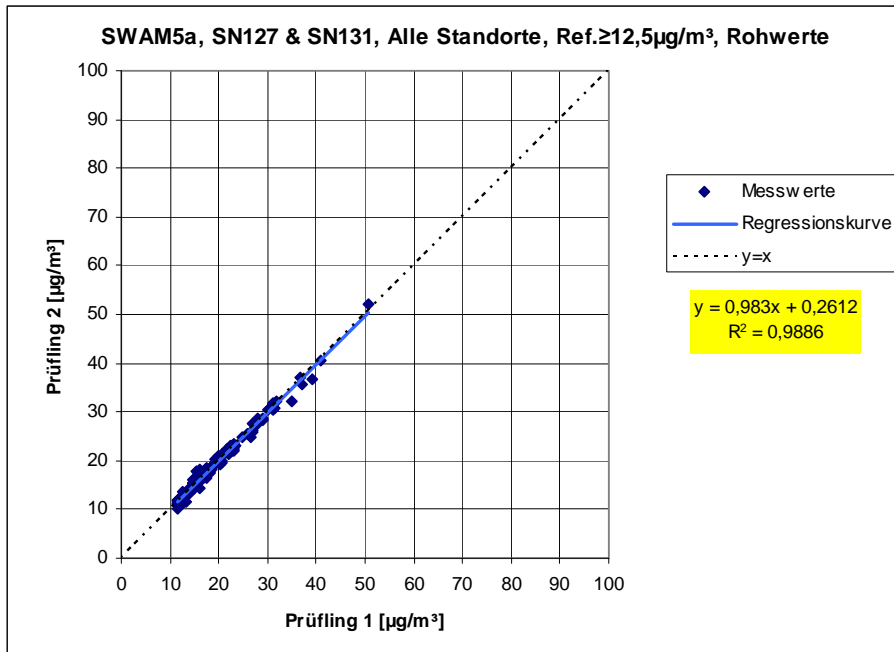


Abbildung 72: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW ( $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5

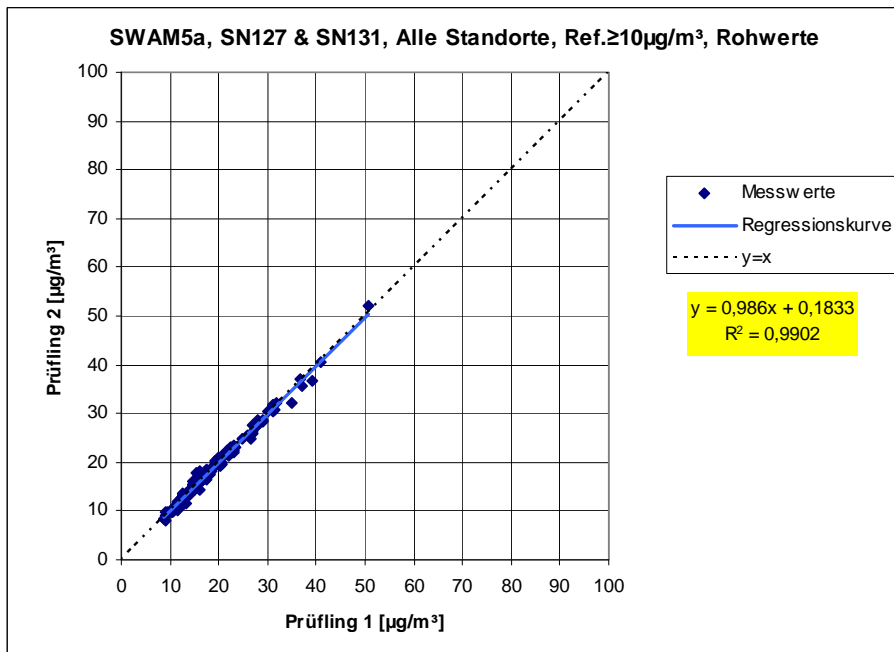


Abbildung 73: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW, Stufe 2 ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5

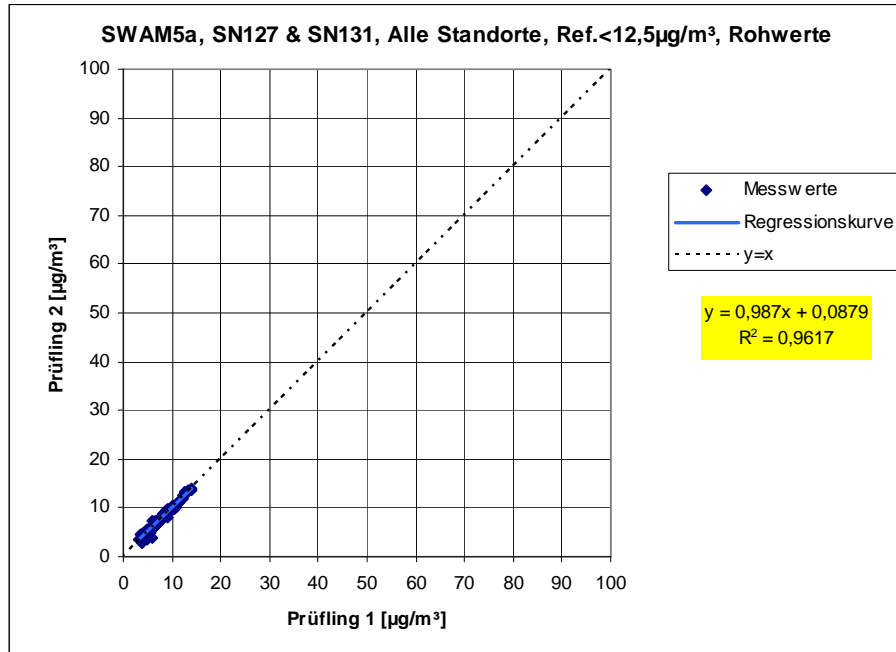


Abbildung 74: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte < 50 % JGW (< 12,5 µg/m³), Messkomponente PM2,5

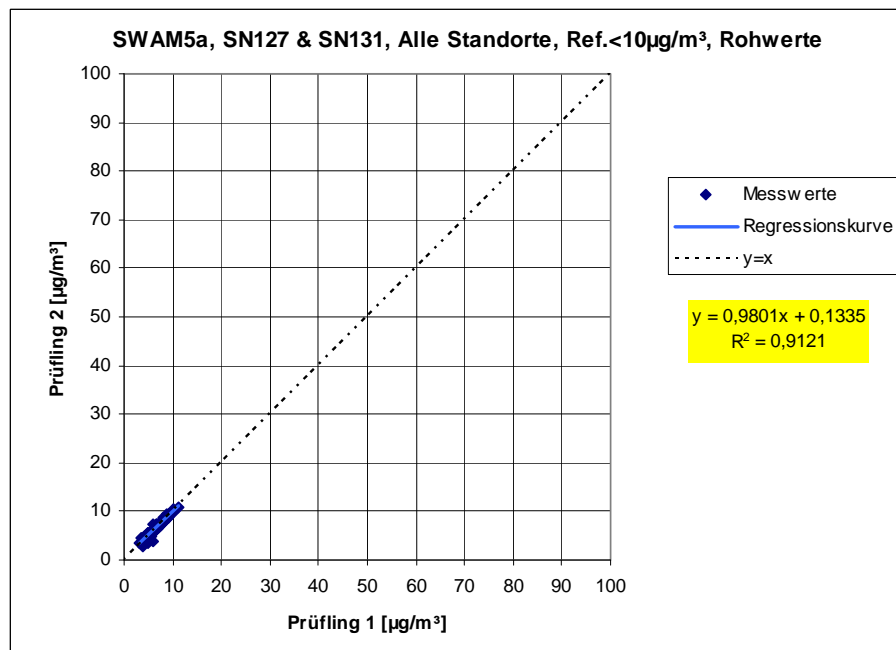


Abbildung 75: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, alle Standorte, Werte < 50 % JGW, Stufe 2 (< 10 µg/m³), Messkomponente PM2,5

## 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6]

*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 [1] zu vergleichen.*

## 7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 5 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

## 7.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest an vier verschiedenen Standorten durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM10 bzw. PM2,5 Konzentrationen berücksichtigt.

Es wurden an jedem Standort mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Standorte, 283 valide Messwertpaare für PM10, 201 valide Messwertpaare für PM2,5) liegen insgesamt 32,2 % / 47,3 % der Messwerte über 50 % des Grenzwertes für das Tages- bzw. Jahresmittel von 50 µg/m<sup>3</sup> / 40 µg/m<sup>3</sup> für PM10 sowie insgesamt 53,2 % bzw. 63,2 % der Messwerte über 50 % der Grenzwerte für das Jahresmittel von 25 µg/m<sup>3</sup> bzw. 20 µg/m<sup>3</sup> für PM2,5. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

## 7.4 Auswertung

[Punkt 9.5.2.2] Der Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge wird die Überprüfung der Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{ref}$  vorangestellt. Die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{ref}$  wird analog der Unsicherheit zwischen den Prüflingen bestimmt und muss  $\leq 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein. Die Ergebnisse der Auswertung sind unter Punkt 7.6 zu diesem Prüfpunkt dargestellt.

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 [6] hergestellt.

Die Regression wird berechnet für:

- Jeden Standort einzeln (PM10 & PM2,5)
- Alle Standorte gemeinsam (PM10 & PM2,5)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert, Stufe 1 von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Jahresmittelwert, Stufe 2 von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Zur weiteren Auswertung wird die Ergebnisunsicherheit  $u_{c_s}$  der Prüflinge aus dem Vergleich mit dem Referenzverfahren gemäß der folgenden Gleichung beschrieben, welche  $u_{c_s}$  als eine Funktion der Feinstaubkonzentration  $x_i$  beschreibt.

$$u_{c_s}^2(y_i) = \frac{\text{RSS}}{(n-2)} - u^2(x_i) + [a + (b-1)x_i]^2$$

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

$u(x_i)$  = zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens, sofern der Wert von  $u_{bs}$ , der für den Einsatz der Prüflinge berechnet wird, in diesem Test verwendet werden kann  
(siehe Punkt 7.1 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$ )

Algorithmen zur Berechnung des Achsabschnitts  $a$  sowie der Steigung  $b$  und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [6] ausführlich beschrieben.

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

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

Die Unsicherheit  $u_{c_s}$  wird berechnet für:

- Jeden Standort einzeln (PM10 & PM2,5)
- Alle Standorte gemeinsam (PM10 & PM2,5)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50\%$  des Grenzwertes für den Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50$  % des Grenzwertes für den Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50$  % des Grenzwertes für den Jahresmittelwert, Stufe 1 von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 50$  % des Grenzwertes für den Jahresmittelwert, Stufe 2 von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM2,5 (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

[Punkt 9.5.3] Für alle Datensätze wird die kombinierte Unsicherheit der Prüflinge  $w_{c,CM}$  durch Kombination der Beiträge aus 9.5.2.1 und 9.5.2.2 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 Grenzwert berechnet, wobei  $y_i$  als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

[Punkt 9.5.4] 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:

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

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

[Punkt 9.6] Die größte resultierende Unsicherheit  $W_{CM}$  wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [1] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1.  $W_{CM} \leq W_{d,qo}$  → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2.  $W_{CM} > W_{d,qo}$  → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit  $W_{d,qo}$  beträgt für Feinstaub 25 % [1].

## 7.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten  $W_{CM}$  liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 % für Feinstaub.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Im Rahmen der Prüfung wurde festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbela-  
stung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmes-  
sungen vorliegen. Als Ursache für das vor allem bei hohen Anteilen von Partikeln im Bereich  
um 10  $\mu\text{m}$  signifikant abweichende Abscheideverhalten der Referenzgeräte im Vergleich zu  
den Prüflingen konnte ein festgestellter Unterschied in der Bauausführung der Probenahme-  
köpfe (Impaktordüsen) ermittelt werden. Kapitel 5 und Anlage 2 zu diesem Bericht beschrei-  
ben in ausführlicher Form die gefundenen Ergebnisse und die Analyse und Bewertung dieser  
Abweichungen.

### **Wichtig!**

**Die Messkomponente PM2,5 ist von der beschriebenen Problematik in keiner Weise  
betroffen.**



## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 52 und Tabelle 53 zeigt einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten  $u_{ref}$  aus den Felduntersuchungen. In Tabelle 54 sowie in Tabelle 55 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Feldtestuntersuchungen. Tabelle 56 bis Tabelle 79 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der einzelnen Datensätze. Abbildung 76 bis Abbildung 89 zeigen die grafischen Darstellungen.

*Tabelle 52: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{ref}$ , Messkomponente PM10*

Referenz- geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs}$
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Köln, Parkplatz	102	1,12
	Bonn, Belderberg	65	0,53
	Teddington	80	0,40
	Brühl	58	0,77
	Alle Standorte	305	0,80

*Tabelle 53: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{ref}$ , Messkomponente PM2,5*

Referenz- geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs}$
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Köln, Parkplatz	46	0,67
	Bonn, Belderberg	43	0,46
	Teddington	81	0,33
	Brühl	46	0,49
	Alle Standorte	216	0,48

Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{ref}$  ist an allen Standorten  $< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

*Tabelle 54: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Felduntersuchungen, Messkomponente PM10, Rohdaten*

<b>PM10</b>	<b>Grenzwert</b>	<b>Steigung b</b>	<b>Achs- abschnitt a</b>	<b><math>u_{c,s}</math> am Grenzwert</b>	<b><math>w_{CM}</math></b>	<b><math>W_{CM}</math></b>	<b><math>W_{CM} \leq</math> <math>W_{dgo}</math></b>
<b>Standort</b>	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	%	%	$(W_{dgo} = 25 \%)$
Köln, Parkplatz	50	1,10	0,06	5,21	10,41	20,82	ja
	40	1,10	0,06	4,25	10,64	21,27	ja
Bonn	50	1,12	-1,11	5,29	10,57	21,14	ja
	40	1,12	-1,11	4,14	10,35	20,69	ja
Teddington	50	0,96	2,27	1,45	2,90	5,79	ja
	40	0,96	2,27	1,54	3,86	7,71	ja
Brühl	50	1,04	-1,82	1,62	3,24	6,48	ja
	40	1,04	-1,82	1,59	3,98	7,97	ja
Alle Standorte	50	1,08	-0,35	4,29	8,58	17,15	ja
	40	1,08	-0,35	3,57	8,92	17,85	ja
Werte $\geq 50 \%$ TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50	1,17	-3,64	5,13	10,25	20,51	ja
Werte $\geq 50 \%$ JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40	1,16	-3,17	3,79	9,48	18,96	ja

Tabelle 55: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Felduntersuchungen, Messkomponente PM2,5, Rohdaten

PM2,5 Standort	Grenzwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Steigung b $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	Achsabschnitt a $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$u_{c,s}$ am Grenzwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$W_{CM}$ %	$W_{CM}$ %	$W_{CM} \leq W_{dqo}$ ( $W_{dqo} = 25\%$ )
Köln, Parkplatz	25	0,98	-0,14	1,07	4,28	8,57	ja
	20	0,98	-0,14	1,03	5,17	10,34	ja
Bonn	25	1,01	-1,60	1,79	7,14	14,29	ja
	20	1,01	-1,60	1,82	9,11	18,22	ja
Teddington	25	0,97	1,28	1,41	5,66	11,31	ja
	20	0,97	1,28	1,48	7,39	14,77	ja
Brühl	25	0,97	-0,86	1,98	7,93	15,86	ja
	20	0,97	-0,86	1,86	9,32	18,64	ja
Alle Standorte	25	0,95	0,45	1,67	6,67	13,35	ja
	20	0,95	0,45	1,56	7,80	15,61	ja
Werte $\geq 50\%$ JGW 1 ( $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25	1,03	-1,46	-0,74	7,05	14,11	ja
Werte $\geq 50\%$ JGW 2 ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	20	1,01	-0,99	1,76	8,79	17,57	ja

*Tabelle 56: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,10</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,06</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,32</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>5,02</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>5,21</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>10,41</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>20,82</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 57: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,10</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,06</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,32</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>4,03</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>4,25</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>10,64</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>21,27</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 173 von 531

*Tabelle 58: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,12	signifikant		
Unsicherheit von b	0,02			
Achsabschnitt a	-1,11	signifikant		
Unsicherheit von a	0,55			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	5,02	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	5,29	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	10,57	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	21,14	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 59: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,12	signifikant		
Unsicherheit von b	0,02			
Achsabschnitt a	-1,11	signifikant		
Unsicherheit von a	0,55			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	3,79	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	4,14	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	10,35	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	20,69	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 60: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,96</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>2,27</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,40</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,11</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,45</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>2,90</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>5,79</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 61: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,96</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>2,27</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,40</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,54</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,54</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>3,86</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>7,71</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 175 von 531

*Tabelle 62: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m³*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	50	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,04</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,03</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,82</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,60</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,32</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,62</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>3,24</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>6,48</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 63: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m³*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	40	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,04</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,03</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,82</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,60</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,11</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,59</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>3,98</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>7,97</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 64: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,08</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,35</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,25</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>3,81</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>4,29</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>8,58</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>17,15</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 65: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,08</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,35</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,25</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>2,98</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>3,57</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>8,92</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>17,85</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 177 von 531

**Tabelle 66:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Grenzwert  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,17	signifikant		
Unsicherheit von b	0,02			
Achsabschnitt a	-3,64	signifikant		
Unsicherheit von a	0,78			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	4,64	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	5,13	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	10,25	%		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	20,51	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 67:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Grenzwert  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,16	signifikant		
Unsicherheit von b	0,02			
Achsabschnitt a	-3,17	signifikant		
Unsicherheit von a	0,58			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	3,13	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	3,79	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	9,48	%		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	18,96	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 68: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM2,5; Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	25	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,98</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,14</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,37</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,53</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,07</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>4,28</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>8,57</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 69: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 20 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	20	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,98</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,14</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,37</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,45</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,03</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>5,17</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>10,34</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 179 von 531

*Tabelle 70: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	25	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,60</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,45</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,37</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,79</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,14</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>14,29</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 71: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 20 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	20	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,60</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,45</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,41</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,82</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>9,11</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>18,22</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 72: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	25	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,97</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>1,28</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,26</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,55</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,41</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>5,66</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>11,31</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 73: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 20 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	20	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,97</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>1,28</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,26</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,70</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,48</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>14,77</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 181 von 531

*Tabelle 74: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	25	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,97</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,03</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,86</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,47</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,60</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,98</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,93</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>15,86</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 75: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 20 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	20	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,97</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,03</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,86</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,47</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,46</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,86</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>9,32</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>18,64</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 76: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 25 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	25	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,95</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,45</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,20</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,81</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,67</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>6,67</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>13,35</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 77: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, Grenzwert 20 µg/m<sup>3</sup>*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	20	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,95</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,45</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,20</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,56</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,56</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,80</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>15,61</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 183 von 531

**Tabelle 78:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50$  % JGW 1 ( $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5, Grenzwert  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	25	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,03</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,46</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,49</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,74</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,76</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>7,05</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>14,11</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 79:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50$  % JGW 2 ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5, Grenzwert  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	20	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,99</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,41</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,75</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,76</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>8,79</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>17,57</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

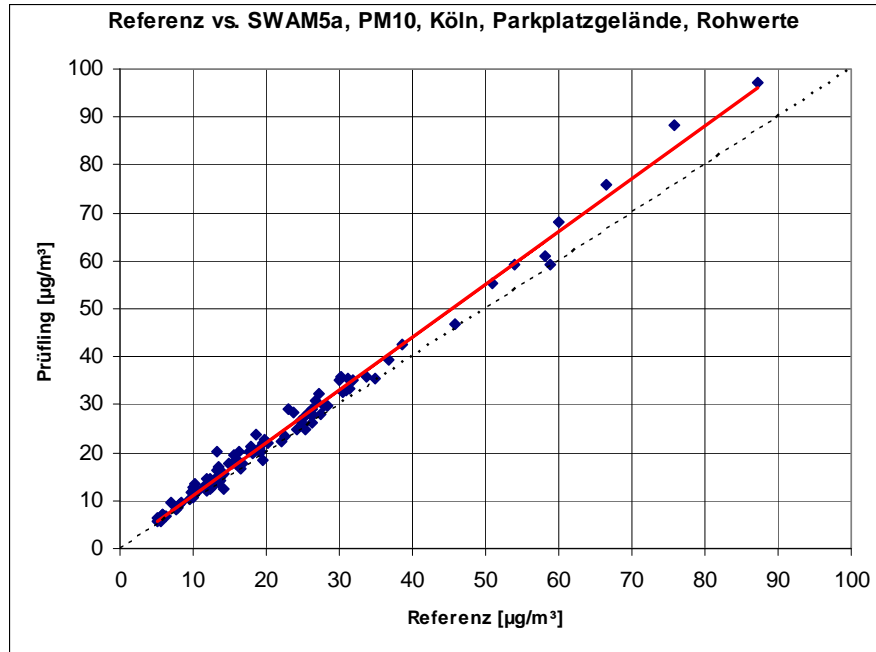


Abbildung 76: Referenz vs. Testgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10

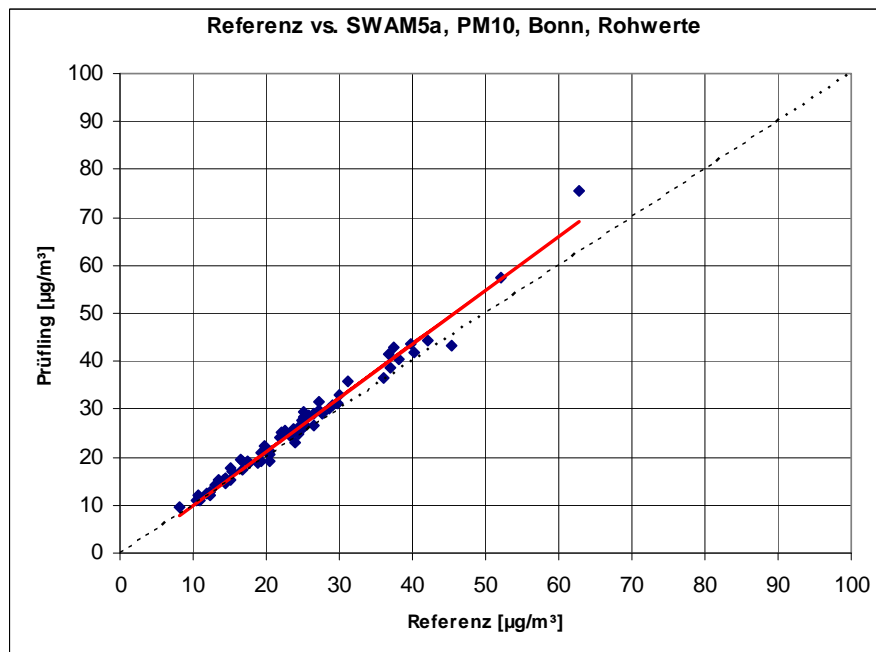


Abbildung 77: Referenz vs. Testgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10



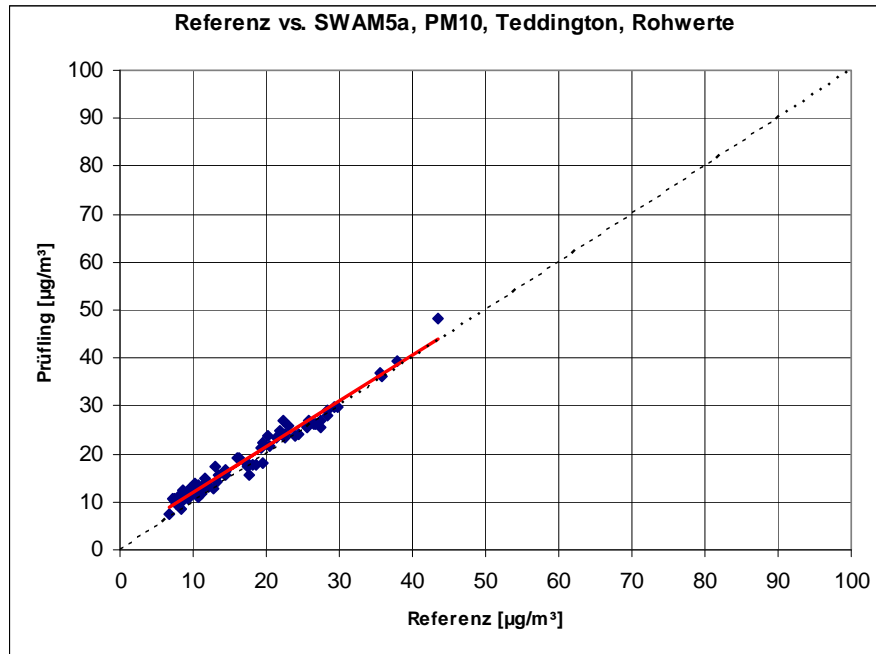


Abbildung 78: Referenz vs. Testgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10

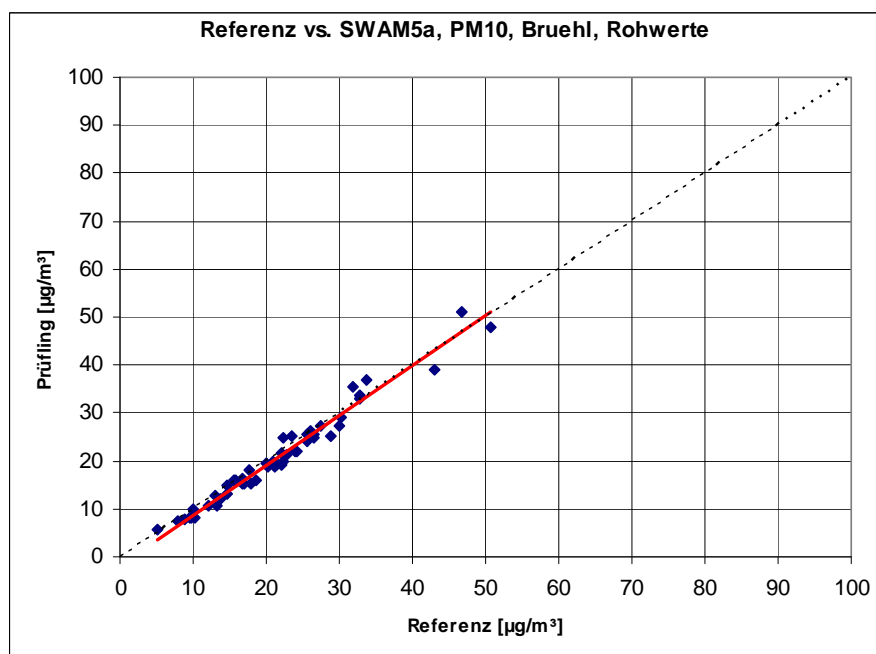


Abbildung 79: Referenz vs. Testgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10

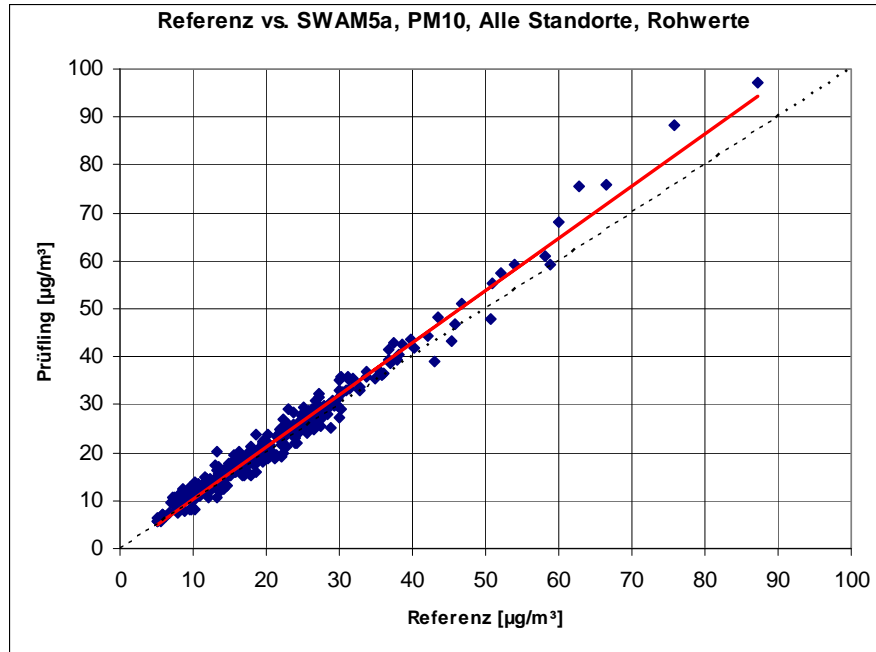


Abbildung 80: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10

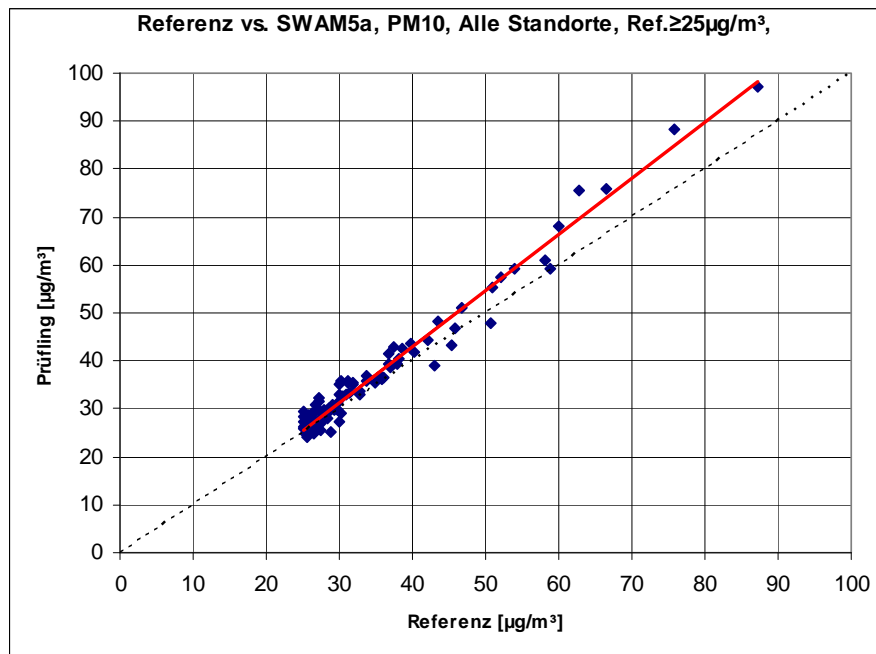


Abbildung 81: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10

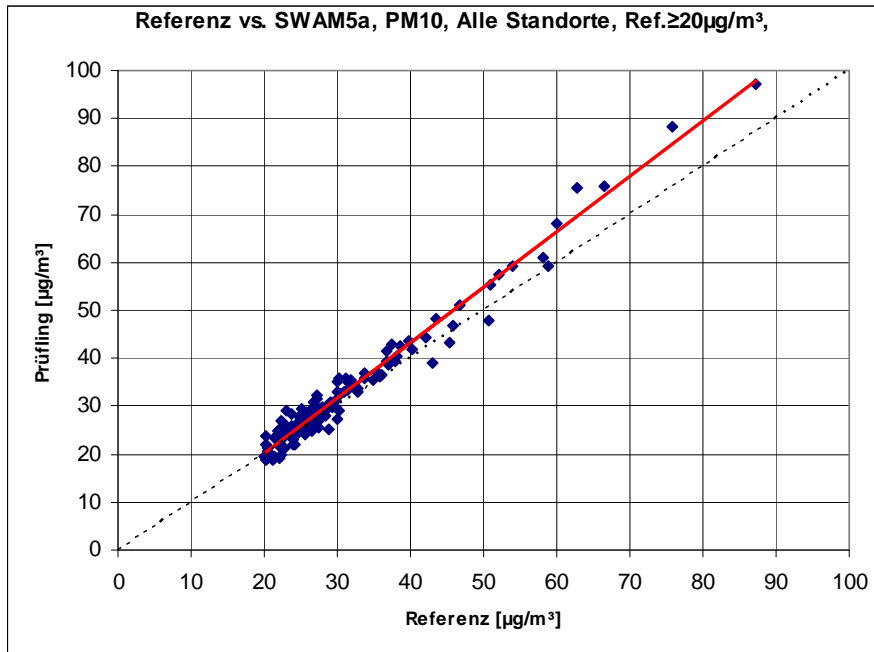


Abbildung 82: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10

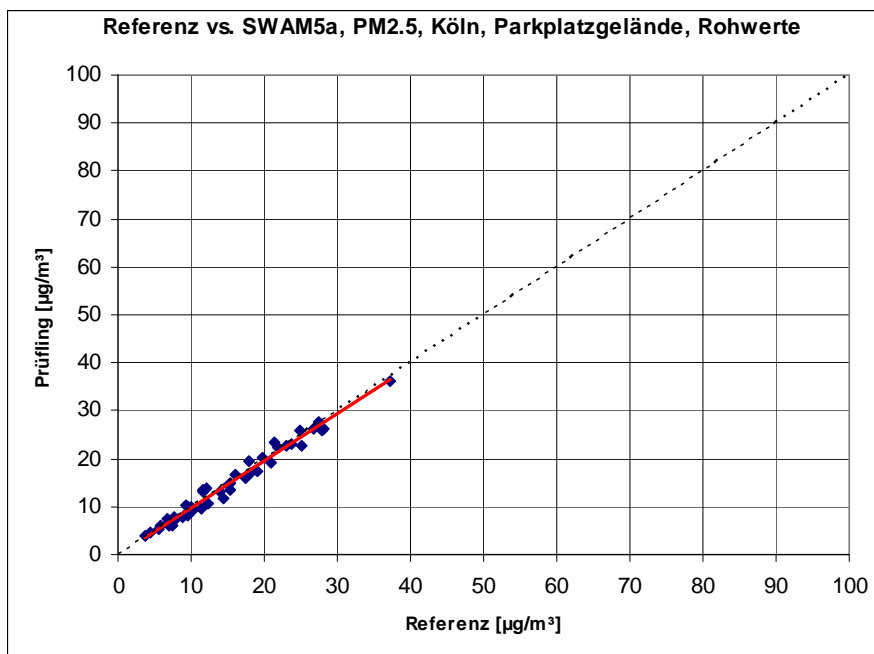


Abbildung 83: Referenz vs. Testgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM2,5

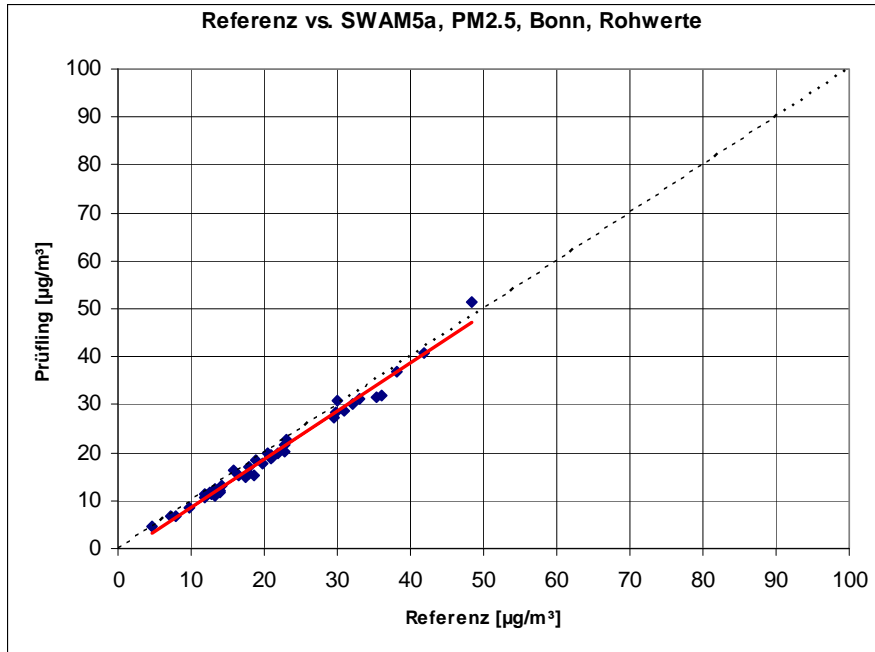


Abbildung 84: Referenz vs. Testgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM2,5

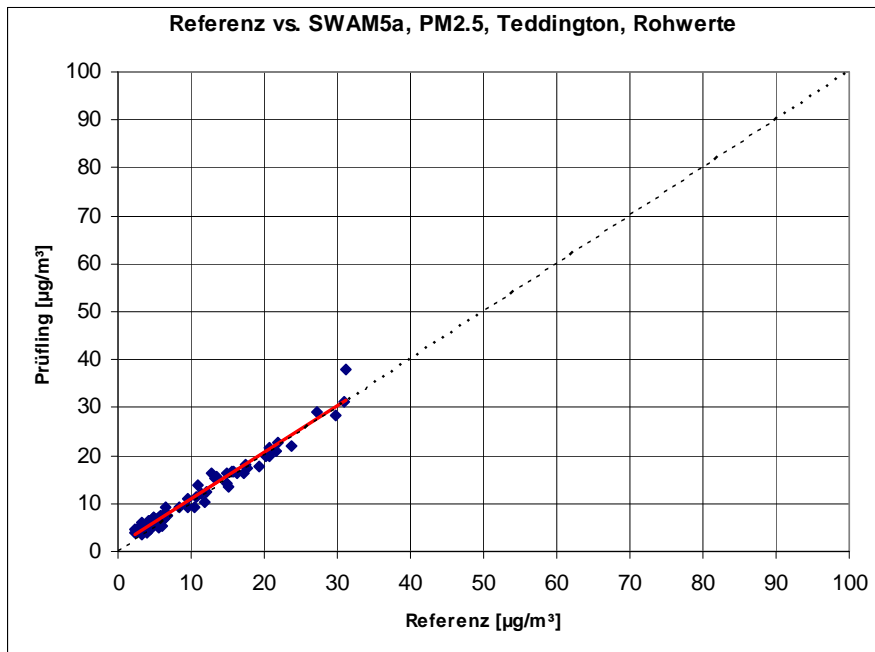


Abbildung 85: Referenz vs. Testgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM2,5

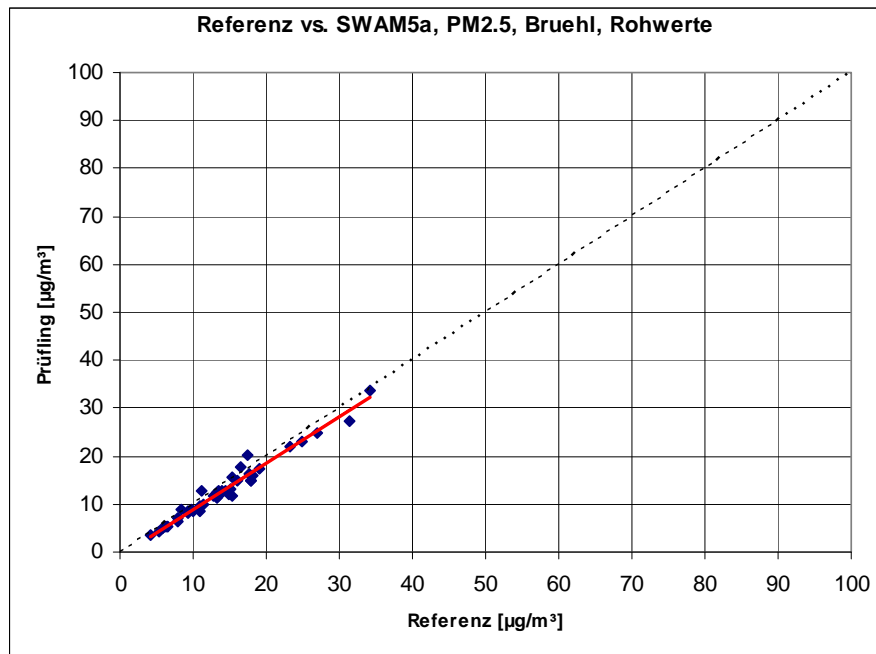


Abbildung 86: Referenz vs. Testgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM2,5

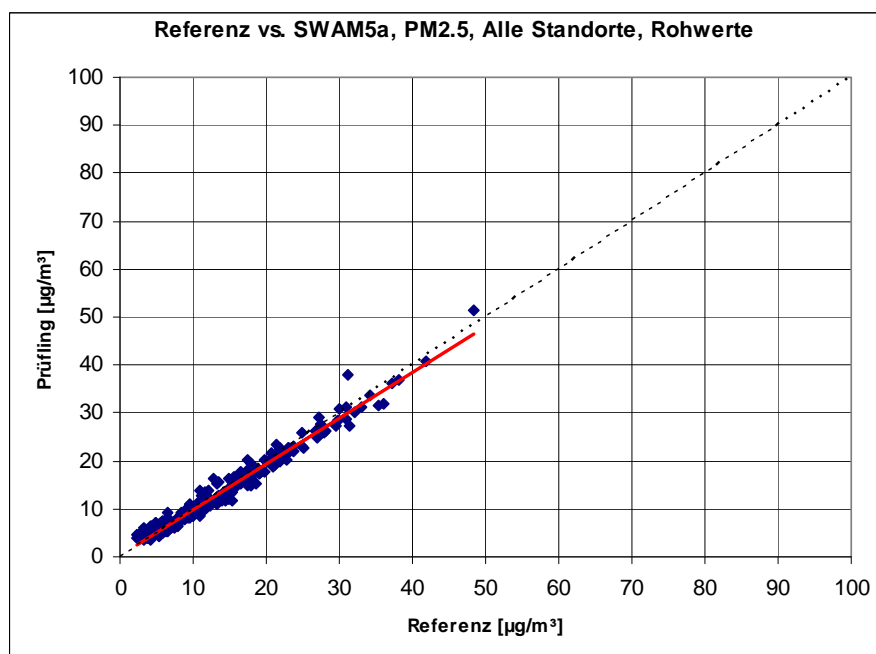


Abbildung 87: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5

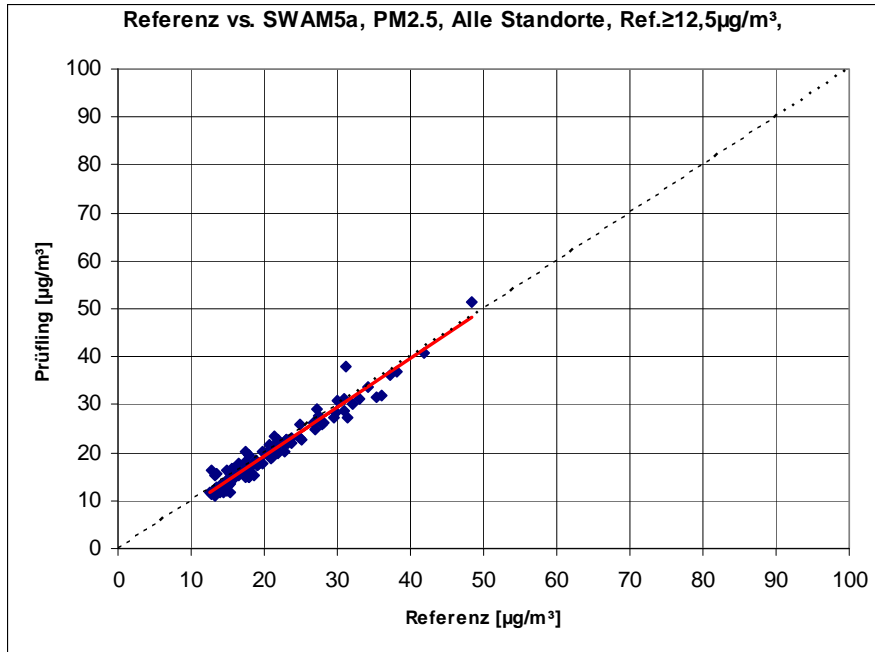


Abbildung 88: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW 1 ( $\geq 12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5

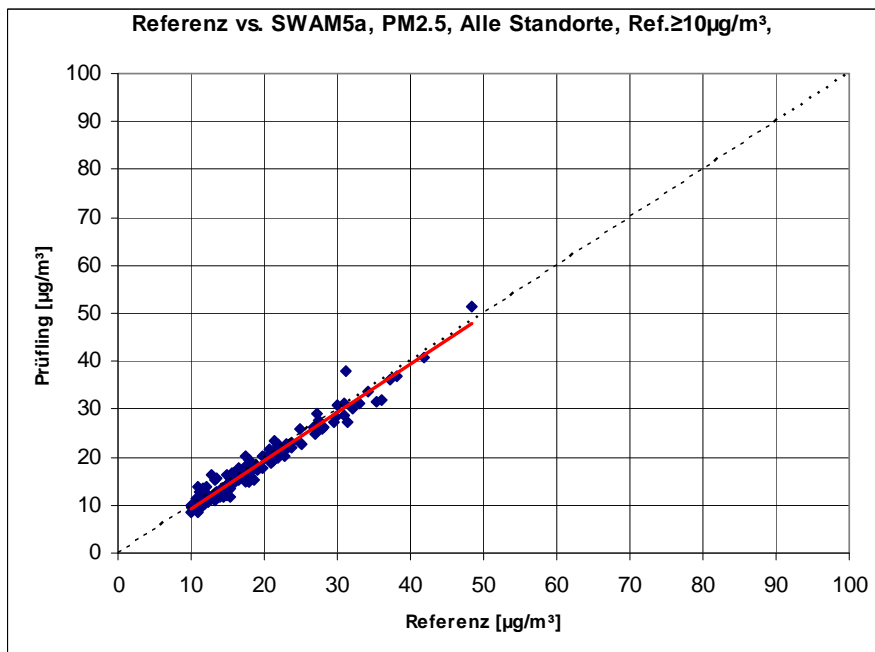


Abbildung 89: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW 2 ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM2,5

## 7.1 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen [9.7]

*Ist die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [1] festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.2.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ erfüllen.*

## 7.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 7.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Modul 9.5.2.2 – 9.5.6.

## 7.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß Modul 9.5.2.2 – 9.5.6 der Fall  $W_{CM} > W_{dqo}$  auf, d.h. Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet, dann ist es zulässig, einen Korrekturfaktor oder -term anzuwenden, der aus der Regressionsgleichung für den gesamten Datensatz resultiert. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen für alle Datensätze oder Teildatensätze erfüllen (siehe Modul 9.5.2.2 – 9.5.6).

Darüber hinaus kann eine Korrektur auch für den Fall, dass  $W_{CM} \leq W_{dqo}$  ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

a) Steigung b nicht signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| \leq 2u(b)$ ,

Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$

b) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$ ,

Achsenabschnitt a nicht signifikant von 0 verschieden:  $|a| \leq 2u(a)$

c) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$

Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$

zu a)

Der Wert des Achsenabschnittes a kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = y_i - a$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{c-s}^2(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + u^2(a)$$

mit  $u(a)$  = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes  $a$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [6] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 9.5.2.2 – 9.5.6 ermittelt.

zu b)

Der Wert der Steigung  $b$  kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i}{b}$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{c-s}^2(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 u^2(b)$$

mit  $u(b)$  = Unsicherheit der Originalsteigung  $b$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [6] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 9.5.2.2 – 9.5.6 ermittelt.

zu c)

Die Werte der Steigung  $b$  und des Achsenabschnittes  $a$  können als Korrekturterme verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i - a}{b}$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$



und

$$u_{c-s}^2(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 u^2(b) + u^2(a)$$

mit  $u(b)$  = Unsicherheit der Originalsteigung  $b$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln und mit  $u(a)$  = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes  $a$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [6] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 9.5.2.2 – 9.5.6 ermittelt

Die Werte für  $u_{c-s,corr}$  werden dann zur Berechnung der kombinierten relativen Unsicherheit der Prüflinge nach der Korrektur gemäß der folgenden Gleichung herangezogen:

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

Für den korrigierten Datensatz wird die Unsicherheit  $w_{c,CM,corr}$  am 24 h-Grenzwert berechnet, wobei  $y_i$  als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

Die erweiterte relative Unsicherheit  $W_{CM,corr}$  wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

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

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

Die größte resultierende Unsicherheit  $W_{CM,corr}$  wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [1] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1.  $W_{CM,corr} \leq W_{d,qo}$  → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2.  $W_{CM,corr} > W_{d,qo}$  → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit  $W_{d,qo}$  beträgt für Feinstaub 25 % [1].

## 7.5 Bewertung

Die Prüflinge erfüllen während der Prüfung die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren.

Eine Korrektur des gesamten Datensatzes kann zusätzlich durchgeführt werden, um mögliche Verbesserungspotentiale in der Genauigkeit der Prüflinge aufzuzeigen. Es wurde gezeigt, dass durch Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen die Genauigkeit der Prüflinge für die Messkomponente PM10 für den gesamten Datensatz von 17,85 % (Rohwerte) auf 19,37 % (Korrektur Achsabschnitt), 9,33 % (Korrektur Steigung) und 9,26 % (Korrektur Achsabschnitt und Steigung) sowie für die Messkomponente PM2,5 für den gesamten Datensatz von 15,61 % (Rohwerte) auf 17,87 % (Korrektur Achsabschnitt), 16,36 % (Korrektur Steigung) und 15,76 % (Korrektur Achsabschnitt und Steigung) geändert werden kann.

Für PM10 gilt es die Anmerkungen aus Punkt 5 und aus Anlage 2 zu beachten.

Für PM2,5 gibt es keine signifikanten Unterschiede in den jeweiligen Messunsicherheiten nach Anwendung der Korrekturfaktoren/-termen gibt

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 7.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 80 bis Tabelle 87 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen des gesamten Datensatzes nach Anwendung der möglichen Korrekturfaktoren/-terme.

*Tabelle 80: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, JGW = 40 µg/m<sup>3</sup>, Rohwerte*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,08</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,35</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,25</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>2,98</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>3,57</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>8,92</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>17,85</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 81: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, JGW = 40 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Achsabschnitt*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Korrektur Offset	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,08</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,25</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>3,33</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>3,87</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>9,68</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>19,37</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 195 von 531

*Tabelle 82: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, JGW = 40 µg/m³, Korrektur Steigung*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Steigung	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,30</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,24</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,34</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,87</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>4,67</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>9,33</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 83: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, JGW = 40 µg/m³, Korrektur Achsabschnitt und Steigung*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Offset und Steigung	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,02</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,24</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,02</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,85</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>4,63</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>9,26</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 84: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, JGW 2 = 20 µg/m³, Rohwerte*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	20	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,95</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,45</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,20</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,56</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,56</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,80</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>15,61</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 85: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, JGW 2= 20 µg/m³, Korrektur Achsabschnitt*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	20	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Offset	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0,95</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,20</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,01</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,79</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>8,93</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>17,87</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 197 von 531

*Tabelle 86: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, JGW 2 = 20 µg/m³, Korrektur Steigung*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	20	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Steigung	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,47</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,21</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,48</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,64</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>8,18</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>16,36</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 87: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM2,5, JGW 2 = 20 µg/m³, Korrektur Achsabschnitt und Steigung*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	20	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Offset und Steigung	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,21</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,00</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,58</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>7,88</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>15,76</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

## 8 Empfehlungen zum Praxiseinsatz

### Arbeiten im Wartungsintervall (4 Wochen)

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Überprüfung des Gerätestatus  
Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on line überwacht und kontrolliert werden.
- Die Probenahmeköpfe müssen nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind. Diese Arbeiten können parallel mit dem mindestens alle 2 Wochen notwendigen Austausch der Filter (bei Filtervorrat 36 Filter) durchgeführt werden.
- Monatliches Durchführen des geräteinternen BETA SPAN TESTs (Betrieb wird hierzu nicht unterbrochen) gemäß Handbuch, Kapitel 7.2.1)
- Monatliche Reinigung des Gerätes. In jedem Fall ist die Messeinrichtung nach jedem Messeinsatz zu reinigen.

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

Die Messeinrichtung führt standardmäßig bei jedem Messzyklus eine interne Dichtheitsprüfung sowie eine interne Überprüfung der Durchflussratenmessung durch. Sollten an dieser Stelle unzulässig hohe Abweichungen auftreten, so müssen diese Punkte zeitnah manuell überprüft und ggf. korrigiert werden.

Eine externe Überprüfung / Kalibrierung der Massenmessung ist nur notwendig im Falle von unzulässig hohen Abweichungen beim BETA SPAN TEST oder bei Gerätestörungen.

### Weitergehende Wartungsarbeiten

Über die regelmäßigen Wartungsarbeiten im Wartungsintervall hinausgehend sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

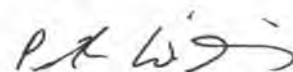
- Alle 3 Monate Kontrolle und ggf. Reinigung der Ansaugstange  
Nach erfolgter Wartung ist die Dichtigkeit der Messeinrichtung zu prüfen.
- Alle 6 Monate Kontrolle Ölstand und Filter des Druckluftkompressors
- Alle 12 Monate Wartung der Pumpe. Nach erfolgter Wartung ist der Luftdurchsatz mit Hilfe eines Durchflusstransferstandards zu überprüfen und ggf. nachzukalibrieren.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung



Karsten Pletscher



Dr. Peter Wilbring

Köln, 23.03.2009  
936/21207522/A

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [2] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002
- [3] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004
- [4] Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998
- [5] Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM 2,5-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005
- [6] Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom November 2005  
([http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/equivalence\\_report3.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/equivalence_report3.pdf))
- [7] VDI-Richtlinie 2463, Blatt 7, „Messen von Partikeln, Messen der Massenkonzentration (Immission), Filterverfahren, Kleinfiltergerät GS 050, 1982
- [8] Bedienungshandbuch SWAM 5a Dual Channel Monitor, Stand Juni 2008 – rev.20
- [9] Bedienungshandbuch SEQ47/50, Stand 2004
- [10] Bedienungshandbuch LVS3, Stand 2000
- [11] Bericht „UK Equivalence Programme for Monitoring of Particulate Matter“, Berichts-Nr.: BV/AQ/AD202209/DH/2396 vom 05.06.2006

## 10 Anlagen

**Anhang 1      Mess- und Rechenwerte**

- Anlage 1: Nachweisgrenze
- Anlage 2: Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes
- Anlage 3: Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit
- Anlage 4: Netzspannungsabhängigkeit
- Anlage 5: Messwerte aus den Feldteststandorten
- Anlage 6: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten
- Anlage 7: Software-Version SWAM 5a Dual Channel Monitor

**Anhang 2      Untersuchungen zum unterschiedlichen Abscheideverhalten der  
eingesetzten PM10-Probenahmeköpfe**

**Anhang 3      Verfahren zur Filterwägung**

**Anhang 4      Handbücher**



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Anlage 1

Nachweisgrenze

Blatt 1 von 1

Hersteller FAI Instruments s.r.l.					
Messbereich	0 bis 200	µg/m³		Temperatur Klimakammer	20 °C
Gerätetyp	SWAM5a			rel. Luftfeuchte Klimakammer	50%
Serien-Nr.	SN127 & SN131			Nullgas	schwebstaubfreie Nullluft über Absolut-Filter
Nr.	Datum	24-h-Messwerte [µg/m³]		24-h-Messwerte [µg/m³]	
		SN127, Linie A	SN 127, Linie B	SN131, Linie A	SN 131, Linie B
1	29.06.2007	0,10	0,30	0,00	0,40
2	30.06.2007	0,00	0,10	0,40	0,00
3	01.07.2007	0,00	0,20	0,00	0,00
4	02.07.2007	0,50	0,00	0,60	0,20
5	03.07.2007	0,50	0,50	0,00	0,00
6	04.07.2007	0,40	0,20	0,00	0,60
7	05.07.2007	0,50	0,60	0,40	0,50
8	06.07.2007	0,10	0,40	0,20	0,10
9	07.07.2007	0,30	0,50	0,20	0,20
10	08.07.2007	0,10	0,50	0,00	0,50
11	09.07.2007	0,30	0,60	0,00	0,00
12	10.07.2007	0,20	0,50	0,30	0,10
13	11.07.2007	0,50	0,40	0,40	0,10
14	12.07.2007	0,30	0,40	0,10	0,00
15	13.07.2007	0,60	0,50	0,30	0,30
16	14.07.2007	0,30	0,60	0,30	0,50
17	15.07.2007	0,00	0,50	0,50	0,50
18	16.07.2007	0,30	0,20	0,30	0,30
	Anzahl Werte	18	18	18	18
	Mittelwert	0,28	0,39	0,22	0,24
	Standardabweichung $s_{x_0}$	0,20	0,18	0,20	0,21
	Nachweisgrenze X	<b>0,69</b>	<b>0,77</b>	<b>0,64</b>	<b>0,69</b>

$$s_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

**Anlage 2**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt**

**Blatt 1 von 1**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.		Standards		Nullfilter			
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							
Gerätetyp		SWAM 5a Dual Channel Monitor							
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131							
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3		Mittelwert	
SN Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
1	20	0,0	-	0,1	-	0,0	-	0,03	-
2	5	0,5	0,5	0,2	0,1	0,7	0,7	0,47	0,4
3	20	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,13	0,1
4	40	0,3	0,3	0,5	0,4	1,0	1,0	0,60	0,6
5	20	0,2	0,2	0,7	0,6	0,0	0,0	0,30	0,3
SN Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
1	20	0,1	-	0,0	-	0,6	-	0,23	-
2	5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,5	-0,1	0,27	0,0
3	20	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	-0,2	0,27	0,0
4	40	0,5	0,4	0,7	0,7	0,7	0,1	0,63	0,4
5	20	0,4	0,3	0,4	0,4	0,0	-0,6	0,27	0,0
SN Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
1	20	0,0	-	0,1	-	0,4	-	0,17	-
2	5	0,2	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,23	0,1
3	20	0,0	0,0	0,3	0,2	0,0	-0,4	0,10	-0,1
4	40	0,7	0,7	0,8	0,7	0,6	0,2	0,70	0,5
5	20	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,40	0,2
SN Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
1	20	0,2	-	0,0	-	0,5	-	0,23	-
2	5	0,0	-0,2	0,4	0,4	0,0	-0,5	0,13	-0,1
3	20	0,0	-0,2	0,4	0,4	0,0	-0,5	0,13	-0,1
4	40	1,0	0,8	0,7	0,7	0,8	0,3	0,83	0,6
5	20	0,0	-0,2	0,6	0,6	0,2	-0,3	0,27	0,0

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit**

**Blatt 1 von 1**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.				Standards SN 127		3,405	mg/cm <sup>2</sup>	
Messbereich		0 bis 200 µg/m <sup>3</sup>				SN 131		6,810	mg/cm <sup>2</sup>	
Gerätetyp		SWAM 5a Dual Channel Monitor						3,405	mg/cm <sup>2</sup>	
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131						6,810	mg/cm <sup>2</sup>	
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3		Mittelwert		
SN 127, R1 Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	20	3,462	-	3,454	-	3,458	-	3,458	-	
2	5	3,487	0,7	3,488	1,0	3,490	0,9	3,488	0,9	
3	20	3,460	-0,1	3,454	0,0	3,457	0,0	3,457	0,0	
4	40	3,415	-1,4	3,412	-1,2	3,410	-1,4	3,412	-1,3	
5	20	3,448	-0,4	3,450	-0,1	3,450	-0,2	3,449	-0,3	
SN 127, R2 Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	20	6,845	-	6,840	-	6,840	-	6,842	-	
2	5	6,890	0,7	6,892	0,8	6,900	0,9	6,894	0,8	
3	20	6,840	-0,1	6,835	-0,1	6,838	0,0	6,838	-0,1	
4	40	6,762	-1,2	6,762	-1,1	6,761	-1,2	6,762	-1,2	
5	20	6,825	-0,3	6,831	-0,1	6,832	-0,1	6,829	-0,2	
SN 131, R1 Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	20	3,401	-	3,397	-	3,396	-	3,398	-	
2	5	3,361	-1,2	3,356	-1,2	3,365	-0,9	3,361	-1,1	
3	20	3,405	0,1	3,392	-0,1	3,393	-0,1	3,397	0,0	
4	40	3,305	-2,8	3,308	-2,6	3,297	-2,9	3,303	-2,8	
5	20	3,404	0,1	3,394	-0,1	3,392	-0,1	3,397	0,0	
SN 131, R2 Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	20	6,875	-	6,877	-	6,877	-	6,876	-	
2	5	6,843	-0,5	6,840	-0,5	6,839	-0,6	6,841	-0,5	
3	20	6,875	0,0	6,865	-0,2	6,866	-0,2	6,869	-0,1	
4	40	6,764	-1,6	6,751	-1,8	6,745	-1,9	6,753	-1,8	
5	20	6,873	0,0	6,870	-0,1	6,863	-0,2	6,869	-0,1	

**Anlage 4**

**Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit**

**Blatt 1 von 1**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.				Standards SN 127		3,405	mg/cm <sup>2</sup>	
Messbereich		0 bis 200 µg/m <sup>3</sup>				SN 131		3,405	mg/cm <sup>2</sup>	
Gerätetyp		SWAM 5a Dual Channel Monitor						6,810	mg/cm <sup>2</sup>	
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131						6,810	mg/cm <sup>2</sup>	
		Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3		Mittelwert		
SN Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	230	3,457	-	3,455	-	3,451	-	3,45	-	
2	210	3,453	-0,1	3,453	-0,1	3,448	-0,1	3,45	-0,1	
3	230	3,451	-0,2	3,450	-0,1	3,454	0,1	3,45	-0,1	
4	245	3,448	-0,3	3,446	-0,3	3,450	0,0	3,45	-0,2	
5	230	3,443	-0,4	3,454	0,0	3,448	-0,1	3,45	-0,2	
SN 127, R2	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	230	6,833	-	6,838	-	6,828	-	6,83	-	
2	210	6,833	0,0	6,830	-0,1	6,829	0,0	6,83	0,0	
3	230	6,833	0,0	6,829	-0,1	6,828	0,0	6,83	0,0	
4	245	6,826	-0,1	6,828	-0,1	6,825	0,0	6,83	-0,1	
5	230	6,821	-0,2	6,829	-0,1	6,826	0,0	6,83	-0,1	
SN 131, R1	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	230	3,396	-	3,399	-	3,401	-	3,40	-	
2	210	3,399	0,1	3,404	0,1	3,403	0,1	3,40	0,1	
3	230	3,401	0,1	3,398	0,0	3,406	0,1	3,40	0,1	
4	245	3,406	0,3	3,402	0,1	3,401	0,0	3,40	0,1	
5	230	3,402	0,2	3,400	0,0	3,405	0,1	3,40	0,1	
SN 131, R2	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Abw. [%]	
1	230	6,863	-	6,873	-	6,871	-	6,87	-	
2	210	6,871	0,1	6,875	0,0	6,874	0,0	6,87	0,1	
3	230	6,874	0,2	6,875	0,0	6,873	0,0	6,87	0,1	
4	245	6,874	0,2	6,873	0,0	6,874	0,0	6,87	0,1	
5	230	6,870	0,1	6,870	0,0	6,867	-0,1	6,87	0,0	

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 205 von 531

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 1 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
1	20.10.2007			18,0	20,2	25,2	15,9	20,8	16,4	21,0	Ausreisser Ref. PM2,5	Köln, Parkplatzgelände	
2	21.10.2007			18,1	19,8		15,8	20,2	17,1	20,1			
3	22.10.2007			21,6	22,9						Wassereinbruch SN127 Wassereinbruch SN127		
4	23.10.2007	23,1	20,9	24,4	26,6	33,5							
5	24.10.2007	27,1	29,2	30,7	32,0	42,1	26,8	34,0	26,1	32,4			
6	25.10.2007	24,2	25,8	26,7	28,3	36,1	23,2	28,6	22,4	27,7			
7	26.10.2007	21,8	24,5	27,7	28,9	40,8	22,8	30,2	22,4	29,5			
8	27.10.2007			33,9	35,9		29,5	36,0	28,8	34,7			
9	28.10.2007			34,4	35,7						Wechsel auf Winterzeit Wechsel auf Winterzeit NP/RP-Check		
10	29.10.2007												
11	30.10.2007												
12	31.10.2007	22,8	24,6	26,4	28,2	36,6	23,1	31,7	23,3	32,7			
13	01.11.2007			29,1	31,3		27,3	35,6	27,2	36,0			
14	02.11.2007			29,1	31,0		21,9	34,0	22,8	36,3			
15	03.11.2007			23,7	23,8		17,9	28,5	18,0	28,1			
16	04.11.2007			16,9	19,1		11,8	21,4	11,8	21,3			
17	05.11.2007	14,5	16,1	18,4	18,9	30,4	13,5	24,0	13,6	23,7			
18	06.11.2007	10,8	11,9	15,8	16,8	24,8	9,6	20,7	9,8	19,7			
19	07.11.2007	15,0	15,0	23,1	23,0	32,7	14,7	29,1	14,4	29,2			
20	08.11.2007	9,5	10,6	13,5	14,7	19,6	10,0	15,8	9,8	15,7			
21	09.11.2007	7,1	7,1	10,0	10,6	15,5	7,0	13,4	6,8	13,7			
22	10.11.2007			9,8	10,3		7,5	13,0	7,5	12,7			
23	11.11.2007			6,3	7,8		5,4	9,6	5,8	9,3			
24	12.11.2007	8,8	9,6	15,1	16,2	25,6	10,2	19,5	10,6	19,5			
25	13.11.2007	11,7	11,7	15,8	15,7	19,9	13,2	17,9	13,5	17,6			
26	14.11.2007	12,2	12,2	14,7	14,9	22,8	14,0	17,8	13,7	17,5			
27	15.11.2007	17,6	18,5	22,4	25,8	32,1	19,7	25,3	19,5	24,3			
28	16.11.2007	27,5	27,2	35,0	38,3	50,7	28,0	40,1	27,7	38,6			
29	17.11.2007			55,7	60,5		47,3	62,4	45,4	59,4			
30	18.11.2007	16,0	16,3	17,4	21,5	22,7	16,3	18,3	17,3	18,8			

**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 2 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.		
Messbereich		0 bis 200 µg/m³												
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor												
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort		
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]				
31	19.11.2007	21,6	22,3	24,5	28,3	28,6	22,6	26,3	22,1	26,2		Köln, Parkplatzgelände		
32	20.11.2007			22,5	27,5		22,3	26,2	21,4	25,5				
33	21.11.2007			24,0	28,0		21,9	28,1	22,1	27,9				
34	22.11.2007	20,8	22,2	26,2	29,5	30,7	23,4	29,6	23,1	30,2				
35	23.11.2007	17,0	17,8	24,1	28,4	36,6	15,5	27,7	16,1	28,1				
36	24.11.2007			23,8	28,2		16,0	27,9	16,3	28,2				
37	25.11.2007			13,8	14,4		5,6	12,0	6,1	12,5				
38	26.11.2007			15,3	15,4		8,3	17,5	8,1	17,7				
39	27.11.2007	18,2	18,3	26,5	27,1		16,8	31,0	16,9	30,4				
40	28.11.2007	20,1	21,6	26,4	26,2	35,4	19,3	28,3	19,1	27,3				
41	29.11.2007			19,2	19,7		14,8	22,3	13,8	22,0				
42	30.11.2007			14,0	13,8		8,4	15,1	8,2	15,5				
43	01.12.2007			10,0	9,6		4,7	11,5	4,2	11,7				
44	02.12.2007			6,0	5,7		2,9	7,3	2,5	7,0				
45	03.12.2007			10,6	10,8		5,4	12,6	5,7	11,5				
46	04.12.2007	9,4	9,4	13,2	13,9	20,8	8,1	17,0	8,4	16,9				
47	05.12.2007	6,8	7,0	11,9	12,8	18,6	6,1	14,9	5,6	14,2				
48	06.12.2007			5,8	7,6						NP/RP-Check			
49	07.12.2007	7,4	7,8	13,3	13,4	22,5	7,0	16,5	7,2	16,2				
50	08.12.2007			8,0	8,5		4,8	9,4	3,8	9,3				
51	09.12.2007			5,6	5,9		3,9	7,1	3,8	7,1				
52	10.12.2007	11,2	12,3	17,7	17,5	22,9	13,2	20,4	13,1	19,8				
53	11.12.2007			13,2	13,3		12,1	20,4	11,5	19,8				
54	12.12.2007	26,5	27,1	32,6	31,2		26,8	35,4	25,7	35,0				
55	13.12.2007	15,2	15,6	18,9	17,8		14,9	20,3	15,2	20,3				
56	14.12.2007	13,8	14,0	17,0	15,8		13,5	17,9	13,1	17,4				
57	15.12.2007			17,2	16,2		14,9	17,7	14,5	17,7				
58	16.12.2007			25,0	24,5		23,4	26,7	22,8	26,2				
59	17.12.2007	25,0	24,6	31,1	31,0		26,7	36,2	24,9	34,8				
60	18.12.2007			66,9	66,3		57,1	77,9	53,1	74,0				

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 207 von 531

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 3 von 24

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
61	19.12.2007			77,0	74,9		64,8	89,6	63,0	87,3		Köln, Parkplatzgelände	
62	20.12.2007			88,2	86,3		70,3	100,4	68,2	94,2			
63	21.12.2007			53,5	54,2		53,5	61,0	51,6	57,1			
64	22.12.2007			59,4	60,6		65,3	70,8	61,2	65,2			
65	23.12.2007			58,6	59,2		48,6	59,3	44,6	59,4			
66	24.12.2007			25,2	25,5		23,4	24,9	21,9	24,5			
67	25.12.2007			30,3	30,6		29,3	32,6	29,1	32,4			
68	26.12.2007			33,6	34,0		31,4	36,1	31,9	35,8			
69	27.12.2007			12,3	12,7		10,9	12,7	10,7	12,5			
70	28.12.2007			12,0	12,7		11,2	12,8	11,3	12,1			
71	29.12.2007			8,9	10,0		7,2	10,0	6,7	10,4			
72	30.12.2007			16,2	16,0		9,8	17,7	9,8	18,9			
73	31.12.2007	37,2	37,2	46,0	45,6		37,0	47,3	35,6	46,1			
74	01.01.2008			22,7	22,5		19,6	23,4	19,0	23,3			
75	02.01.2008			19,4	19,3		17,3	20,2	17,0	20,1			
76	03.01.2008	19,8	19,8	21,9	22,4		20,5	22,7	19,7	22,1			
77	04.01.2008						23,1	26,5	22,7	26,4			
78	05.01.2008						7,0	11,2	6,0	11,4			
79	06.01.2008										Filtervorrat erschöpft Filtervorrat erschöpft NP/RP-Check		
80	07.01.2008												
81	08.01.2008												
82	09.01.2008	8,3	9,2	12,4	13,4	13,9	7,6	14,9	7,8	14,5			
83	10.01.2008	9,4	9,6	11,3	12,1	13,0	9,1	12,8	8,7	13,3			
84	11.01.2008	6,0	5,4	7,5	8,3	10,0	6,0	8,8	6,0	8,2			
85	12.01.2008			14,1	12,7		9,1	13,8	9,0	13,8			
86	13.01.2008			16,2	16,6		12,8	16,8	13,0	16,8			
87	14.01.2008	10,3	8,8	13,2	13,6	14,5	10,1	14,3	9,9	14,0			
88	15.01.2008	4,6	4,1	7,0	5,8	8,3	4,8	6,6	4,7	6,7			
89	16.01.2008	6,8	6,6	10,0	10,1	11,9	7,4	12,1	7,4	12,3			
90	17.01.2008	7,2	7,6	12,3	11,7	14,0	5,9	12,8	6,1	13,0			

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 4 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
91	18.01.2008			12,0	11,8		5,7	14,4	4,3	14,5		Köln, Parkplatzgelände	
92	19.01.2008	3,4	4,2	5,6	4,4	8,5	4,0	6,3	3,8	6,6			
93	20.01.2008			5,7	5,3		3,7	5,7	3,4	5,4			
94	21.01.2008	5,6	5,4	8,5	8,4	10,4	5,6	9,9	5,4	9,0			
95	22.01.2008			20,3	19,4		9,4	22,7	9,6	22,8			
96	23.01.2008	12,2	12,4	20,6	20,0	20,4	10,8	22,2	10,5	21,9			
97	24.01.2008	14,1	14,7	26,7	26,0	31,5	12,5	29,5	11,1	28,7			
98	25.01.2008	10,1	10,3	18,3	18,0	21,7	9,0	20,0	9,2	20,0			
99	26.01.2008			26,3	25,5		17,1	28,4	17,0	28,6			
100	27.01.2008			31,6	30,3		17,3	32,1	17,0	33,8			
101	28.01.2008	27,5	28,3	39,2	38,1	44,2	25,9	42,5	25,6	42,9			
102	29.01.2008			51,0	50,8		36,2	55,8	34,4	55,0			
103	30.01.2008	18,8	19,4	24,7	25,7	25,4	17,4	27,2	17,5	27,3			
104	31.01.2008			7,7	7,7		5,6	8,4	5,6	8,1			
105	01.02.2008			10,8	10,2		5,4	11,9	5,0	12,1			
106	02.02.2008			13,4	14,2		7,1	14,1	6,8	14,4			
107	03.02.2008			11,5	12,2		9,1	11,9	8,9	12,3			
108	04.02.2008	7,6	7,6	9,7	10,4	8,7	8,1	10,9	7,7	10,3			
109	05.02.2008			5,2	5,3		3,3	5,8	2,8	5,7			
110	14.02.2008	32,6	33,3	38,2	38,2	54,0	31,6	41,2	30,9	39,8		Bonn	
111	15.02.2008			15,0	15,5		11,6	16,7	11,9	17,5			
112	16.02.2008			18,3	19,2		15,0	19,0	14,9	18,6			
113	17.02.2008	30,3	29,9	37,7	37,4	47,6	31,0	43,5	30,4	42,0			
114	18.02.2008	48,4	48,5	63,0	62,4	81,2	50,8	75,8	52,2	75,1			
115	19.02.2008	41,7	42,1	52,0	51,9	60,4	40,7	57,7	40,6	56,9			
116	20.02.2008	38,8	37,6	41,6	42,6	44,4	36,6	44,2	37,1	44,4			
117	21.02.2008	30,7	31,0	39,9	39,5	56,5	29,0	43,5	28,5	43,9			
118	22.02.2008	17,8	17,9	24,8	25,1	41,8	15,5	27,9	15,7	27,2			
119	23.02.2008			27,4	27,2		21,4	29,6	21,5	30,1			
120	24.02.2008			30,1	29,2		24,4	31,3	24,0	30,9			



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 209 von 531

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 5 von 24

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.										Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.		
Messbereich		0 bis 200 µg/m³													
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor													
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort			
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]					
121	25.02.2008	19,0	18,8	24,1	24,6	38,3	18,6	26,1	18,3	26,1		Bonn			
122	26.02.2008	12,5	13,0	23,9	23,4	40,1	11,6	25,9	11,4	25,7					
123	27.02.2008	18,8	18,6	27,6	27,8	42,3	16,2	29,0	14,5	29,3					
124	28.02.2008	20,8	21,5	28,4	30,0	38,4	19,1	30,5	19,4	31,0					
125	29.02.2008	9,8	9,8	14,7	14,0	23,4	8,2	14,7	8,5	14,5					
126	01.03.2008			15,6	14,8		7,2	15,1	6,9	15,4					
127	02.03.2008			23,3	23,1		11,2	24,1	10,9	24,5					
128	03.03.2008	12,9	13,5	20,1	19,6	32,3	13,3	22,8	11,7	22,1					
129	04.03.2008	13,9	14,4	22,2	22,2	42,2	13,4	25,9	13,0	24,8					
130	05.03.2008	16,2	15,2	26,1	25,4	41,0	16,4	28,7	16,0	28,6					
131	06.03.2008	20,8	21,1	30,0	30,2	42,3	18,7	32,5	18,8	33,5					
132	07.03.2008	16,9	15,9	25,5	24,5	39,7	15,2	28,6	15,6	27,9					
133	08.03.2008			20,7	20,1		14,4	20,6	14,6	20,7					
134	09.03.2008			11,5	9,9		6,8	12,2	6,1	11,6					
135	10.03.2008	4,1	5,4	8,6	7,6	17,6	4,5	9,4	4,5	9,8					
136	11.03.2008	7,1	7,3	13,6	13,4	22,6	6,9	15,2	6,8	15,2					
137	12.03.2008			19,1	19,2						NP/RP-Check				
138	13.03.2008	12,0	11,6	16,5	16,9	28,2	10,9	19,1	10,2	18,9					
139	14.03.2008	20,8	20,3				19,5	30,1	19,9	29,9					
140	15.03.2008			10,7	11,1		8,0	10,8	7,6	11,0					
141	16.03.2008			16,9	18,4		11,9	18,7	11,3	18,8					
142	17.03.2008	13,5	12,9	22,0	23,3	43,8	11,4	26,0	11,0	25,1					
143	18.03.2008	14,8	13,1	21,6	22,0	38,2	12,5	24,8	11,7	23,6					
144	19.03.2008	12,8	13,7	18,7	20,0	29,1	11,7	21,1	10,2	20,6					
145	20.03.2008	8,0	7,8	10,3	10,8	16,6	6,7	11,0	6,5	11,1					
146	21.03.2008						7,5	10,7	7,8	10,9					
147	22.03.2008			24,7	26,0		22,0	26,7	21,1	26,3					
148	23.03.2008			19,8	21,1		15,3	21,6	14,9	21,1					
149	24.03.2008			12,0	12,5		7,7	12,0	7,9	11,9					
150	25.03.2008	13,0	12,4	16,6	16,7	20,1	11,5	17,5	11,7	17,3					

**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 6 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
151	26.03.2008	20,1	20,3	22,2	22,6						Wechsel auf Sommerzeit	Bonn	
152	27.03.2008	7,6	7,6										
153	28.03.2008			12,8	13,2	23,0	6,5	13,9	6,6	14,2			
154	29.03.2008			14,3	14,6		7,9	15,5	7,6	15,4			
155	30.03.2008			15,0	15,3		9,8	18,6	9,3	17,2			
156	31.03.2008	11,6	12,1	16,7	16,5	33,0	11,4	19,7	11,4	19,1			
157	01.04.2008	14,3	13,5	25,0	25,4	46,6	11,9	30,1	11,8	28,6			
158	02.04.2008	17,2	17,6	26,6	27,7	43,7	14,9	31,5	14,6	31,7			
159	03.04.2008	22,2	23,3	30,9	31,5	52,5	20,6	36,3	19,8	35,3			
160	04.04.2008	30,1	29,4	36,9	36,8	47,1	27,8	41,6	28,6	41,3			
161	05.04.2008			14,4	13,9		11,1	15,0	11,1	15,7			
162	06.04.2008			17,3	17,5		12,7	19,3	12,3	19,2			
163	07.04.2008	22,5	23,0	26,3	26,7	38,5	21,9	29,3	21,3	28,7			
164	08.04.2008	31,7	32,3	37,3	36,7	44,8	30,1	39,3	30,3	38,2			
165	09.04.2008	35,6	35,0	40,8	39,9	50,1	31,3	42,1	31,7	41,5			
166	10.04.2008			30,5	30,2						NP/RP-Check		
167	11.04.2008	36,4	35,7	45,5	45,3	67,5	31,9	43,7	32,1	42,8			
168	12.04.2008			12,6	12,1		7,7	12,6	7,6	12,8			
169	13.04.2008			11,7	11,9		10,0	12,8	9,8	12,0			
170	14.04.2008	29,3	29,6	36,2	36,0	44,0	27,0	36,6	27,7	36,4			
171	15.04.2008	22,0	21,9	27,2	25,8	33,0	20,1	26,6	19,9	26,3			
172	16.04.2008	17,6	18,3	25,6	24,7	39,0	17,4	26,4	16,5	26,2			
173	17.04.2008	20,1	19,2	23,9	23,9	30,3	18,0	23,0	17,3	23,1			
174	18.04.2008	21,2	20,7	25,0	24,0	31,1	20,2	25,1	19,2	24,4			
175	19.04.2008			21,4	19,6		16,3	18,8	16,4	19,7			
176	20.04.2008			19,7	18,8		15,7	19,7	14,6	18,7			
177	21.04.2008	23,2	22,7	29,1	28,0	46,5	23,1	30,2	22,1	30,3			
178	30.09.2008	3,5	5,0	5,0	5,0		3,9	5,8	2,9	5,5		Brühl	
179	01.10.2008	5,6	5,2	10,4	9,2		4,9	8,3	3,3	8,4			
180	02.10.2008	5,3	6,2	13,2	12,6		6,1	13,6	3,7	11,6			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 211 von 531

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 7 von 24

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
181	03.10.2008	7,8	8,0	13,8	12,6		7,0	10,5	7,2	10,5		Brühl	
182	04.10.2008			13,8	13,6		5,6	12,3	4,9	11,7			
183	05.10.2008						4,7	4,8	1,7	4,9			
184	06.10.2008						6,5	11,9	6,4	12,0			
185	07.10.2008	8,3	8,5	14,7	14,8		8,6	14,2	8,8	15,5			
186	08.10.2008	11,6	10,9	22,5	22,3		12,5	24,9	13,2	25,0			
187	09.10.2008	16,2	16,6	34,1	33,2		17,4	38,1	18,0	35,6			
188	10.10.2008	15,4	15,2	25,8	26,3		14,8	25,8	16,1	26,6			
189	11.10.2008			32,4	31,4		25,1	35,6	24,8	35,3	Ausreisser Ref. PM2,5		
190	12.10.2008			23,7	23,4		16,5	24,3	17,4	25,7			
191	13.10.2008	18,0	17,1	33,7	32,1		19,8	33,6	20,8	33,6			
192	14.10.2008			46,6	47,0		21,7	51,2	20,4	51,2	Ausreisser Ref. PM2,5		
193	15.10.2008	9,7	9,7	15,0	16,2		9,2	16,2	8,9	16,0			
194	16.10.2008	9,4	9,1	17,8	17,5		8,1	18,3	8,7	17,9			
195	17.10.2008	12,9	13,4	25,9	25,2		11,9	25,9	10,9	25,3			
196	18.10.2008	16,1	14,5	19,7	20,5		11,4	19,3	11,8	20,0			
197	19.10.2008			16,7	17,2						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
198	20.10.2008	13,9	13,3	22,6	20,3						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
199	21.10.2008	9,4	9,8	16,1	15,5						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
200	22.10.2008			25,8	24,3						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
201	23.10.2008										Ausfall SN131 - Kabelbruch		
202	24.10.2008	18,9	19,3	26,3	26,6		16,2	24,8	18,2	24,6			
203	25.10.2008	15,2	14,3	16,3	17,3		12,1	14,9	12,0	15,6			
204	26.10.2008			8,0	9,7		5,7	8,1	5,2	7,4			
205	27.10.2008	11,4	11,4	19,9	20,8		10,4	19,5	9,8	18,3			
206	28.10.2008	14,0	12,7	21,9	22,9		11,5	19,9	11,4	19,6			
207	29.10.2008	31,5	31,5	42,4	43,4		27,8	38,9	27,1	38,9			
208	30.10.2008	17,6	18,1	21,6	22,7		15,1	19,2	14,5	19,0			
209	31.10.2008	15,6	16,5	21,0	21,6		14,8	18,5	15,3	19,5			
210	01.11.2008			23,8	24,8		18,0	21,2	17,9	22,6			

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 8 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
211	02.11.2008			22,5	23,0		16,5	21,0	16,2	21,3		Brühl	
212	03.11.2008	19,9	19,4	30,3	29,7						SN127 - Filter erschöpft		
213	04.11.2008	29,0	29,2	41,9	41,8						SN127 - Filter erschöpft		
214	05.11.2008	34,5	33,8	50,1	51,3		34,9	48,0	32,3	48,1			
215	06.11.2008	22,8	23,7	36,1	36,5						Austausch TÜV-Station		
216	07.11.2008										Austausch TÜV-Station		
217	08.11.2008										Austausch TÜV-Station		
218	09.11.2008										Austausch TÜV-Station		
219	10.11.2008										Austausch TÜV-Station		
220	11.11.2008										NP/RP-Check		
221	12.11.2008	10,9	11,1	20,2	22,0		8,7	19,2	8,4	18,7			
222	13.11.2008	17,9	18,5	31,2	28,8		16,0	27,0	15,9	27,4			
223	14.11.2008	14,3	14,5	20,9	21,8		12,7	19,3	13,0	19,4			
224	15.11.2008			17,4	16,4		11,1	14,3	10,8	16,0			
225	16.11.2008	8,9	9,8				8,2	16,0	8,1	15,3	Ausreisser Ref. PM10		
226	17.11.2008	13,8	14,0	30,8	29,9		12,5	29,6	12,8	28,5			
227	18.11.2008	12,5	13,2	25,1	22,7		11,4	22,1	11,9	22,2			
228	19.11.2008	12,8	14,1				12,7	25,3	12,8	24,6	Ausreisser Ref. PM10		
229	20.11.2008			19,3	17,9		8,5	16,1	8,0	15,7			
230	21.11.2008			10,8	9,5		3,8	8,3	3,6	8,0	Ausreisser Ref. PM2,5		
231	22.11.2008			12,2	12,1		7,0	10,8	6,7	10,6			
232	23.11.2008	6,4	6,8	10,9	8,1		5,0	7,7	5,3	8,5			
233	24.11.2008	17,7	17,5	22,2	21,9		16,1	21,5	16,8	21,9			
234	25.11.2008	17,7	17,9	28,9	28,7		14,7	25,5	15,4	24,8			
235	26.11.2008	9,6	10,4	18,0	17,9		9,0	15,3	8,1	14,9			
236	27.11.2008	13,4	13,0	16,5	17,1		12,6	16,1	12,2	16,2			
237	28.11.2008	23,1	23,2	26,3	26,6		22,0	26,2	21,6	24,9			
238	29.11.2008	24,3	25,4	27,1	28,0		22,9	26,8	22,9	27,7			
239	30.11.2008			24,8	26,2		21,4	24,2	21,2	24,4			
240	01.12.2008	27,2	26,8	32,4	33,3		24,9	33,2	24,7	33,0			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 9 von 24

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.										Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.		
Messbereich		0 bis 200 µg/m³													
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor													
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131 SN 145 & SN 149 (Teddington)													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127 / SN145		SN 131 / SN149		Bemerkung	Standort			
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]					
241	02.12.2008	10,9	11,1	14,5	14,9		9,6	13,3	9,6	12,6		Brühl			
242	03.12.2008	13,6	13,6	15,2	16,6		11,4	16,0	11,8	15,7					
243	04.12.2008	6,0	6,4	7,1	8,8		5,6	7,3	4,9	7,5					
244	05.12.2008	7,5	8,1	9,8	10,1		6,2	9,1	6,3	10,5					
245	06.12.2008	14,5	15,8	20,6	21,3		12,6	19,2	13,5	20,3					
246	24.07.2008			32,9	32,0						NP/RP-Check	Teddington			
247	25.07.2008	15,4	15,1	22,5	23,6		13,9	27,1	13,2	24,4					
248	26.07.2008			21,0	21,6		14,1	23,3	14,2	23,3	Ausreisser Ref. PM2,5				
249	27.07.2008	13,1	13,2	19,0	19,9		15,3	22,4	15,0	22,0					
250	28.07.2008	13,5	13,6	20,3	20,3		15,7	23,5	15,8	24,1					
251	29.07.2008	4,2	4,7	11,8	12,1		6,0	14,0	6,4	14,7					
252	30.07.2008	9,6	9,5	16,2	16,5		11,3	19,4	10,9	18,8					
253	31.07.2008	10,8	11,0	22,2	22,4		14,0	26,4	14,0	27,8					
254	01.08.2008	4,2	5,5	16,3	15,5		6,8	19,3	7,5	18,9					
255	02.08.2008	2,4	2,2				4,8	8,9	4,5	8,9	Ausreisser Ref. PM10				
256	03.08.2008	2,0	2,5	8,2	8,4		3,9	10,2	3,6	10,8					
257	04.08.2008	3,4	4,4	9,4	9,6		6,0	13,2	5,6	12,5					
258	05.08.2008	3,1	3,6	7,5	7,3		5,8	10,8	6,0	10,6					
259	06.08.2008										Stromausfall				
260	07.08.2008	5,4	6,2	11,9	11,4		7,7	15,0	7,5	15,0					
261	08.08.2008	5,2	6,2	9,9	9,6		7,5	12,5	6,9	11,9					
262	09.08.2008	2,3	3,3	7,1	7,3		4,9	10,7	4,5	10,4					
263	10.08.2008	3,9	4,1	11,7	11,2		4,8	13,8	5,4	13,0					
264	11.08.2008	5,6	6,0	13,7	13,5		6,5	16,3	7,1	15,0					
265	12.08.2008	3,5	3,5	10,6	10,5		4,5	12,8	4,6	12,6					
266	13.08.2008	3,5	3,8	11,8	11,4		4,7	13,1	5,0	13,4					
267	14.08.2008	6,1	6,5	11,0	11,1		7,0	12,3	6,6	11,0					
268	15.08.2008	5,6	6,3	10,0	11,6		5,5	11,2	5,3	10,9					
269	16.08.2008	5,5	5,5				4,7	9,1	5,1	9,0	Ausreisser Ref. PM10				
270	17.08.2008	2,7	2,7	8,7	8,5		3,9	12,7	4,5	12,2					

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 10 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.								Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich	0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp	SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.	SN 145 & SN 149											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
271	18.08.2008										NP/RP-Check	Teddington
272	19.08.2008	4,6	4,7	12,5	13,0		5,7	12,6	5,7	12,8		
273	20.08.2008	3,9	4,1	10,2	10,1		5,3	14,6	5,6	13,2		
274	21.08.2008	6,5	6,8	13,2	13,5		7,3	14,3	7,7	13,8		
275	22.08.2008	5,2	4,9	9,5	9,3		6,1	10,7	5,9	10,8		
276	23.08.2008	4,5	4,4	9,2	9,5		6,2	11,4	6,5	12,9		
277	24.08.2008	3,5	3,5	8,6	8,7		4,7	11,7	5,6	11,4		
278	25.08.2008	6,5	6,5	12,9	13,0		9,2	17,6	9,1	17,4		
279	26.08.2008	4,8	4,9	10,7	9,5		7,3	13,3	7,0	13,3		
280	27.08.2008	7,4	7,0	13,4	13,6							
281	28.08.2008	9,6	9,3	14,1	14,2							
282	29.08.2008	13,7	12,8	20,1	19,1							
283	30.08.2008	31,6	30,5	43,8	43,2		39,3	48,2	36,8	48,2		
284	31.08.2008	13,3	12,1	22,0	21,6		15,7	24,6	16,6	25,3		
285	01.09.2008	2,9	2,6	8,1	8,1		4,3	11,7	4,5	11,2		
286	02.09.2008	3,0	2,4	11,8	12,4		3,8	13,3	4,7	12,8		
287	03.09.2008	3,6	3,3	14,2	14,3		5,0	16,4	5,1	15,4		
288	04.09.2008	4,1	3,7				5,7	12,7	5,4	12,8		
289	05.09.2008	2,6	2,7	7,5	7,6		4,8	10,4	4,5	10,0		
290	06.09.2008	3,4	3,6	8,0	7,6		4,1	9,9	4,8	9,2		
291	07.09.2008	3,1	2,7	8,4	8,2		5,0	9,7	4,6	9,8		
292	08.09.2008	6,4	6,6	14,7	14,2		8,4	16,5	8,1	16,8		
293	09.09.2008	6,0	5,2	14,4	14,2		6,8	15,3	7,4	17,2		
294	10.09.2008	4,3	4,1	11,0	10,6		5,8	13,5	7,2	13,6		
295	11.09.2008	6,5	5,4	17,2	17,5		6,6	18,4	6,3	17,4		
296	12.09.2008	5,5	5,1	9,4	9,1		6,8	11,4	6,7	10,5		
297	13.09.2008	15,5	15,4	20,4	20,7		16,8	22,0	16,5	20,9		
298	14.09.2008	10,9	10,3	18,1	17,4		11,6	18,0	11,3	17,7		
299	15.09.2008	11,8	12,3	17,5	17,5		12,1	17,7	12,5	17,2		
300	16.09.2008	17,7	17,4	24,6	24,2		17,3	23,9	17,5	24,1		
											Ausreisser Ref. PM10	

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 215 von 531

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 11 von 24

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.		SN 145 & SN 149											
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort	
							PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
301	17.09.2008	19,4	19,2	26,9	28,1		18,0	25,4	17,6	25,8	NP/RP-Check	Teddington	
302	18.09.2008	17,0	17,2	24,5	23,6		16,3	23,9	16,6	23,5			
303	19.09.2008	20,7	20,9	29,3	29,4		20,4	30,0	20,6	29,7			
304	20.09.2008	21,7	21,4	26,9	26,6		20,7	26,8	21,2	25,7			
305	21.09.2008	21,6	22,0	28,6	28,1		22,3	29,0	23,2	28,9			
306	22.09.2008	14,8	15,0	22,3	22,6		15,8	23,5	17,0	23,5			
307	23.09.2008	6,3	6,1	18,0	17,8								
308	24.09.2008	11,4	11,4	18,8	19,7		12,3	21,0	11,8	21,3			
309	25.09.2008	16,1	16,5	26,7	26,4		16,1	26,5	16,2	25,8			
310	26.09.2008	17,5	17,4	29,9	29,7		17,5	28,9	18,4	30,4			
311	27.09.2008	27,2	27,2	35,7	35,6		29,1	36,4	28,7	37,2			
312	28.09.2008						16,9	24,7	16,8	25,1			
313	29.09.2008	4,3	4,4	7,4	8,5		4,8	9,7	4,6	10,1			
314	30.09.2008	3,2	3,3	6,9	6,7		3,3	7,3	3,5	7,6			
315	01.10.2008						3,5	8,8	3,7	8,4			
316	02.10.2008						4,5	8,0	4,3	7,8			
317	03.10.2008						5,2	9,4	6,0	9,8			
318	04.10.2008						2,1	6,2	2,9	6,3			
319	05.10.2008												Nicht in Betrieb Nicht in Betrieb Nicht in Betrieb
320	06.10.2008												
321	07.10.2008												
322	08.10.2008						10,4	17,3	11,1	16,5			
323	09.10.2008	8,9	10,1	18,4	18,0		8,9	17,8	9,3	18,0			
324	10.10.2008	10,5	10,6	19,5	19,6		9,0	18,1	9,8	18,0			
325	11.10.2008	15,6	15,8	22,6	22,6		15,5	24,8	17,9	23,4			
326	12.10.2008	20,4	21,1	25,9	25,9		21,6	27,2	21,7	27,0			
327	13.10.2008	8,3	8,4	14,6	14,4		9,2	16,2	9,3	15,3			
328	14.10.2008	6,1	6,4	11,4	12,2		7,2	14,1	7,5	13,6			
329	15.10.2008	3,9	3,8	8,2	8,6		3,7	9,0	4,5	8,3			
330	16.10.2008												NP-Messung

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 12 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.								Messobjekt	Schwebstaub PM10 & PM2,5, Außenluft Messwerte in µg/m³ i.B.	
Messbereich	0 bis 200 µg/m³											
Gerätetyp	SWAM5a Dual Channel Monitor											
Serien-Nr.	SN 145 & SN 149											
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 1	Ref. 2	TSP [µg/m³]	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort
		PM2,5 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
331	17.10.2008										NP-Messung	Teddington
332	18.10.2008										NP-Messung	
333	19.10.2008										Nicht in Betrieb	
334	20.10.2008										Nicht in Betrieb	
335	21.10.2008										Nicht in Betrieb	
336	22.10.2008										Nicht in Betrieb	
337	23.10.2008										Nicht in Betrieb	
338	24.10.2008										Nicht in Betrieb	
339	25.10.2008										Nicht in Betrieb	
340	26.10.2008										Nicht in Betrieb	
341	27.10.2008										Nicht in Betrieb	
342	28.10.2008										Nicht in Betrieb	
343	29.10.2008						16,3	22,1	16,1	21,2		
344	30.10.2008						10,2	13,9	10,5	13,8		
345	31.10.2008	11,7	12,0	16,9	18,5		10,2	15,8	10,3	15,2		
346	01.11.2008	14,8	15,1	18,3	19,2		14,1	17,6	14,3	18,2		
347	02.11.2008	20,4	20,0	25,5	25,8		20,0	25,6	19,7	25,5		
348	03.11.2008	20,7	20,9	27,0	27,8		19,2	26,7	20,4	27,4		
349	04.11.2008	31,1	30,9	37,5	38,4		31,1	38,7	31,5	40,2		
350	05.11.2008	29,7	29,6	35,5	36,2		28,3	36,2	28,4	36,2		
351	06.11.2008	23,5	23,8	28,2	28,6		21,7	27,5	22,3	28,2		
352	07.11.2008	6,8	6,7	15,2	14,7						Filtervorrat erschöpft	
353	08.11.2008	3,5	3,5	8,6	9,4						Filtervorrat erschöpft	
354	09.11.2008	4,1	4,0	11,5	11,9						Filtervorrat erschöpft	



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 13 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.							Messobjekt	Schwebstaub PM10 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Messbereich	0 bis 200 µg/m³										
Gerätetyp	SWAM5a Dual Channel Monitor										
Serien-Nr.	SN 127 & SN 131										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
1	20.10.2007	18,2	20,5	25,5	-	21,0	-	21,3	Ausreisser Ref. PM2,5	Köln, Parkplatzgelände	
2	21.10.2007	18,3	20,2		-	20,5	-	20,4			
3	22.10.2007	21,7	23,1		-		-		Wassereintrich SN127		
4	23.10.2007	24,6	27,1	33,9	-		-		Wassereintrich SN127		
5	24.10.2007	31,4	32,9	43,2	-	34,8	-	33,3			
6	25.10.2007	27,5	29,2	37,2	-	29,5	-	28,6			
7	26.10.2007	28,5	29,8	42,0	-	31,1	-	30,4			
8	27.10.2007	34,6	36,9		-	36,9	-	35,7			
9	28.10.2007	35,5	36,9		-		-		Wechsel auf Winterzeit		
10	29.10.2007				-		-		Wechsel auf Winterzeit		
11	30.10.2007				-		-		NP/RP-Check		
12	31.10.2007	26,6	28,5	37,0	-	32,1	-	33,2			
13	01.11.2007	29,6	32,1		-	36,5	-	36,9			
14	02.11.2007	30,0	32,1		-	35,1	-	37,6			
15	03.11.2007	24,5	24,7		-	29,5	-	29,1			
16	04.11.2007	17,3	19,6		-	22,0	-	21,9			
17	05.11.2007	18,9	19,5	31,3	-	24,7	-	24,5			
18	06.11.2007	16,2	17,2	25,4	-	21,2	-	20,2			
19	07.11.2007	23,8	23,8	33,9	-	30,1	-	30,2			
20	08.11.2007	14,0	15,3	20,5	-	16,5	-	16,4			
21	09.11.2007	10,3	10,9	15,9	-	13,7	-	14,0			
22	10.11.2007	10,1	10,7		-	13,5	-	13,3			
23	11.11.2007	6,4	8,1		-	9,9	-	9,6			
24	12.11.2007	15,5	16,6	26,2	-	20,0	-	20,0			
25	13.11.2007	16,2	16,2	20,4	-	18,4	-	18,1			
26	14.11.2007	14,8	15,1	23,0	-	18,0	-	17,7			
27	15.11.2007	22,4	25,9	32,1	-	25,4	-	24,4			
28	16.11.2007	35,1	38,6	51,0	-	40,4	-	39,0			
29	17.11.2007	55,9	61,0		-	62,9	-	60,1			
30	18.11.2007	17,8	22,1	23,3	-	18,8	-	19,2			

**Anlage 5 Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 14 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.							Messobjekt	Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.		
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor									
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131									
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
		PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
31	19.11.2007	25,1	29,0	29,3	-	26,9	-	26,8	NP/RP-Check	Köln, Parkplatzgelände	
32	20.11.2007	23,4	28,6		-	27,2	-	26,4			
33	21.11.2007	25,1	29,2		-	29,3	-	29,1			
34	22.11.2007	27,4	30,9	32,1	-	30,9	-	31,5			
35	23.11.2007	24,6	29,0	37,2	-	28,2	-	28,6			
36	24.11.2007	24,2	28,7		-	28,3	-	28,7			
37	25.11.2007	14,2	14,7		-	12,2	-	12,8			
38	26.11.2007	15,5	15,6		-	17,7	-	17,9			
39	27.11.2007	26,7	27,3		-	31,3	-	30,7			
40	28.11.2007	26,7	26,6	35,8	-	28,6	-	27,7			
41	29.11.2007	19,8	20,4		-	22,9	-	22,7			
42	30.11.2007	14,6	14,3		-	15,7	-	16,1			
43	01.12.2007	10,5	10,0		-	12,0	-	12,2			
44	02.12.2007	6,4	6,1		-	7,8	-	7,4			
45	03.12.2007	11,0	11,2		-	13,1	-	11,9			
46	04.12.2007	13,6	14,4	21,5	-	17,5	-	17,4			
47	05.12.2007	12,4	13,4	19,5	-	15,5	-	14,8			
48	06.12.2007	6,2	8,0		-	-	-				
49	07.12.2007	13,9	14,0	23,5	-	17,3	-	17,0			
50	08.12.2007	8,4	8,9		-	9,8	-	9,7			
51	09.12.2007	5,9	6,3		-	7,5	-	7,6			
52	10.12.2007	18,4	18,2	23,7	-	21,1	-	20,6			
53	11.12.2007	13,4	13,5		-	20,6	-	20,0			
54	12.12.2007	32,7	31,3		-	35,5	-	35,1			
55	13.12.2007	18,8	17,8		-	20,2	-	20,3			
56	14.12.2007	16,8	15,7		-	17,7	-	17,2			
57	15.12.2007	16,9	15,9		-	17,4	-	17,5			
58	16.12.2007	24,5	24,1		-	26,2	-	25,8			
59	17.12.2007	30,6	30,4		-	35,6	-	34,2			
60	18.12.2007	65,4	65,0		-	76,3	-	72,8			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 15 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.						Messobjekt		Schwebstaub PM10 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³									
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor									
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131									
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
61	19.12.2007	75,2	73,3		-	87,8	-	85,9		Köln, Parkplatzgelände	
62	20.12.2007	86,2	84,5		-	98,4	-	92,7			
63	21.12.2007	53,1	53,8		-	60,5	-	56,7			
64	22.12.2007	58,6	59,9		-	70,0	-	64,6			
65	23.12.2007	58,2	58,8		-	58,9	-	59,2			
66	24.12.2007	25,0	25,3		-	24,7	-	24,4			
67	25.12.2007	30,2	30,6		-	32,5	-	32,4			
68	26.12.2007	33,5	33,9		-	36,0	-	35,8			
69	27.12.2007	12,4	12,7		-	12,8	-	12,6			
70	28.12.2007	12,2	12,9		-	13,0	-	12,3			
71	29.12.2007	9,2	10,3		-	10,2	-	10,6			
72	30.12.2007	16,5	16,3		-	18,0	-	19,2			
73	31.12.2007	46,4	46,0		-	47,6	-	46,6			
74	01.01.2008	22,6	22,3		-	23,2	-	23,2			
75	02.01.2008	19,5	19,4		-	20,2	-	20,2			
76	03.01.2008	22,3	22,8		-	23,1	-	22,5			
77	04.01.2008				-	27,1	-	27,0			
78	05.01.2008				-	11,7	-	11,8			
79	06.01.2008				-		-		Filtervorrat erschöpft		
80	07.01.2008				-		-		Filtervorrat erschöpft		
81	08.01.2008				-		-		NP/RP-Check		
82	09.01.2008	12,7	13,8	14,2	-	15,2	-	14,8			
83	10.01.2008	11,8	12,7	13,6	-	13,4	-	13,8			
84	11.01.2008	8,0	8,9	10,6	-	9,4	-	8,7			
85	12.01.2008	14,4	13,0		-	14,1	-	14,1			
86	13.01.2008	16,6	17,0		-	17,1	-	17,1			
87	14.01.2008	13,7	14,2	15,1	-	14,9	-	14,6			
88	15.01.2008	7,4	6,2	8,8	-	6,9	-	7,1			
89	16.01.2008	10,4	10,5	12,5	-	12,6	-	12,9			
90	17.01.2008	12,9	12,2	14,6	-	13,4	-	13,5			

**Anlage 5 Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341) Blatt 16 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.		Messobjekt		Schwebstaub PM10		Messwerte in µg/m³ i.N.			
Messbereich		0 bis 200 µg/m³		Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor		Serien-Nr.		SN 127 & SN 131	
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
91	18.01.2008	12,5	12,3		-	15,0	-	15,1		Köln, Parkplatzgelände	
92	19.01.2008	5,9	4,6	8,9	-	6,6	-	6,9			
93	20.01.2008	6,0	5,6		-	6,0	-	5,6			
94	21.01.2008	8,9	8,7	10,9	-	10,3	-	9,5			
95	22.01.2008	20,5	19,6		-	22,8	-	23,0			
96	23.01.2008	20,9	20,3	20,7	-	22,5	-	22,3			
97	24.01.2008	27,0	26,4	31,9	-	29,9	-	29,0			
98	25.01.2008	18,5	18,3	21,9	-	20,2	-	20,2			
99	26.01.2008	26,8	26,0		-	28,9	-	29,0			
100	27.01.2008	32,1	30,8		-	32,6	-	34,3			
101	28.01.2008	39,8	38,8	44,9	-	43,1	-	43,8			
102	29.01.2008	51,4	51,3		-	56,3	-	55,7			
103	30.01.2008	24,8	25,9	25,5	-	27,3	-	27,5			
104	31.01.2008	7,9	8,0		-	8,6	-	8,4			
105	01.02.2008	11,2	10,5		-	12,3	-	12,5			
106	02.02.2008	13,6	14,3		-	14,2	-	14,5			
107	03.02.2008	11,8	12,6		-	12,2	-	12,6			
108	04.02.2008	10,0	10,7	9,0	-	11,2	-	10,6			
109	05.02.2008	5,4	5,5		-	6,1	-	5,9			
110	14.02.2008	38,1	38,2	53,7	-	41,1	-	39,8	Bonn		
111	15.02.2008	14,8	15,3		-	16,5	-	17,2			
112	16.02.2008	18,0	18,9		-	18,7	-	18,4			
113	17.02.2008	37,5	37,2	47,2	-	43,2	-	42,0			
114	18.02.2008	63,1	62,6	81,2	-	76,0	-	75,6			
115	19.02.2008	53,0	53,0	61,5	-	58,8	-	58,1			
116	20.02.2008	42,4	43,5	45,2	-	45,1	-	45,4			
117	21.02.2008	41,3	41,0	58,4	-	45,1	-	45,5			
118	22.02.2008	25,7	26,1	43,3	-	28,9	-	28,2			
119	23.02.2008	28,2	28,1		-	30,6	-	31,0			
120	24.02.2008	31,2	30,4		-	32,5	-	32,1			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5                      Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)                      Blatt 17 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.					Messobjekt		Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor								
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131								
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort
		PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
121	25.02.2008	25,3	25,8	40,1	-	27,4	-	27,4	NP/RP-Check	Bonn
122	26.02.2008	25,0	24,5	41,8	-	27,0	-	26,9		
123	27.02.2008	28,4	28,7	43,6	-	29,9	-	30,3		
124	28.02.2008	29,5	31,2	39,8	-	31,6	-	32,2		
125	29.02.2008	15,6	14,8	24,7	-	15,5	-	15,4		
126	01.03.2008	16,5	15,6		-	15,9	-	16,2		
127	02.03.2008	24,4	24,3		-	25,3	-	25,7		
128	03.03.2008	20,7	20,2	33,1	-	23,4	-	22,7		
129	04.03.2008	22,4	22,4	42,5	-	26,1	-	25,1		
130	05.03.2008	26,3	25,6	41,2	-	28,9	-	28,9		
131	06.03.2008	30,9	31,1	43,5	-	33,4	-	34,6		
132	07.03.2008	26,5	25,5	41,2	-	29,7	-	29,1		
133	08.03.2008	21,7	21,1		-	21,5	-	21,7		
134	09.03.2008	12,2	10,5		-	12,9	-	12,3		
135	10.03.2008	9,2	8,1	18,7	-	10,0	-	10,5		
136	11.03.2008	14,5	14,3	24,1	-	16,1	-	16,2		
137	12.03.2008	19,9	20,0		-		-			
138	13.03.2008	17,2	17,7	29,4	-	19,9	-	19,8		
139	14.03.2008				-	31,2	-	31,1		
140	15.03.2008	11,4	11,8		-	11,5	-	11,7		
141	16.03.2008	17,7	19,2		-	19,5	-	19,6		
142	17.03.2008	22,6	23,9	44,8	-	26,7	-	25,8		
143	18.03.2008	22,3	22,6	39,2	-	25,4	-	24,3		
144	19.03.2008	19,1	20,4	29,6	-	21,5	-	21,0		
145	20.03.2008	10,8	11,4	17,5	-	11,6	-	11,7		
146	21.03.2008				-	11,2	-	11,5		
147	22.03.2008	25,6	26,8		-	27,5	-	27,2		
148	23.03.2008	20,4	21,7		-	22,3	-	21,7		
149	24.03.2008	12,4	12,9		-	12,3	-	12,3		
150	25.03.2008	17,0	17,1	20,5	-	17,9	-	17,7		

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 18 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.							Messobjekt	Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.		
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor									
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131									
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort	
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]			
151	26.03.2008	23,1	23,5		-		-		Wechsel auf Sommerze	Bonn	
152	27.03.2008				-		-				
153	28.03.2008	13,4	13,8	24,1	-	14,6	-	14,9	NP/RP-Check		
154	29.03.2008	15,1	15,4		-	16,3	-	16,2			
155	30.03.2008	15,9	16,2		-	19,6	-	18,3			
156	31.03.2008	17,4	17,2	34,4	-	20,5	-	20,0			
157	01.04.2008	26,0	26,5	48,5	-	31,3	-	29,8			
158	02.04.2008	27,4	28,6	44,9	-	32,4	-	32,6			
159	03.04.2008	31,6	32,3	53,6	-	37,1	-	36,1			
160	04.04.2008	38,4	38,3	48,9	-	43,3	-	43,0			
161	05.04.2008	14,9	14,5		-	15,6	-	16,3			
162	06.04.2008	18,0	18,3		-	20,0	-	20,0			
163	07.04.2008	27,1	27,6	39,7	-	30,2	-	29,7			
164	08.04.2008	39,0	38,4	46,7	-	41,1	-	40,0			
165	09.04.2008	42,9	42,1	52,6	-	44,3	-	43,7			
166	10.04.2008	32,3	32,0		-		-				
167	11.04.2008	48,0	47,8	71,1	-	46,0	-	45,3			
168	12.04.2008	13,3	12,7		-	13,2	-	13,5			
169	13.04.2008	12,3	12,4		-	13,4	-	12,5			
170	14.04.2008	37,4	37,2	45,3	-	37,7	-	37,6			
171	15.04.2008	27,8	26,4	33,6	-	27,1	-	26,9			
172	16.04.2008	26,4	25,5	40,1	-	27,2	-	27,0			
173	17.04.2008	25,1	25,1	31,8	-	24,1	-	24,3			
174	18.04.2008	26,6	25,6	33,1	-	26,6	-	26,0			
175	19.04.2008	22,6	20,7		-	19,8	-	20,8			
176	20.04.2008	21,0	20,0		-	21,0	-	19,9			
177	21.04.2008	31,2	30,0	49,7	-	32,3	-	32,5			
178	30.09.2008	5,3	5,3		-	6,2	-	5,9		Brühl	
179	01.10.2008	11,1	9,8		-	8,8	-	8,9			
180	02.10.2008	13,9	13,3		-	14,3	-	12,2			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 19 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.				Messobjekt		Schwebstaub PM10		
Messbereich		0 bis 200 µg/m³						Messwerte in µg/m³ i.N.		
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor								
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131								
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127		SN 131		Bemerkung	Standort
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
181	03.10.2008	14,4	13,2		-	11,0	-	11,0		Brühl
182	04.10.2008	14,4	14,2		-	12,8	-	12,2		
183	05.10.2008				-	5,1	-	5,3		
184	06.10.2008				-	12,5	-	12,7		
185	07.10.2008	15,6	15,8		-	15,2	-	16,5		
186	08.10.2008	23,5	23,4		-	26,1	-	26,2		
187	09.10.2008	35,0	34,1		-	39,1	-	36,6		
188	10.10.2008	26,7	27,1		-	26,6	-	27,6		
189	11.10.2008	33,7	32,7		-	37,1	-	36,9	Ausreisser Ref. PM2,5	
190	12.10.2008	24,7	24,4		-	25,4	-	26,9		
191	13.10.2008	35,8	34,1		-	35,7	-	35,8		
192	14.10.2008	49,1	49,5		-	53,9	-	53,9	Ausreisser Ref. PM2,5	
193	15.10.2008	15,9	17,2		-	17,2	-	17,0		
194	16.10.2008	18,6	18,2		-	19,1	-	18,6		
195	17.10.2008	26,8	26,1		-	26,7	-	26,2		
196	18.10.2008	20,4	21,2		-	20,0	-	20,7		
197	19.10.2008	17,3	17,8		-		-		Ausfall SN131 - Kabelbruch	
198	20.10.2008	24,0	21,6		-		-		Ausfall SN131 - Kabelbruch	
199	21.10.2008	16,9	16,2		-		-		Ausfall SN131 - Kabelbruch	
200	22.10.2008	26,4	25,0		-		-		Ausfall SN131 - Kabelbruch	
201	23.10.2008				-		-		Ausfall SN131 - Kabelbruch	
202	24.10.2008	27,1	27,5		-	25,6	-	25,4		
203	25.10.2008	16,8	17,8		-	15,4	-	16,0		
204	26.10.2008	8,4	10,2		-	8,6	-	7,8		
205	27.10.2008	20,7	21,7		-	20,3	-	19,1		
206	28.10.2008	22,5	23,7		-	20,5	-	20,1		
207	29.10.2008	44,0	45,1		-	40,3	-	40,5		
208	30.10.2008	22,5	23,6		-	19,9	-	19,8		
209	31.10.2008	21,9	22,5		-	19,3	-	20,2		
210	01.11.2008	24,8	25,9		-	22,1	-	23,6		

**Anlage 5 Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 20 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.							Messobjekt	Schwebstaub PM10 Messwerte in µg/m³ i.N.	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³									
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor									
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131									
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]   PM10 [µg/m³]		SN 131 PM2,5 [µg/m³]   PM10 [µg/m³]		Bemerkung	Standort	
211	02.11.2008	23,4	23,9		-	21,8	-	22,2		Brühl	
212	03.11.2008	31,4	30,8		-		-		SN127 - Filter erschöpft		
213	04.11.2008	43,5	43,5		-		-		SN127 - Filter erschöpft		
214	05.11.2008	52,2	53,5		-	50,0	-	50,2			
215	06.11.2008	37,4	37,8		-		-		Austausch TÜV-Station		
216	07.11.2008				-		-		Austausch TÜV-Station		
217	08.11.2008				-		-		Austausch TÜV-Station		
218	09.11.2008				-		-		Austausch TÜV-Station		
219	10.11.2008				-		-		Austausch TÜV-Station		
220	11.11.2008				-		-		NP/RP-Check		
221	12.11.2008	20,8	22,8		-	19,8	-	19,3			
222	13.11.2008	32,0	29,6		-	27,7	-	28,1			
223	14.11.2008	21,5	22,5		-	19,8	-	19,9			
224	15.11.2008	18,0	17,1		-	14,8	-	16,6			
225	16.11.2008				-	16,3	-	15,7	Ausreisser Ref. PM10		
226	17.11.2008	31,4	30,5		-	30,0	-	29,0			
227	18.11.2008	26,0	23,5		-	22,8	-	23,0			
228	19.11.2008				-	26,2	-	25,5	Ausreisser Ref. PM10		
229	20.11.2008	20,2	18,8		-	16,8	-	16,4			
230	21.11.2008	11,1	9,8		-	8,5	-	8,2	Ausreisser Ref. PM2,5		
231	22.11.2008	12,5	12,3		-	11,0	-	10,8			
232	23.11.2008	11,2	8,4		-	7,9	-	8,7			
233	24.11.2008	22,9	22,6		-	22,1	-	22,5			
234	25.11.2008	29,4	29,3		-	25,9	-	25,2			
235	26.11.2008	18,3	18,2		-	15,5	-	15,2			
236	27.11.2008	16,8	17,5		-	16,4	-	16,6			
237	28.11.2008	27,0	27,4		-	26,9	-	25,6			
238	29.11.2008	28,1	29,1		-	27,7	-	28,6			
239	30.11.2008	25,8	27,3		-	25,0	-	25,3			
240	01.12.2008	33,7	34,7		-	34,3	-	34,3			



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 21 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.							Messobjekt	Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.		
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor									
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131 SN 145 & SN 149 (Teddington)									
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 127 (SN 145) PM2,5 [µg/m³]    PM10 [µg/m³]		SN 131 (SN 149) PM2,5 [µg/m³]    PM10 [µg/m³]		Bemerkung	Standort	
241	02.12.2008	14,9	15,4		-	13,7	-	13,0		Brühl	
242	03.12.2008	15,6	17,0		-	16,4	-	16,1			
243	04.12.2008	7,5	9,2		-	7,7	-	7,9			
244	05.12.2008	10,3	10,7		-	9,5	-	11,0			
245	06.12.2008	21,2	22,0		-	19,8	-	20,8			
246	24.07.2008	35,4	34,6		-		-		NP/RP-Check	Teddington	
247	25.07.2008	24,1	25,4		-	29,3	-	26,2			
248	26.07.2008	22,5	23,2		-	25,2	-	25,1	Ausreisser Ref. PM2,5		
249	27.07.2008	20,4	21,4		-	24,3	-	23,8			
250	28.07.2008	21,8	22,0		-	25,5	-	26,2			
251	29.07.2008	12,4	12,9		-	15,0	-	15,6			
252	30.07.2008	17,3	17,6		-	20,9	-	20,2			
253	31.07.2008	23,9	24,0		-	28,6	-	30,1			
254	01.08.2008	17,4	16,5		-	20,7	-	20,3			
255	02.08.2008				-	9,6	-	9,5	Ausreisser Ref. PM10		
256	03.08.2008	8,7	8,9		-	10,9	-	11,5			
257	04.08.2008	9,9	10,2		-	14,0	-	13,3			
258	05.08.2008	8,0	7,8		-	11,6	-	11,3			
259	06.08.2008				-		-		Stromausfall		
260	07.08.2008	12,8	12,2		-	16,1	-	16,2			
261	08.08.2008	10,5	10,1		-	13,2	-	12,7			
262	09.08.2008	7,5	7,8		-	11,4	-	11,1			
263	10.08.2008	12,5	12,0		-	14,9	-	14,0			
264	11.08.2008	14,7	14,5		-	17,7	-	16,2			
265	12.08.2008	11,4	11,3		-	13,8	-	13,6			
266	13.08.2008	12,4	12,1		-	14,0	-	14,2			
267	14.08.2008	11,5	11,6		-	13,0	-	11,6			
268	15.08.2008	10,5	12,3		-	11,9	-	11,6			
269	16.08.2008				-	9,8	-	9,7	Ausreisser Ref. PM10		
270	17.08.2008	9,3	9,1		-	13,7	-	13,1			

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 22 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.					Messobjekt		Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor								
Serien-Nr.		SN 145 & SN 149								
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort
		PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
271	18.08.2008				-		-		NP/RP-Check	Teddington
272	19.08.2008	13,3	13,9		-	13,6	-	13,7		
273	20.08.2008	10,8	10,7		-	15,6	-	14,0		
274	21.08.2008	14,0	14,3		-	15,3	-	14,7		
275	22.08.2008	10,0	9,8		-	11,3	-	11,4		
276	23.08.2008	9,7	10,1		-	12,2	-	13,7		
277	24.08.2008	9,1	9,3		-	12,5	-	12,1		
278	25.08.2008	13,6	13,8		-	18,7	-	18,4		
279	26.08.2008	11,3	10,1		-	14,1	-	14,1		
280	27.08.2008	14,1	14,3		-		-		SN145 Sensor defekt SN145 Sensor defekt SN145 Sensor defekt	
281	28.08.2008	14,9	15,0		-		-			
282	29.08.2008	21,3	20,3		-		-			
283	30.08.2008	46,7	46,2		-	51,9	-	51,7		
284	31.08.2008	23,2	22,8		-	26,1	-	26,8		
285	01.09.2008	8,6	8,7		-	12,5	-	12,0		
286	02.09.2008	12,4	13,2		-	14,2	-	13,6		
287	03.09.2008	15,2	15,3		-	17,6	-	16,5		
288	04.09.2008				-	13,6	-	13,7	Ausreisser Ref. PM10	
289	05.09.2008	8,0	8,2		-	11,3	-	10,8		
290	06.09.2008	8,5	8,1		-	10,6	-	9,9		
291	07.09.2008	8,8	8,6		-	10,3	-	10,4		
292	08.09.2008	15,4	15,0		-	17,5	-	17,8		
293	09.09.2008	15,2	15,0		-	16,3	-	18,2		
294	10.09.2008	11,7	11,4		-	14,5	-	14,6		
295	11.09.2008	18,1	18,5		-	19,5	-	18,4		
296	12.09.2008	9,8	9,5		-	11,9	-	11,0		
297	13.09.2008	21,2	21,6		-	23,0	-	21,9		
298	14.09.2008	18,7	18,0		-	18,8	-	18,4		
299	15.09.2008	18,1	18,1		-	18,4	-	17,9		
300	16.09.2008	25,5	25,1		-	25,0	-	25,1		

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 5                      Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)                      Blatt 23 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.					Messobjekt		Schwebstaub PM10			
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.			
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor										
Serien-Nr.		SN 145 & SN 149										
Nr.	Datum	Ref. 1	Ref. 2	TSP	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort		
		PM10 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]				
301	17.09.2008	27,9	29,2		-	26,5	-	27,0	NP/RP-Check	Teddington		
302	18.09.2008	25,2	24,3		-	24,7	-	24,3				
303	19.09.2008	30,0	30,2		-	31,0	-	30,6				
304	20.09.2008	27,6	27,7		-	27,7	-	26,6				
305	21.09.2008	29,5	29,1		-	30,1	-	30,0				
306	22.09.2008	23,2	23,5		-	24,6	-	24,5				
307	23.09.2008	18,6	18,5		-	-	-	-				
308	24.09.2008	19,5	20,4		-	21,9	-	22,2				
309	25.09.2008	27,3	27,1		-	27,3	-	26,5				
310	26.09.2008	30,6	30,5		-	29,8	-	31,3				
311	27.09.2008	36,3	36,5		-	37,4	-	38,2				
312	28.09.2008				-	25,8	-	26,1				
313	29.09.2008	7,7	9,0		-	10,2	-	10,6				
314	30.09.2008	6,8	7,1		-	7,8	-	8,1				
315	01.10.2008				-	9,3	-	8,8				
316	02.10.2008				-	8,3	-	8,1				
317	03.10.2008				-	9,6	-	10,0				
318	04.10.2008				-	6,6	-	6,7				
319	05.10.2008				-	-	-	-				
320	06.10.2008				-	-	-	-				
321	07.10.2008				-	-	-	-				
322	08.10.2008				-	17,7	-	16,9				
323	09.10.2008	18,8	18,6		-	18,4	-	18,5				
324	10.10.2008	20,0	20,1		-	18,7	-	18,5				
325	11.10.2008	23,3	23,3		-	25,7	-	24,2				
326	12.10.2008	27,0	27,1		-	28,6	-	28,3				
327	13.10.2008	15,1	14,9		-	16,9	-	15,9				
328	14.10.2008	11,9	12,8		-	14,8	-	14,3				
329	15.10.2008	8,6	8,9		-	9,4	-	8,6				
330	16.10.2008				-	-	-	-				
											NP-Messung	

**Anlage 5**

**Messwerte PM10 aus den Feldteststandorten, bezogen auf Normbedingungen (EN12341)**

**Blatt 24 von 24**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.					Messobjekt		Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 µg/m³							Messwerte in µg/m³ i.N.	
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor								
Serien-Nr.		SN 145 & SN 149								
Nr.	Datum	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	TSP [µg/m³]	SN 145		SN 149		Bemerkung	Standort
					PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]	PM2,5 [µg/m³]	PM10 [µg/m³]		
331	17.10.2008				-		-		NP-Messung	Teddington
332	18.10.2008				-		-		NP-Messung	
333	19.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
334	20.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
335	21.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
336	22.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
337	23.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
338	24.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
339	25.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
340	26.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
341	27.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
342	28.10.2008				-		-		Nicht in Betrieb	
343	29.10.2008				-	22,8	-	21,8		
344	30.10.2008				-	14,4	-	14,2		
345	31.10.2008	17,3	19,0		-	16,2	-	15,6		
346	01.11.2008	18,9	19,9		-	18,3	-	18,9		
347	02.11.2008	26,3	26,7		-	26,5	-	26,4		
348	03.11.2008	27,8	28,7		-	27,6	-	28,4		
349	04.11.2008	38,6	39,7		-	40,1	-	41,7		
350	05.11.2008	36,5	37,4		-	37,6	-	37,5		
351	06.11.2008	29,2	29,7		-	28,7	-	29,4		
352	07.11.2008	15,7	15,3		-		-		Filtervorrat erschöpft	
353	08.11.2008	8,9	9,8		-		-		Filtervorrat erschöpft	
354	09.11.2008	11,9	12,4		-		-		Filtervorrat erschöpft	

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 1 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	20.10.2007	Köln, Parkplatzgelände	6,6	1027	65,3	0,0	153	0,3
2	21.10.2007		5,4	1020	81,5	0,0	197	3,0
3	22.10.2007		3,1	1020	71,8	0,5	155	0,0
4	23.10.2007		4,5	1018	68,1	0,0	99	0,0
5	24.10.2007		7,6	1017	70,7	0,0	66	0,3
6	25.10.2007		9,2	1015	68,3	0,3	110	0,0
7	26.10.2007		8,7	1016	69,3	0,0	201	0,0
8	27.10.2007		8,7	1020	69,9	0,2	182	0,0
9	28.10.2007		8,7	1012	68,4	2,3	154	0,0
10	29.10.2007		8,9	1005	82,0	0,9	208	31,0
11	30.10.2007		7,1	1015	76,7	0,3	235	0,3
12	31.10.2007		5,8	1023	80,8	0,1	136	0,0
13	01.11.2007		9,0	1024	79,5	0,0	168	0,0
14	02.11.2007		12,0	1023	86,9	0,0	262	5,7
15	03.11.2007		11,5	1019	80,2	0,0	291	0,9
16	04.11.2007		9,3	1021	70,6	0,0	153	0,0
17	05.11.2007		9,3	1016	70,1	1,0	228	3,0
18	06.11.2007		7,7	1019	71,7	1,9	261	2,7
19	07.11.2007		9,2	1012	78,2	2,6	254	5,9
20	08.11.2007		8,7	1003	73,8	2,4	260	9,8
21	09.11.2007		5,5	1009	73,7	5,4	266	5,0
22	10.11.2007		8,6	1003	76,6	3,8	254	17,4
23	11.11.2007		6,2	1005	73,7	4,0	289	3,6
24	12.11.2007		5,7	1011	71,4	3,0	272	1,5
25	13.11.2007		3,6	999	79,0	1,1	184	10,9
26	14.11.2007		2,0	1010	69,8	1,5	173	0,0
27	15.11.2007		1,7	1019	69,5	0,6	101	0,0
28	16.11.2007		3,6	1021	67,4	0,0	217	0,0
29	17.11.2007		2,5	1016	78,6	0,0	175	0,0
30	18.11.2007		4,0	1002	70,1	5,2	133	0,0

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 2 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	19.11.2007	Köln, Parkplatzgelände	3,8	1004	74,7	4,1	136	6,2
32	20.11.2007		6,9	1002	62,0	4,9	128	0,3
33	21.11.2007		7,9	1001	76,6	1,4	133	0,9
34	22.11.2007		8,5	1000	79,4	1,2	155	0,0
35	23.11.2007		4,8	1013	78,4	0,6	209	1,2
36	24.11.2007		4,4	1014	75,1	0,5	216	2,1
37	25.11.2007		5,4	1013	74,9	4,3	284	6,2
38	26.11.2007		4,4	1019	73,2	2,6	273	2,4
39	27.11.2007		3,6	1020	76,2	0,4	196	0,0
40	28.11.2007		2,2	1010	73,9	2,7	143	0,0
41	29.11.2007		4,8	1002	79,5	1,3	203	4,7
42	30.11.2007		7,7	1000	76,4	1,6	188	5,1
43	01.12.2007		8,1	999	69,4	1,9	217	3,2
44	02.12.2007		9,2	984	70,4	3,8	226	7,1
45	03.12.2007		6,2	996	71,4	3,6	271	11,8
46	04.12.2007		7,8	1010	75,8	1,3	202	0,6
47	05.12.2007		10,9	1007	70,3	3,1	191	0,9
48	06.12.2007		11,1	997	76,7	2,4	209	21,0
49	07.12.2007		7,9	995	67,5	3,4	251	1,8
50	08.12.2007		6,7	991	69,5	4,0	192	6,5
51	09.12.2007		7,2	982	71,3	2,9	187	6,5
52	10.12.2007		6,1	1001	81,4	2,0	271	5,4
53	11.12.2007		4,6	1021	76,7	1,9	292	0,6
54	12.12.2007		4,8	1031	72,7	0,4	126	0,0
55	13.12.2007		3,8	1033	68,6	0,0	83	0,0
56	14.12.2007		1,1	1030	63,2	0,9	56	0,0
57	15.12.2007		-0,5	1029	64,1	1,2	59	0,0
58	16.12.2007		-0,8	1030	68,3	0,2	69	0,0
59	17.12.2007		-1,7	1028	68,8	0,8	81	0,0
60	18.12.2007		-2,4	1030	74,3	0,0	118	0,0

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 3 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	19.12.2007	Köln, Parkplatzgelände	-1,9	1031	74,8	0,0	104	0,0
62	20.12.2007		-3,4	1026	81,5	0,0	121	0,0
63	21.12.2007		-0,9	1020	71,0	0,7	133	0,0
64	22.12.2007		-2,2	1020	70,5	1,5	151	0,0
65	23.12.2007		-0,4	1022	76,7	0,6	142	0,0
66	24.12.2007		-0,5	1020	78,2	2,5	124	0,0
67	25.12.2007		-0,9	1014	71,0	3,6	133	0,3
68	26.12.2007		1,2	1023	80,3	1,2	143	0,6
69	27.12.2007		3,9	1024	76,0	3,8	150	0,3
70	28.12.2007		4,1	1016	75,0	4,8	154	0,6
71	29.12.2007		4,9	1009	76,1	1,7	198	5,0
72	30.12.2007		5,1	1018	75,3	1,9	248	1,5
73	31.12.2007		3,3	1021	81,8	0,0	150	0,6
74	01.01.2008		-1,5	1017	79,6	0,5	115	0,0
75	02.01.2008		-0,7	1008	65,4	3,5	106	0,0
76	03.01.2008		1,2	1001	59,9	4,9	142	0,0
77	04.01.2008		3,3	1001	62,8	5,9	139	0,9
78	05.01.2008		6,3	997	75,6	1,3	183	4,8
79	06.01.2008		4,4	1005	74,0	1,5	192	4,1
80	07.01.2008		6,8	1008	67,5	3,0	243	1,8
81	08.01.2008	5,4	1010	72,8	3,6	155	0,0	
82	09.01.2008	4,8	1008	76,2	0,6	186	3,8	
83	10.01.2008	8,7	1003	68,5	4,5	173	0,0	
84	11.01.2008	10,4	993	64,5	5,5	164	2,4	
85	12.01.2008	4,0	1006	72,1	1,8	190	0,3	
86	13.01.2008	3,6	1005	69,1	4,7	138	0,0	
87	14.01.2008	7,4	1000	68,7	4,7	162	0,9	
88	15.01.2008	9,2	988	63,6	6,8	173	0,0	
89	16.01.2008	6,8	995	76,5	0,6	188	7,4	
90	17.01.2008	8,3	1000	70,6	3,9	199	5,6	

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 4 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	18.01.2008	Köln, Parkplatzgelände	11,1	1008	72,2	2,7	217	3,6
92	19.01.2008		12,4	1014	75,8	2,9	235	4,5
93	20.01.2008		11,7	1013	72,3	4,5	239	0,0
94	21.01.2008		9,0	1003	70,6	4,3	233	6,5
95	22.01.2008		3,3	1020	71,0	1,6	220	0,0
96	23.01.2008		6,0	1021	68,9	2,7	153	0,0
97	24.01.2008		5,9	1024	74,4	1,0	225	2,7
98	25.01.2008		7,1	1029	62,7	1,7	233	0,0
99	26.01.2008		7,5	1024	64,8	3,5	244	0,0
100	27.01.2008		7,5	1025	73,7	2,0	246	0,0
101	28.01.2008		7,4	1025	65,8	0,0	230	0,0
102	29.01.2008		3,4	1018	71,6	0,1	220	0,0
103	30.01.2008		2,2	1017	80,7	0,6	224	3,9
104	31.01.2008		4,7	999	67,7	5,6	190	2,4
105	01.02.2008	4,1	994	70,1	3,0	227	6,5	
106	02.02.2008	1,3	1011	69,1	1,9	195	1,2	
107	03.02.2008	3,8	1001	55,2	5,9	131	0,0	
108	04.02.2008	4,0	1002	77,0	2,1	171	5,6	
109	05.02.2008	8,2	1003	73,8	4,0	175	19,2	
110	14.02.2008	Bonn	2,5	1028	70,7	1,0	187	0,0
111	15.02.2008		0,6	1033	54,3	1,9	188	0,0
112	16.02.2008		0,8	1034	46,4	0,7	187	0,0
113	17.02.2008		1,7	1028	54,8	0,2	197	0,0
114	18.02.2008		2,0	1021	53,1	0,2	161	0,0
115	19.02.2008		4,6	1013	63,9	0,6	157	0,9
116	20.02.2008		4,9	1013	77,5	0,2	160	0,9
117	21.02.2008		10,1	1015	66,3	0,4	179	0,6
118	22.02.2008		11,1	1017	65,5	1,7	127	0,0
119	23.02.2008		8,6	1015	69,4	0,3	134	0,0
120	24.02.2008		9,7	1011	70,3	0,4	188	0,3



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 5 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
121	25.02.2008	Bonn	11,3	1006	65,2	0,8	153	0,0
122	26.02.2008		9,3	1004	65,5	2,2	72	2,4
123	27.02.2008		7,9	1012	60,6	0,7	150	0,0
124	28.02.2008		8,9	1009	72,4	0,5	117	7,7
125	29.02.2008		9,7	994	66,8	4,7	132	9,2
126	01.03.2008		10,5	999	63,7	4,8	121	0,6
127	02.03.2008		9,6	1001	66,1	1,8	124	2,1
128	03.03.2008		4,4	1004	64,3	1,0	150	9,1
129	04.03.2008		2,9	1017	65,8	2,2	147	0,9
130	05.03.2008		2,8	1019	59,1	0,3	131	0,0
131	06.03.2008		7,1	1010	66,9	0,3	131	0,0
132	07.03.2008		7,7	1004	63,4	0,3	139	0,0
133	08.03.2008		8,1	998	59,4	0,4	153	0,0
134	09.03.2008		8,6	989	58,8	0,8	120	0,0
135	10.03.2008		8,2	979	63,2	2,8	159	2,1
136	11.03.2008		9,7	984	63,5	4,0	122	4,8
137	12.03.2008		7,7	1001	59,9	4,3	122	0,0
138	13.03.2008		9,0	1002	69,2	1,7	134	10,3
139	14.03.2008		8,1	1005	67,8	1,0	173	0,0
140	15.03.2008		11,6	993	66,7	0,4	148	7,7
141	16.03.2008		7,3	998	72,8	2,1	183	16,5
142	17.03.2008		4,3	1005	62,6	2,0	123	0,0
143	18.03.2008		4,7	1005	65,6	2,3	164	0,9
144	19.03.2008		3,6	1007	72,5	1,7	105	5,1
145	20.03.2008		5,5	983	69,0	3,4	133	5,6
146	21.03.2008		2,5	975	75,2	1,2	123	6,8
147	22.03.2008		1,7	989	63,9	3,1	233	1,8
148	23.03.2008		0,7	988	60,3	0,4	171	2,1
149	24.03.2008		1,2	990	74,2	2,5	126	2,7
150	25.03.2008		1,1	995	74,4	0,7	141	7,7

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 6 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
151	26.03.2008	Bonn	3,8	991	81,0	0,3	178	4,2
152	27.03.2008	Bonn	6,8	997	69,5	0,5	131	0,0
153	28.03.2008	Bonn	9,5	1002	55,4	2,7	124	0,3
154	29.03.2008	Bonn	11,4	1003	45,3	1,4	107	0,0
155	30.03.2008	Bonn	12,3	1002	56,5	0,6	181	0,0
156	31.03.2008	Bonn	10,8	1012	58,3	0,6	171	0,0
157	01.04.2008	Bonn	10,6	1011	62,8	2,2	184	2,7
158	02.04.2008	Bonn	8,0	1014	70,2	2,6	194	1,5
159	03.04.2008	Bonn	7,7	1019	70,3	0,7	160	2,1
160	04.04.2008	Bonn	9,4	1009	70,8	0,0	125	3,9
161	05.04.2008	Bonn	4,9	996	76,8	0,6	136	13,6
162	06.04.2008	Bonn	4,3	991	67,7	0,9	241	2,1
163	07.04.2008	Bonn	4,1	997	65,3	1,0	150	0,3
164	08.04.2008	Bonn	6,5	993	61,7	0,6	220	0,0
165	09.04.2008	Bonn	7,1	990	68,4	0,3	219	2,4
166	10.04.2008	Bonn	8,8	990	58,1	0,7	224	0,0
167	11.04.2008	Bonn	9,8	996	52,9	0,7	129	0,0
168	12.04.2008	Bonn	10,3	1002	61,9	1,0	110	1,5
169	13.04.2008	Bonn	8,6	1002	77,7	0,5	163	20,4
170	14.04.2008	Bonn	7,0	1009	75,7	0,5	112	8,6
171	15.04.2008	Bonn	4,7	1013	75,0	0,3	188	5,9
172	16.04.2008	Bonn	5,6	1006	57,7	0,8	214	0,0
173	17.04.2008	Bonn	8,5	995	51,2	2,2	171	0,0
174	18.04.2008	Bonn	10,2	989	55,6	1,5	190	0,0
175	19.04.2008	Bonn	9,0	996	73,0	1,7	175	0,0
176	20.04.2008	Bonn	12,1	995	60,9	2,0	211	0,0
177	21.04.2008	Bonn	13,6	995	56,0	1,5	259	0,0
178	30.09.2008	Brühl	11,4	996	74,2	2,0	214	16,5
179	01.10.2008	Brühl	12,4	992	68,9	6,6	241	5,0
180	02.10.2008	Brühl	9,4	996	67,4	4,6	217	0,6

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 7 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	03.10.2008	Brühl	8,7	1001	72,6	3,4	216	2,1
182	04.10.2008		9,6	1006	61,6	6,1	225	0,0
183	05.10.2008		12,6	997	71,2	8,3	213	9,8
184	06.10.2008		13,4	1007	79,7	0,8	200	2,7
185	07.10.2008		15,4	1005	75,3	2,3	144	0,3
186	08.10.2008		12,5	1012	82,0	1,2	254	5,3
187	09.10.2008		10,1	1024	78,8	0,5	246	0,0
188	10.10.2008		11,6	1024	77,6	0,2	185	0,3
189	11.10.2008		13,0	1020	78,0	0,8	145	0,0
190	12.10.2008		12,9	1017	79,4	1,0	163	0,3
191	13.10.2008		16,2	1011	74,4	1,5	174	0,3
192	14.10.2008		14,1	1012	72,5	1,9	206	0,0
193	15.10.2008		14,3	1006	72,8	4,4	203	4,1
194	16.10.2008		9,3	1005	75,9	3,2	246	6,2
195	17.10.2008		8,3	1012	71,4	2,3	228	0,0
196	18.10.2008		8,7	1012	71,0	0,2	199	0,0
197	19.10.2008		9,5	1013	70,0	1,8	196	0,0
198	20.10.2008		14,2	1004	68,9	3,6	171	0,0
199	21.10.2008		10,3	1006	76,2	1,7	228	2,1
200	22.10.2008		7,8	1017	72,7	1,3	208	0,0
201	23.10.2008		7,5	1019	73,0	2,6	151	0,0
202	24.10.2008		9,7	1018	73,3	1,3	158	0,3
203	25.10.2008		9,9	1021	78,6	1,2	161	0,3
204	26.10.2008		12,6	1007	70,2	3,5	191	7,4
205	27.10.2008		8,0	1000	76,8	1,4	249	3,9
206	28.10.2008		4,5	1002	74,9	0,9	209	0,0
207	29.10.2008		4,7	996	76,8	0,0	212	0,0
208	30.10.2008		4,4	992	77,9	1,5	109	1,8
209	31.10.2008		6,5	998	78,3	1,6	122	4,2
210	01.11.2008		8,4	1001	80,1	0,7	139	1,8

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 8 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	02.11.2008	Brühl	8,9	1006,4	79,3	0,2	193,8	0,0
212	03.11.2008							
213	04.11.2008							
214	05.11.2008							
215	06.11.2008							
216	07.11.2008							
217	08.11.2008							
218	09.11.2008							
219	10.11.2008							
220	11.11.2008							
221	12.11.2008							
222	13.11.2008							
223	14.11.2008							
224	15.11.2008							
225	16.11.2008							
226	17.11.2008							
227	18.11.2008							
228	19.11.2008							
229	20.11.2008							
230	21.11.2008							
231	22.11.2008							
232	23.11.2008							
233	24.11.2008							
234	25.11.2008							
235	26.11.2008							
236	27.11.2008							
237	28.11.2008							
238	29.11.2008							
239	30.11.2008							
240	01.12.2008							

Keine Wetterdaten verfügbar

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 9 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	02.12.2008	Brühl	Keine Wetterdaten verfügbar					
242	03.12.2008							
243	04.12.2008							
244	05.12.2008							
245	06.12.2008							
246	24.07.2008	Teddington	Keine Wetterdaten verfügbar					
247	25.07.2008							
248	26.07.2008							
249	27.07.2008							
250	28.07.2008							
251	29.07.2008							
252	30.07.2008							
253	31.07.2008							
254	01.08.2008							
255	02.08.2008							
256	03.08.2008							
257	04.08.2008							
258	05.08.2008							
259	06.08.2008							
260	07.08.2008							
261	08.08.2008							
262	09.08.2008							
263	10.08.2008							
264	11.08.2008							
265	12.08.2008							
266	13.08.2008							
267	14.08.2008							
268	15.08.2008							
269	16.08.2008							
270	17.08.2008							

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 10 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
271	18.08.2008	Teddington						
272	19.08.2008							
273	20.08.2008							
274	21.08.2008							
275	22.08.2008							
276	23.08.2008							
277	24.08.2008							
278	25.08.2008							
279	26.08.2008							
280	27.08.2008							
281	28.08.2008							
282	29.08.2008							
283	30.08.2008							
284	31.08.2008							
285	01.09.2008							
286	02.09.2008							
287	03.09.2008							
288	04.09.2008							
289	05.09.2008							
290	06.09.2008							
291	07.09.2008							
292	08.09.2008							
293	09.09.2008							
294	10.09.2008							
295	11.09.2008							
296	12.09.2008							
297	13.09.2008							
298	14.09.2008							
299	15.09.2008							
300	16.09.2008							

Keine Wetterdaten verfügbar

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 11 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
301	17.09.2008	Teddington	14,5	1005	68,1	0,6	153	
302	18.09.2008		11,6	1007	72,0	0,5	195	
303	19.09.2008		12,8	1012	70,1	0,3	170	
304	20.09.2008		13,1	1011	70,5	0,5	116	
305	21.09.2008		13,2	1008	70,0	0,6	168	
306	22.09.2008		14,8	1006	76,5	1,1	211	
307	23.09.2008		14,4	1006	76,0	1,8	228	
308	24.09.2008		14,8	1010	81,9	0,8	168	
309	25.09.2008		13,3	1016	74,7	0,7	89	
310	26.09.2008		13,4	1016	75,6	0,7	146	
311	27.09.2008		12,0	1011	80,6	0,1	206	
312	28.09.2008		13,9	1005	70,7	0,2	300	
313	29.09.2008		14,0	997	71,7	0,3	235	
314	30.09.2008		13,7	984	83,8	0,4	210	
315	01.10.2008		10,4	985	71,9	0,4	232	
316	02.10.2008		9,5	988	69,7	0,7	272	
317	03.10.2008		9,3	999	64,0	0,6	279	
318	04.10.2008		14,1	985	87,0	1,1	179	
319	05.10.2008		10,1	987	88,7	0,6	259	
320	06.10.2008		14,8	991	87,0	0,9	161	
321	07.10.2008		12,7	991	89,6	0,6	219	
322	08.10.2008		9,6	1008	80,6	0,2	276	
323	09.10.2008		13,3	1013	80,2	0,3	184	
324	10.10.2008		12,0	1009	84,4	0,4	210	
325	11.10.2008		12,8	1007	85,9	0,2	198	
326	12.10.2008		15,4	1001	86,5	0,3	206	
327	13.10.2008		12,5	1001	90,9	0,1	209	
328	14.10.2008		14,4	998	90,5	0,3	192	
329	15.10.2008		12,1	994	86,8	0,3	255	
330	16.10.2008		8,2	1001	78,7	0,4	241	

**Anlage 6**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

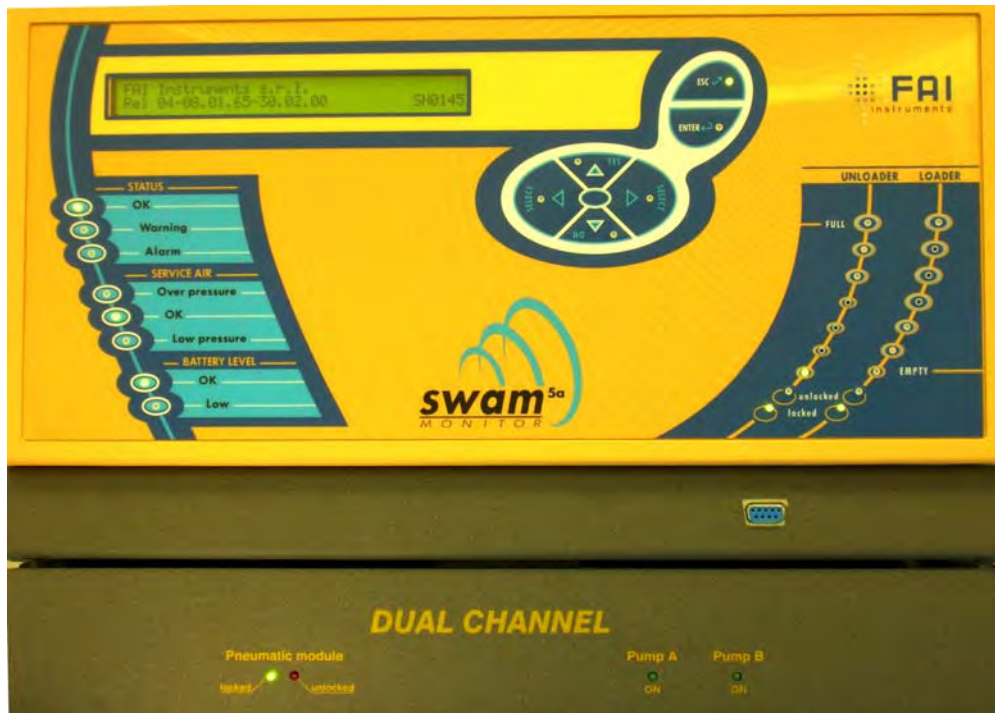
**Blatt 12 von 12**

Nr.	Datum	Standort	Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
331	17.10.2008	Teddington	9,0	1002,0	83,8	0,0	228,9		
332	18.10.2008		10,6	1001	83,3	0,1	213		
333	19.10.2008		14,0	995	76,3	0,8	192		
334	20.10.2008		11,2	989	90,2	0,4	203		
335	21.10.2008		6,7	999	80,5	0,2	214		
336	22.10.2008		9,4	1006	80,9	0,2	226		
337	23.10.2008		13,6	1000	79,8	1,0	195		
338	24.10.2008		6,5	1011	85,1	0,2	250		
339	25.10.2008		14,1	1002	81,8	0,9	194		
340	26.10.2008		9,2	995	95,0	0,0	227		
341	27.10.2008		4,2	994	85,6	0,1	285		
342	28.10.2008		4,3	994	81,7	0,5	253		
343	29.10.2008		4,3	984	77,8	0,4	153		
344	30.10.2008		5,3	985	79,6	1,1	161		
345	31.10.2008		5,7	992	80,1	0,9	245		
346	01.11.2008		8,8	989	91,5	1,2	233		
347	02.11.2008		10,1	997	88,9	0,8	224		
348	03.11.2008		10,6	998	93,6	0,9	151		
349	04.11.2008		11,4	1001	86,2	0,8	179		
350	05.11.2008		10,5	998	92,6	0,5	284		
351	06.11.2008		10,5	992	90,7	0,4	161		
352	07.11.2008								
353	08.11.2008								
354	09.11.2008								

Keine Wetterdaten verfügbar



## Anlage 7: Softwareversion



### Anmerkung:

Während der Prüfung wurde die Software beständig bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 weiterentwickelt und optimiert. Es ist durch die durchgeführten Änderungen bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 kein Einfluss auf die Geräteperformance zu erwarten.

## **Anhang 2**

### **Untersuchungen zum unterschiedlichen Abscheideverhalten der PM 10-Probenahmeköpfe für das Referenzgerät im Vergleich zu den PM 10-Probenahmeköpfe der Prüflinge SWAM5a DC Monitor**

Problemstellung – Daten- und Ursachenanalyse – Korrekturmaßnahmen

## **A) Beschreibung und Zusammenfassung der Problematik**

Für PM10 ist folgendes zu beachten:

Im Rahmen der Prüfung wurde festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbelastung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmessungen vorliegen. Es konnten v.a. an Tagen mit relativ hoher Staubbelastung (stabile Wetterlagen im Winter) deutliche Unterschiede zwischen der Referenz und den Prüflingen beobachtet werden. Als Folge dessen liegen auch die ermittelten erweiterten Messunsicherheiten für die Komponente PM10 signifikant höher als die für PM2,5 ermittelten Unsicherheiten.

Da die Messeinrichtung SWAM5a Dual Channel Monitor die abgeschiedenen Partikelmassen sowohl für PM10 als auch für PM2,5 mit ein und demselben Messmodul bestimmt und alle relevanten Parameter (Design der Probenahmeköpfe, Durchflussraten, Dichtheit) bei den Prüflingen den Anforderungen entsprechen, können die signifikant schlechteren PM10-Ergebnisse im Vergleich zu den PM2,5-Ergebnissen nicht in der Performance der Prüflinge begründet sein.

Bei der Durchführung der Prüfung am Standort Brühl im Sommer 2008 konnten diese Effekte dann in nochmals deutlich verstärkter Ausprägung beobachtet werden (PM2,5 unauffällig, PM10 zum Teil sehr große Abweichungen, siehe Anlage 2, Punkt C) Standort Brühl (Ermittlung der systematischen Abweichungen in den Probenahmeköpfen)). Die inakzeptablen Ergebnisse für PM10 in Brühl führten schließlich zum Abbruch der Untersuchungen an diesem Standort und zu einer intensiven Ursachenanalyse.

Die Untersuchung des vorhandenen Datenmaterials (Köln, Bonn und insbesondere Brühl) zeigt deutlich, dass es signifikante Unterschiede in der  $PM_{\text{Coarse}}$  – Fraktion (= PM10-PM2,5) zwischen den Prüflingen und Referenzen gibt. Dies deutet auf ein unterschiedliches Abscheideverhalten der eingesetzten Probenahmeköpfe hin. Bei genaueren Untersuchungen des verwendeten Equipments stellte sich nun heraus, dass die in diesem Kapitel 5 beschriebenen Referenzgeräte für PM10 in der Ausführung der PM10 Düsen von den Vorgaben der EN12341 abweichen. An Stelle eines durchgängig geraden Innendurchmessers der Düsen von 6,5 mm weisen die verwendeten Düsen der Firma LECKEL GmbH einen Innendurchmesser von 10 mm aus, der sich zum Düsenende hin auf 6,5 mm verjüngt. Abbildung 34 zeigt schematisiert den Unterschied im Design der Düsen. Das Design der Probenahmeköpfe der FAI-Prüflinge entspricht hingegen exakt den Vorgaben der EN 12341.

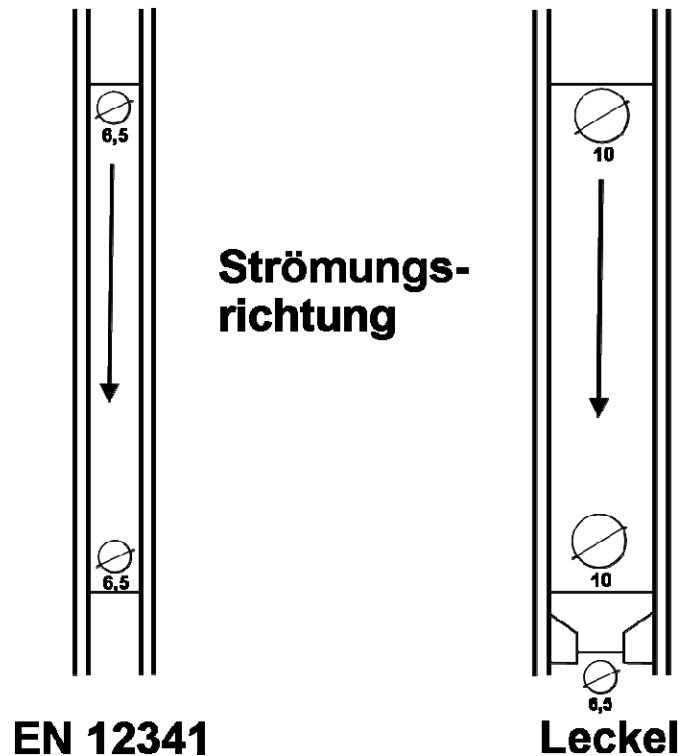


Abbildung 90: Schematisches Design der Impaktordüsen gemäß EN 12341 und der verwendeten Referenzgeräte

Die eingesetzten Düsen der Firma Leckel unterscheiden sich definitiv von den Vorgaben der EN 12341. Der Hersteller versichert hierbei, dass seine Düsen ein Abscheideverhalten sicherstellen, welches näher an der PM10-Definition angelehnt ist. Auch konnte in der Vergangenheit (u.a. in verschiedenen Eignungsprüfungen) festgestellt werden, dass der Einfluss bei den üblicherweise anzutreffenden Schwebstaubelevels und -zusammensetzungen (kein signifikant hoher Grobstaubanteil) nicht deutlich wurde und es daher auch keine offensichtlichen Probleme im Vergleich Referenz vs. Prüfling gab.

Nichtsdestotrotz konnte der vorgefundene Unterschied in der Bauausführung der Probenahmeköpfe als Ursache für das vor allem bei hohen Anteilen von Partikeln im Bereich um 10 µm signifikant abweichende Abscheideverhalten der Referenzgeräte im Vergleich zu den Prüflingen ermittelt werden.

Besonders deutlich werden die Effekte am Standort Brühl, da hier die Geräte inmitten einer Kies-/Sandgrube aufgestellt sind und somit vor allem in der trockenen Jahreszeit erheblichen Grobstaubanteilen ausgesetzt sind. Der Standort Teddington ist auf Grund der insgesamt niedrigen Schwebstaubbelastungen verbunden mit niedrigen Grobstaubanteilen, auf den ersten, oberflächlichen Blick nicht weiter auffällig. Bei genauerer Untersuchung der Datensätze kann aber auch hier das unterschiedliche Abscheideverhalten deutlich herausgestellt werden.

Es bleibt festzustellen, dass die Abweichung der Referenzgeräte für PM10 einen signifikanten Beitrag zur Gesamtunsicherheit der Messeinrichtungen beigetragen hat. Dies betrifft im Wesentlichen die Ergebnisse für die Standorte Köln und Bonn. Am Standort Teddington ist der Beitrag ebenfalls nachweislich vorhanden, allerdings in einem vernachlässigbarem Umfang.

Die in diesem Bericht aufgeführten (guten) Ergebnisse des Standortes Brühl sind darin begründet, dass der Standort Brühl komplett mit richtlinienkonformen PM10-Düsen wiederholt wurde.

Die Messeinrichtung SWAM5a erfüllt auch mit der beschriebenen Problematik die Mindestanforderungen für PM10. Da die offensichtlich erhöhten Unsicherheiten, die in der Ausführung des Referenzgerätes PM10 begründet sind, nicht zum Nachteil der Prüflinge gereichen sollen und zum Anderen die hohe Leistungsfähigkeit der geprüften Messeinrichtung herausgestellt werden soll, enthält dieser Anhang 2 eine detaillierte Beschreibung der festgestellten Problematik sowie einen in Zusammenarbeit zwischen TÜV und Gerätehersteller entwickelten Korrekturverfahrens zur theoretischen Berücksichtigung des Einflusses des unterschiedlichen Abscheideverhaltens zwischen den verschiedenen Probenahmeköpfen.

### **Wichtig!**

**Die Messkomponente PM2,5 ist von der beschriebenen Problematik in keiner Weise betroffen.**

## **B) Datenanalyse**

### **B1. Einleitung**

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wurde festgestellt, dass vor allem an Tagen mit hoher Staubbelastung für PM 10 teilweise auffällig große Abweichungen im Vergleich zu den Referenzmessungen vorliegen. Es konnten v.a. an Tagen mit relativ hoher Staubbelastung (stabile Wetterlagen im Winter) deutliche Unterschiede zwischen der Referenz und den Prüflingen beobachtet werden. Als Folge dessen liegen auch die ermittelten erweiterten Messunsicherheiten für die Komponente PM10 signifikant höher als die für PM2,5 ermittelten Unsicherheiten.

Eine genauere Untersuchung des eingesetzten Equipments ergab, dass die im Referenzgerät eingesetzten Impaktordüsen baulich von den Vorgaben der EN 12341 abweichen, während die von den Prüflingen eingesetzten Probenahmeköpfe EN 12341-konform sind.

- In Anbetracht der dimensionsbedingten Abweichung der im Rahmen der Referenzmethode verwendeten LECKEL PM10-Köpfe in Bezug auf die DIN EN 12341 an den Standorten Köln, Bonn und Teddington;
- unter Berücksichtigung, dass diese Abweichung eine Unterschätzung der PM10-Konzentrationen im Vergleich zu den Sollwerten, die man bei Einsatz eines konformen Probenahmekopfes erhalten würden, nach sich zieht, sowie im speziellen eine Verzerrung der Grobstaubfraktion (Coarse) der Proben verursacht;
- unter Beachtung dass im Rahmen der Prüfung am Standort Brühl experimentell aufgezeigt werden konnte, dass dieser Einfluss im Falle von hohen Grobstaubanteilen zu mehr als 50 % Abweichung führen kann (siehe B3);
- wenn man bedenkt, dass dieser negative Beitrag eines systematischen Fehlers in der Unsicherheitsauswertung (erweiterte relative Unsicherheit) zwischen Referenz und Prüflingen enthalten ist;
- und das dieser systematische Fehler keinen negativen Einfluss auf die Bewertung der Prüflinge hat;

wird im folgenden eine Auswertung der Feldtestdaten vorgenommen, die das Ziel hat den systematischen Fehler quantitative zu bestimmen und den Beitrag dieses Fehlers auf die Bestimmung der erweiterten relativen Unsicherheit der Prüflinge zu entfernen.

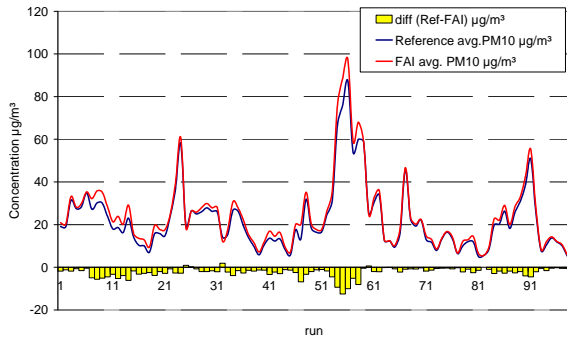
Die Analyse der Daten im Hinblick auf die Abweichungen im Abscheideverhalten der eingesetzten PM10-Probenahmeköpfe sowie die Ermittlung eines geeigneten Korrekturansatzes erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Experten (Dr. Antonio Febo) der Firma FAI Instruments s.r.l.

## B2. Datenanalyse

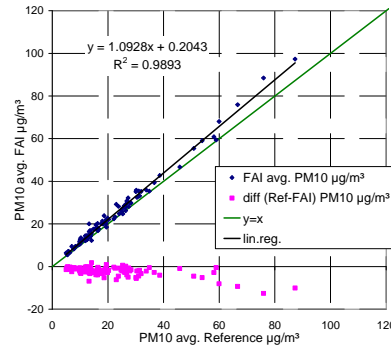
### B2.1 Vorgehensweise am Beispiel des Standortes Köln

Bei Betrachtung der Daten aus einer ersten deskriptiven Beschreibung der PM10 und PM2,5 – Konzentrationen im Vergleich zur Referenz (siehe Grafik 1,2,3, und 4) zeigt sich folgendes:

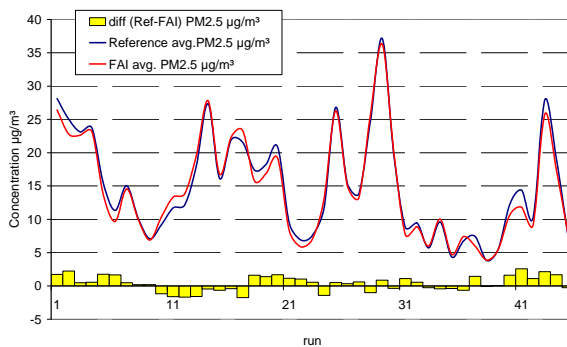
1. Das Niveau der kombinierten Unsicherheit der Rohwerte für PM10 im Vergleich Referenz gegen Prüfling ist wesentlich höher als dass der Rohwerte für PM2,5 (5,21 vs. 1,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. Die Streuung der PM10 Daten ist größer als die der PM2,5 Daten;
3. Die PM10 Konzentrationen der Referenzmethode sind statistisch signifikant niedriger als die der entsprechenden Messwerte der Prüflinge (22,4 vs. 24,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



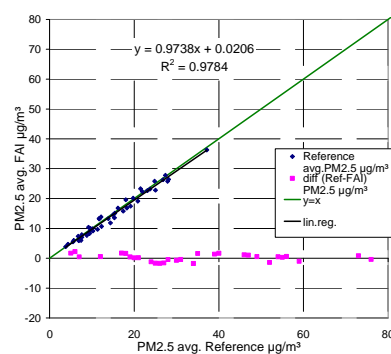
Grafik 1: PM10 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 2: PM10 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz



Grafik 3: PM2,5 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 4: PM2,5 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz

Die Ergebnisse bestätigen das Vorhandensein eines negativen Beitrags eines systematischen Fehlers in der Bestimmung der Referenz-PM10-Konzentrationen (Unterschätzung der Grobstaubfraktion), aber sie erlauben keine quantitative Bestimmung des Fehlers.

### B2.1.1 Methode zur Bestimmung des systematischen Fehlers

Die Verfügbarkeit von PM2,5-Werten kontextabhängig zu PM10-Werten – sowohl für die Referenzmethode als auch für die Prüflinge – ermöglicht die Anwendung eines Datenanalyseverfahrens basierend auf einem Vektoransatz zur Quantifizierung des Fehlers. Bei diesem Ansatz werden PMx – Proben als Vektorgößen betrachtet, die in 2 Komponenten zerlegbar sind – Fein- und Grobstaub. Somit kann jede PM10-Probe als Summe der zugehörigen PM2,5-Probe sowie der  $PM_{10-2.5}$  - Fraktion (Grobstaubfraktion der PM10-Probe, ergänzend zum PM2,5) dargestellt werden.

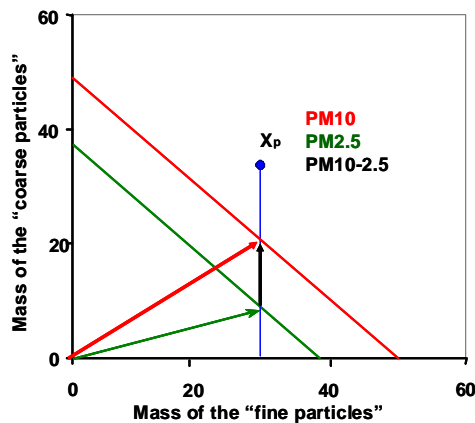


Bild 1: Vektordarstellung einer PM10-Probe

Die quantitative Bestimmung der  $PM_{10-2.5}$  - Fraktion unter Verwendung der PM10 und PM2,5 Konzentrationen kann folgendermaßen erfolgen:

$$PM_{10-2.5} = PM_{10} - PM_{2.5} \quad (\text{Massenkonzentration der Grobstaubfraktion}) \quad (0.1)$$

Darüber hinaus ist es sinnvoll, die Differenzen  $\Delta PM_{10}$  und  $\Delta PM_{2.5}$  (zwischen Prüflingen und Referenz) als Funktion der Terme, die zu ihrer Bestimmung beitragen, darzustellen:

$$\Delta PM_x \rightarrow \delta T_x, \delta L, \delta M_{\beta G}, \varepsilon, unknown \quad (0.2)$$

Mit:

- $\delta T_x$  ist der Beitrag auf Grund der Unterschiede zwischen Prüflingen und Referenz im Cut-Size (mit dem Sollwert "x") der Probenahmeköpfe;
- $\delta L$  ist der Beitrag auf Grund von möglichen Unterschieden zwischen Prüflingen und Referenz in den Artefakten während der Probenahme und der Lagerphasen der Filtermedien;
- $\delta M_{\beta G}$  ist der Beitrag auf Grund der operativen Unterschiede zwischen zwei Massenbestimmungstechniken ( $\beta$  - Abschwächung und Gravimetrie);
- $\varepsilon$  ist der zufällige Beitrag bei Normalverteilung, der mit den Messprozessen verknüpft ist;
- unknown* ist der Term, der jegliche mögliche verdeckte Abweichungen abdeckt.



In diesem speziellen Fall, bezogen auf die  $\Delta PM_{10}$  und  $\Delta PM_{2,5}$  Daten, nimmt (1.2) folgende Form an,

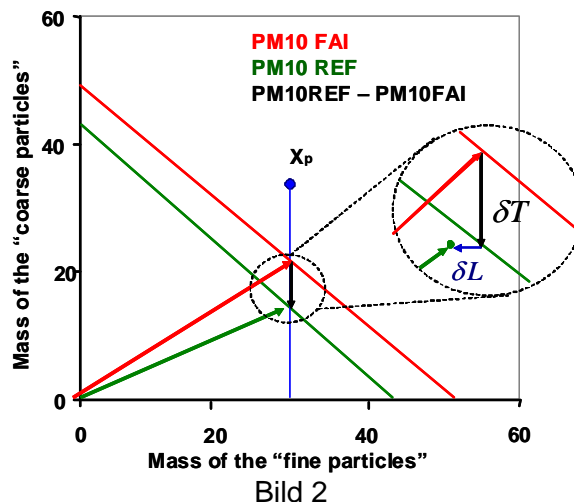
$$\Delta PM_{10} = \delta T_{10} + \delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.3)$$

$$\Delta PM_{2,5} = \delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.4)$$

da die nachfolgenden Aussagen als gültig betrachtet werden können:

1.  $\delta T_{10} \neq 0$ , da für die Referenzmethode an den Standorten Köln, Bonn und Teddington ein Probenahmekopf verwendet wurde, der nicht DIN EN 12341-konform ist;
2.  $\delta T_{2,5} = 0$ , da die Probenahmeköpfe der PM2,5 für die Referenzmethode und die Prüflinge äquivalent sind;
3.  $\delta L_{10} = \delta L_{2,5} = \delta L$ , da Referenzmethode und Prüflinge unterschiedliche Filterarten benutzt haben (Glasfaser für Prüflinge, Quarzfaser an den deutschen Standorten für die Referenzmethode und EMFAB am englischen Standort für die Referenzmethode), da beide mit dergleichen Betriebsdurchflussrate arbeiten und da die Artefakte auf Grund von Verlusten an flüchtigen Bestandteilen, die wiederum im Wesentlichen mit der Feinstaubfraktion verbunden sind, als quantitativ äquivalent in den PM10 und PM2,5-Proben betrachtet werden können

Bild 2 zeigt die Vektordarstellung von (0.3).



Die PM10-Daten können, sowohl für Referenz als auch für die Prüflinge, als Gleichungen in der folgenden Form ausgedrückt werden,

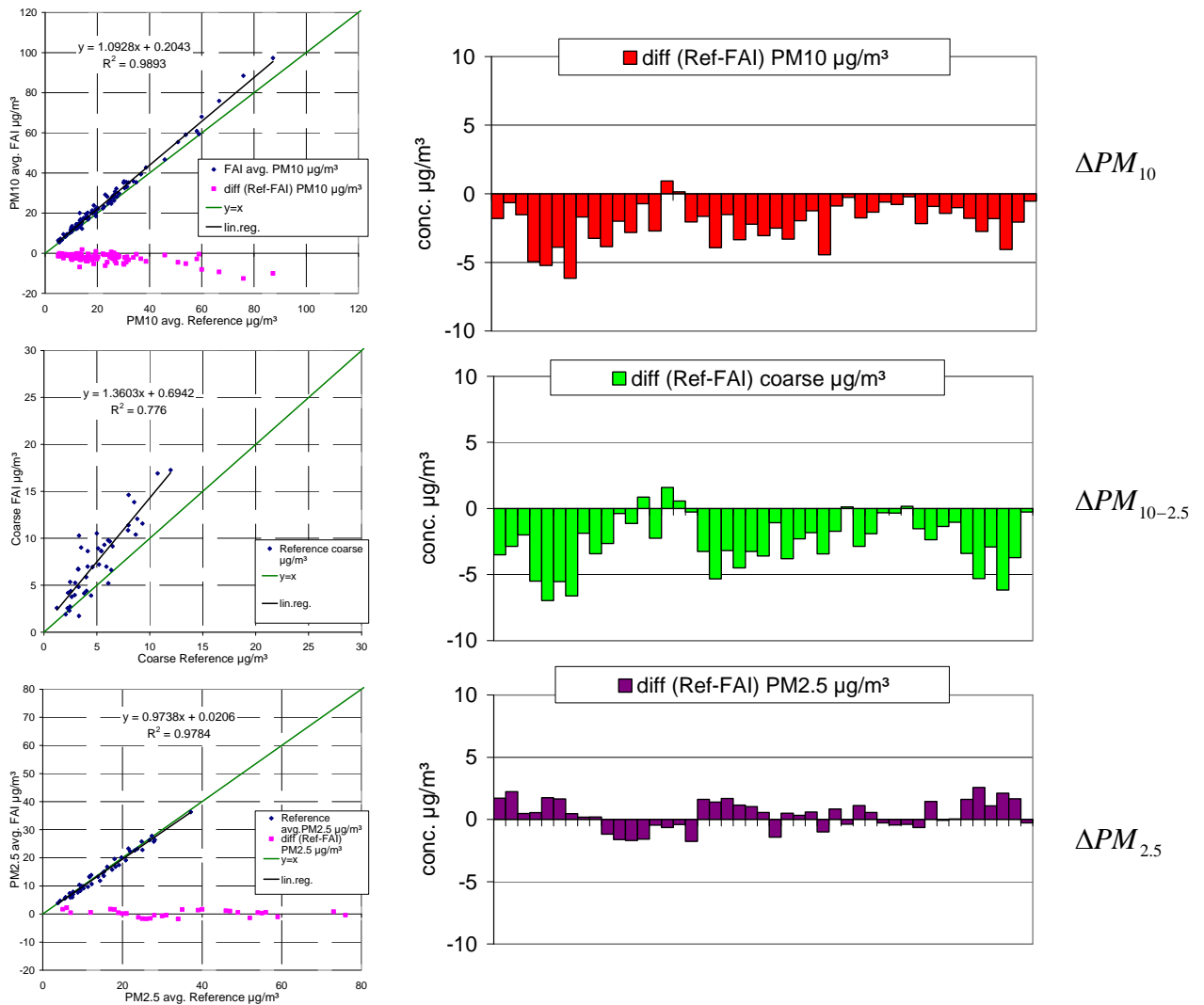
$$\begin{aligned} PM_{10RM} &= PM_{2,5RM} + (PM_{10RM} - PM_{2,5RM}) \\ PM_{10CM} &= PM_{2,5CM} + (PM_{10CM} - PM_{2,5CM}) \end{aligned} \quad (0.5)$$

d.h. als Summe der PM2,5-Konzentrationswerte und der Grobstaubfraktionswerte.

Aus diesem Grund ist die Differenz in der PM10-Konzentration zwischen Referenzmethode und Prüflingen folgendermaßen darstellbar:

$$\Delta PM_{10} = \Delta PM_{2.5} + \Delta PM_{10-2.5} \quad (0.6)$$

Grafik 5 zeigt die experimentellen Ergebnisse vom Standort Köln im Sinne der Formel (0.6).



Grafik 5

Es wird deutlich, dass die Unterschiede  $\Delta PM_{10}$  im Wesentlichen durch die Unterschiede zwischen Prüflingen und der Referenzmethode in der Betrachtung der Grobstaubfraktion bestimmt werden.

Darüber hinaus ist es für eine analytische Betrachtung der systematischen Fehler auf Grund der Unterschiede in den PM10-Probenahmeköpfen sinnvoll zu beachten, dass man durch Substraktion der Formel (0.4) von (0.3) eine Variable "D" erhält, die funktional mit  $\delta T_{10}$  zusammenhängt:

$$\Delta PM_{10} - \Delta PM_{2.5} = D \rightarrow \delta T_{10} + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.7)$$

Es ist zu beachten, dass "D" mit den Differenzen zwischen den Grobstaubfraktionen, bestimmt mit der Referenzmethode und den Prüflingen, übereinstimmt:

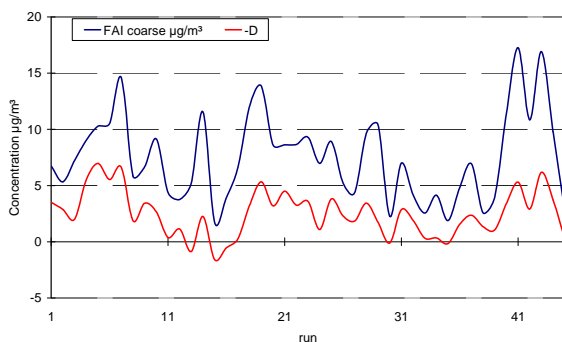
$$\begin{aligned} D &= \Delta PM_{10} - \Delta PM_{2.5} = (PM_{10RM} - PM_{10CM}) - (PM_{2.5RM} - PM_{2.5CM}) = \\ &= (PM_{10RM} - PM_{2.5RM}) - (PM_{10CM} - PM_{2.5CM}) = PM_{10-2.5RM} - PM_{10-2.5CM} \end{aligned} \quad (0.8)$$

Auf der anderen Seite kann der erwartete Zusammenhang zwischen  $\delta T_{10}$  und der Grobstaubfraktion ( $PM_{10CM} - PM_{2.5CM}$ ) durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

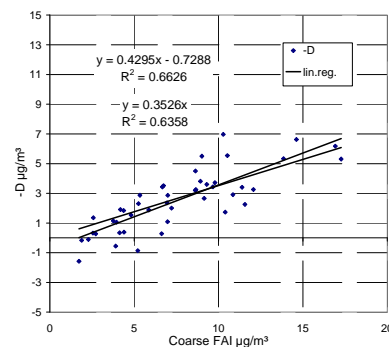
$$(\delta T_{10})_i = \alpha_i (PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i \quad (0.9)$$

Wobei  $\alpha_i$  einen Koeffizienten darstellt, der von der granulometrischen Verteilung der Partikel abhängt, mit "i" für den i-ten täglichen Probenahmezyklus.

Vergleicht man  $D_i$  und die  $(PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$  - Daten (siehe Grafik 6 und 7), wird deutlich, dass der zweite Term in (0.7) quantitative durch  $(\delta T_{10})_i$  dargestellt wird.



Grafik 6



Grafik 7

Tatsächlich ist zu erkennen, dass die Variable "D" und die Grobstaubfraktion eine zeitliche Modulation aufweisen, welche durch einen gemeinsamen Träger gekennzeichnet ist. Diese Aussage wird unterstützt durch den signifikanten Wert des Korrelationskoeffizienten nach Pearson (D vs Grobstaub). Aus diesem Grunde konnte gezeigt werden, dass sich die Verbindung zwischen  $D_i$  und  $(PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$  folgendermaßen darstellt:

$$D_i = a + b_i (PM_{10} - PM_{2.5}) \quad (0.10)$$

Durch Vergleich von (0.10) mit (0.9), kann gefolgert werden, dass der Hauptbeitrag zur Bestimmung des Wertes für  $D_i$  vom Term  $(\delta T_{10})_i$  stammt. Damit ist die Verbindung mit der Inhomogenität zwischen den für die Referenzmethode und den Prüflingen verwendeten PM10-Probenahmeköpfen erstellt.

Unter Erinnerung an (0.3) und (0.9)

$$\Delta PM_{10} = \delta T_{10} + \delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.3)$$

$$(\delta T_{10})_i = \alpha_i (PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i \quad (0.9)$$

Kann man schreiben, dass:

$$(PM_{10RM} - PM_{10CM}) = \alpha_i (PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i + (\delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown) \quad (0.11)$$

wobei der Term " $\alpha_i (PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$ " die systematische Abweichung zwischen den Probenahmeköpfen auf Grund der Inhomogenitäten (Beitrag zur kombinierten Unsicherheit, der nicht den Prüflingen angelastet werden kann) darstellt, während ausschließlich der Term " $(\delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown)$ " den wahren Wert der kombinierten Unsicherheit, die mit den Prüflingen in Verbindung gebracht werden kann, bestimmt.

Um den Term " $(\delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown)$ " zu bestimmen, ist es daher notwendig den Term " $\alpha_i (PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$ " abzuschätzen und dann den  $\alpha_i \forall i$  Wert zu kennen. Auf der anderen Seite ist es augenscheinlich unmöglich, den Wert für  $\alpha_i$  für jeden Probenahmezyklus zu bestimmen - ohne detaillierte Informationen über die granulometrische Verteilung des Grobstaubs für jeden i-ten Tag und ohne Informationen über die wirkliche Selektionsleistung des eingesetzten Kopfes für die Referenzmethode.

Es ist aber möglich einen Mittelwert  $\bar{\alpha}$  aus  $\alpha_i$  zu bestimmen, dargestellt als bestmögliche Abschätzung, durch eine Regressionsanalyse, in der die unabhängige Variable durch  $(PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$  dargestellt wird und die abhängige Variable durch  $\Delta PM_{10}$ .

**Für den Standort Köln erhält man  $\bar{\alpha} = -0,32 \pm 0,03$ .**

### B2.1.2 Beseitigung des systematischen Fehlers

Der Zusammenhang zwischen den mit der Referenzmethode bestimmten PM10-Daten und den um die Abweichung  $(\delta T_{10})_i$  korrigierten Daten  $PM_{10RMi}^*$  wird durch folgende Gleichung beschrieben:

$$PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - (\delta T_{10})_i = PM_{10RMi} - \alpha_i (PM_{10CMi} - PM_{2.5CMi}) \quad (0.12)$$

Da es offensichtlich unmöglich ist, den Wert für  $\alpha_i$  für jeden i-ten Probenahmezyklus zu kennen, wird die bestmögliche Abschätzung von " $PM_{10RMi}^*$ " durch folgende Gleichung beschrieben:

$$\boxed{PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - \bar{\alpha} (PM_{10CMi} - PM_{2.5CMi})} \quad (0.13)$$

So kann wieder die Gleichung (0.11) geschrieben werden

$$(PM_{10RM}^* - PM_{10CM}) = \left[ (\alpha_i - \bar{\alpha}) (PM_{10CMi} - PM_{2.5CMi}) \right] + (\delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown) \quad (0.14)$$

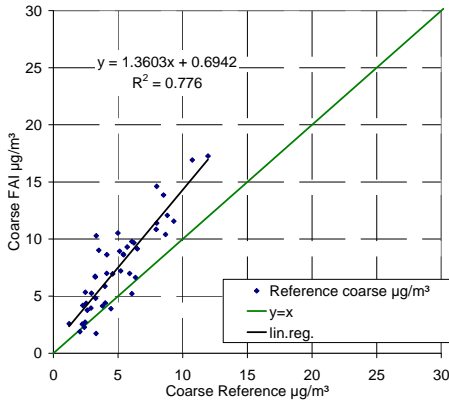
Wobei der Term  $\left[ (\alpha_i - \bar{\alpha}) (PM_{10CMi} - PM_{2.5CMi}) \right]$  das Restglied der Korrektur der Abweichung darstellt.

$$(PM_{10RM}^* - PM_{10CM}) = (\delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown) + residual\ bias \quad (0.15)$$

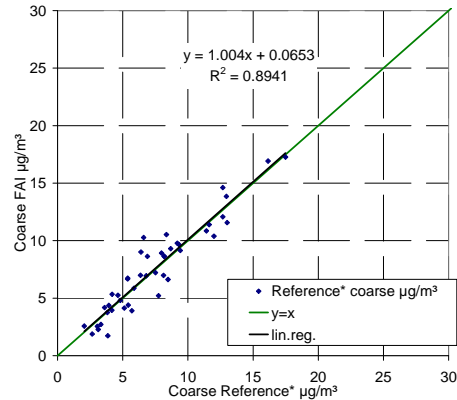
von der man ableitet, dass (0.15) die Abschätzung des wahren Wertes der kombinierten Unsicherheit bezüglich der Prüflinge ermöglicht.

Es ist zu beachten, dass diese Abschätzung eine Überschätzung der wahren kombinierten Unsicherheit darstellt, da noch der Term der „Restabweichung, residual bias“ enthalten ist

Mittels (0.15) ist es nun möglich, die Daten vom Standort Köln nochmals zu analysieren (siehe Grafik 8, 9, 10 und 11).

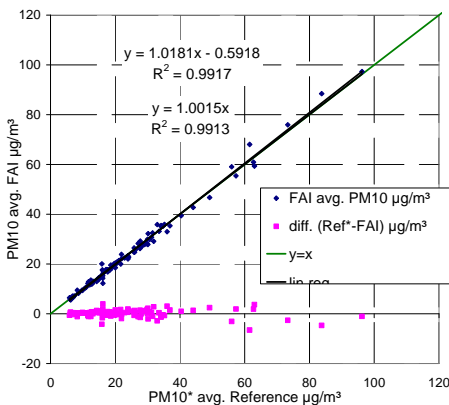


Grafik 8: Grobstaub FAI vs Grobstaub Referenz

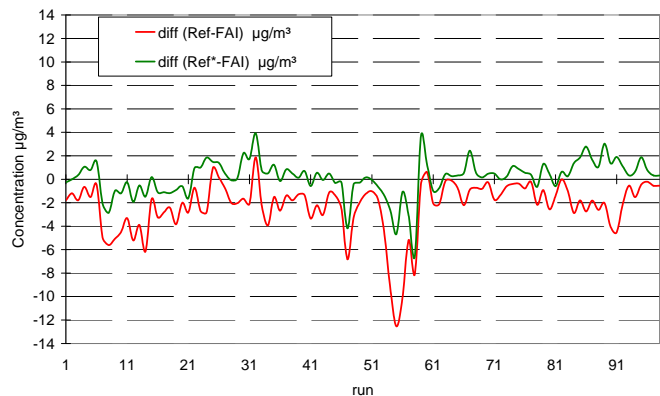


Grafik 9: Grobstaub FAI vs Grobstaub Referenz\*

Nach der Beseitigung der systematischen Abweichung ist festzustellen, dass das Streudiagramm zwischen Grobstaub Prüfling und Grobstaub Referenz eine ideale Steigung und eine deutliche Erhöhung des Wertes für  $R^2$  im Vergleich zu den unkorrigierten Daten aufzeigt; diese Erhöhung demonstriert deutlich, dass die durchgeführte Korrektur eine funktionale Korrektur ist und nicht bloß ein einfacher „Korrekturfaktor“.  
Diese Betrachtungen können auch auf die Datenanalyse für PM10 und auf die Analyse der Differenzen  $\Delta PM_{10}$  übertragen werden.



Grafik 10: PM10 FAI vs PM10Ref\*



Grafik 11: Zeitlicher Verlauf der Differenzen der PM10-Konzentrationswerte (Ref-FAI) und (Ref\*-FAI)

In Bezug auf das Streudiagramm zwischen den PM10-Konzentrationswerten, kann festgestellt werden, dass die Steigung ein fast idealen Wert annimmt und der Korrelationskoeffizient nach Pearson sogar von 0,98 (siehe Grafik 2) auf Werte größer 0,99 (siehe Grafik 10) ansteigt.

### **B2.1.3 Schlussfolgerungen**

1. Die Präsenz von systematischen Fehlern auf Grund  $(\delta T_{10})_i$  wurde unterstrichen und ausgewertet.
2. Nach dem Beseitigen der systematischen Abweichungen, konnte der Wert der kombinierten Messunsicherheit von  $5,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $1,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verringert werden, was bedeutet, dass nahezu 78 % des Wertes für die kombinierte Messunsicherheit der unkorrigierten Werte durch die systematische Abweichungen bestimmt wurden.

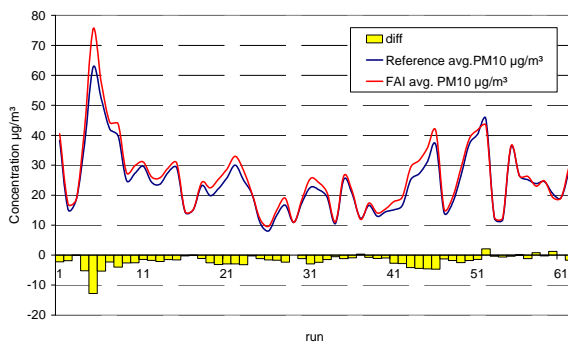
Unter Punkt C und D des Anhang 2 erfolgt auf Basis der korrigierten Werte eine Neubewertung der „Gleichwertigkeit des Probenahmesystems (DIN EN 12341)“ sowie der „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge (Leitfaden)“.

## B2.2 Standort Bonn

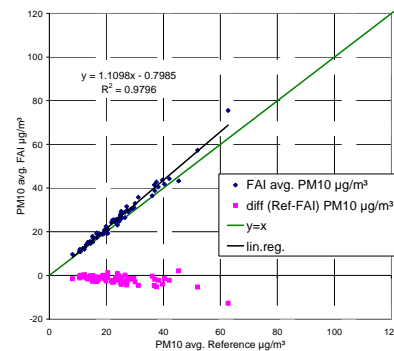
Für den Standort Bonn wurde die dieselbe Methode zur Datenanalyse angewandt wie für den Standort Köln beschrieben.

Aus der ersten deskriptiven Analyse der PM10 und PM2,5-Konzentrationen (siehe Grafik 12, 13, 14 und 15), wird klar, dass:

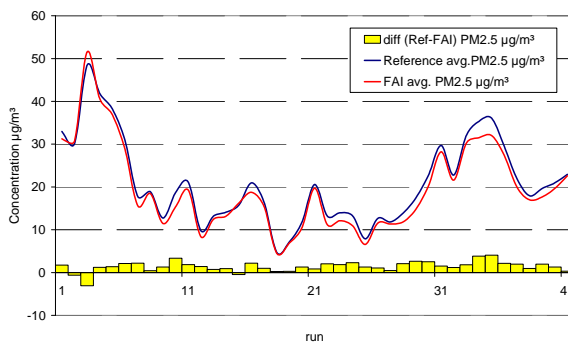
1. Das Niveau der kombinierten Unsicherheit der Rohwerte für PM10 im Vergleich Referenz gegen Prüfling ist wesentlich höher als dass der Rohwerte für PM2,5 (5,29 vs. 1,79  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. Die Streuung der PM10 Daten ist größer als die der PM2,5 Daten;
3. Die PM10 Konzentrationen der Referenzmethode sind statistisch signifikant niedriger als die der entsprechenden Messwerte der Prüflinge (24,2 vs. 25,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



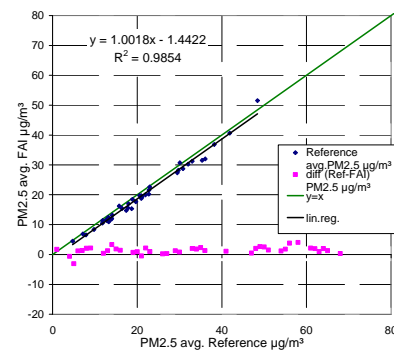
Grafik 12: PM10 Referenz und Prüflinge: Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 13: PM10 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz



Grafik 14: PM2,5 Referenz und Prüflinge: Zeitlicher Verlauf und Differenzen

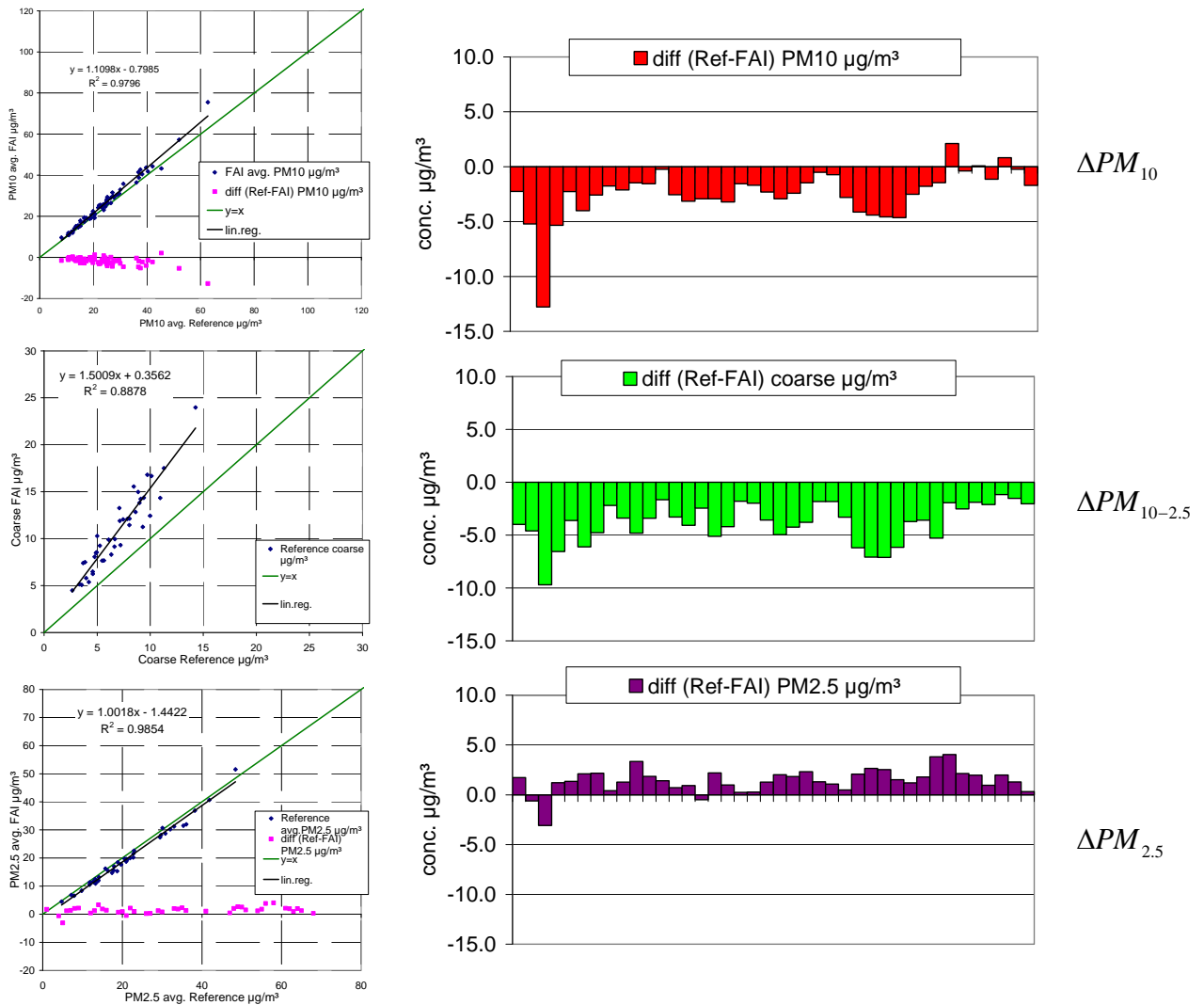


Grafik 15: PM2,5 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz



Auch in diesem Fall bestätigen die Ergebnisse das Vorhandensein eines negativen Beitrags eines systematischen Fehlers in der Bestimmung der Referenz-PM10-Konzentrationen (Unterschätzung der Grobstaubfraktion).

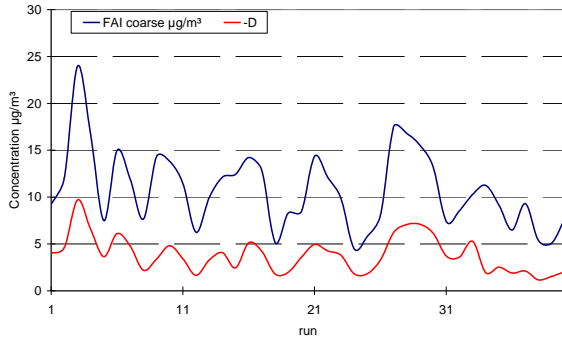
Grafik 16 zeigt die experimentellen Ergebnisse vom Standort Bonn im Sinne der Formel (0.6).



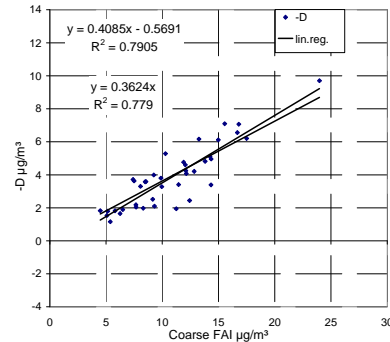
Grafik16

Die Bedeutung des Beitrags der systematischen Abweichung  $(\delta T_{10})_i$  zur Bestimmung der Differenzen  $\Delta PM_{10}$  ist offenkundig, auch wenn in diesem Fall der Beitrag durch  $\delta L$ , verbunden mit den Differenzen zwischen den verwendeten Filtertypen für die Prüflinge und die Referenzmethode (siehe  $\Delta PM_{2.5}$ ) nicht quantitativ vernachlässigbar ist.

Wie erwartet, ergibt sich auch in diesem Fall aus dem Vergleich zwischen  $D_i$  und den Werten für  $(PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$  (siehe Grafik 17 und 18), dass der zweite Term gemäß (0.7) offensichtlich quantitativ durch  $(\delta T_{10})_i$  darstellbar ist.



Grafik 17

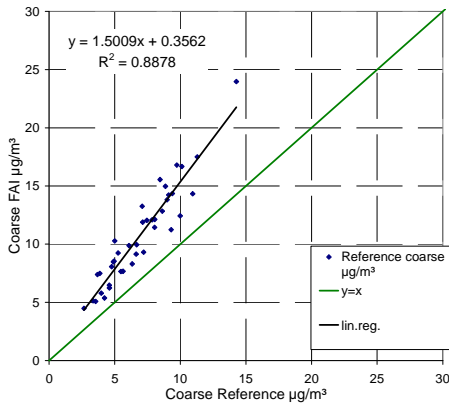


Grafik 18

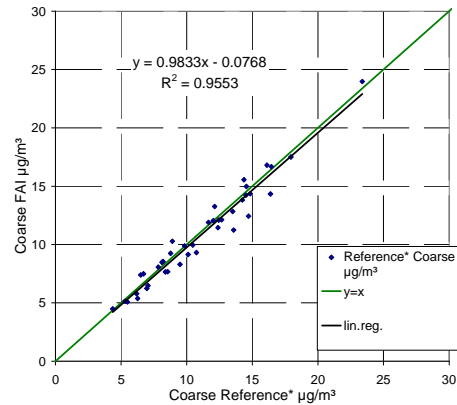
Als Folge ist es auch für die Daten des Standortes Bonn möglich, einen Mittelwert  $\bar{\alpha}$  aus  $\alpha_i$  durch Regressionsanalyse zu bestimmen, in der die unabhängige Variable durch  $(PM_{10CM} - PM_{2.5CM})_i$  dargestellt wird und die abhängige Variable durch  $\Delta PM_{10}$ . Auf diesem Wege erhält man:

**Für den Standort Bonn erhält man  $\bar{\alpha} = -0,38 \pm 0,03$ .**

Bei Anwendung von (0.13), ist es möglich die  $PM_{10RMi}^*$  - Konzentrationswerte neu zu berechnen. Grafik 19, 20, 21 und 22 zeigen die Ergebnisse der Datenanalyse am Standort Bonn bei Verwendung der korrigierten PM-Daten für die Referenz [Beseitigung der systematischen Abweichung ( $\delta T_{10}$ )<sub>i</sub>].

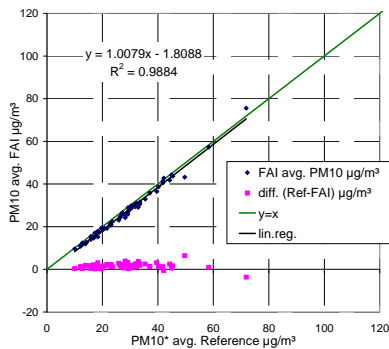


Grafik 19: Grobstaub FAI vs Grobstaub Referenz

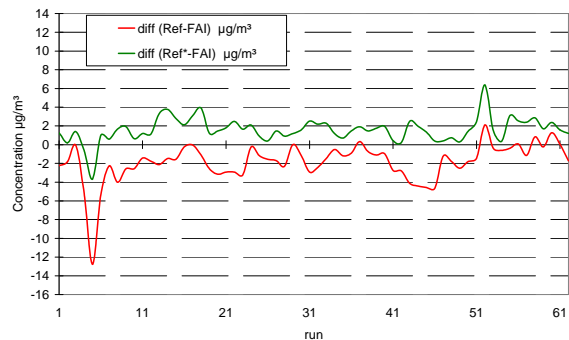


Grafik 20: Grobstaub FAI vs Grobstaub Referenz\*

Auch für den Standort Bonn ist nach der Beseitigung der systematischen Abweichung festzustellen, dass das Streudiagramm zwischen Grobstaub Prüfling und Grobstaub Referenz eine ideale Steigung und eine deutliche Erhöhung des Wertes für  $R^2$  im Vergleich zu den unkorrigierten Daten aufzeigt.



Grafik 21: PM10 FAI vs PM10Ref\*



Grafik 22: Zeitlicher Verlauf der Differenzen der PM10-Konzentrationswerte (Ref-FAI) und (Ref\*-FAI)

In Bezug auf das Streudiagramm zwischen den PM10-Konzentrationswerten, kann festgestellt werden, dass die Steigung ein fast idealen Wert annimmt und der Korrelationskoeffizient nach Pearson sogar von 0,98 (siehe Grafik 13) auf Werte größer 0,99 (siehe Grafik 21) ansteigt.

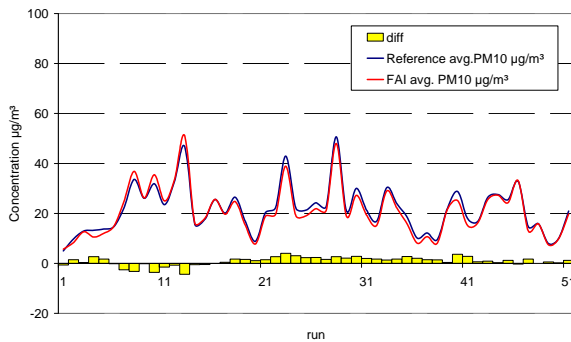
## Schlussfolgerung

1. Die Präsenz von systematischen Fehlern auf Grund  $(\delta T_{10})_i$  wurde unterstrichen und ausgewertet.
2. Nach dem Beseitigen der systematischen Abweichungen, konnte der Wert der kombinierten Messunsicherheit von  $5,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $1,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verringert werden, was bedeutet, dass nahezu 67 % des Wertes für die kombinierte Messunsicherheit der unkorrigierten Werte durch die systematische Abweichungen bestimmt wurden.
3. Die Daten zeigen darüber hinaus, dass unter den spezifischen Bedingungen am Standort Bonn, der Beitrag von  $\delta L$  zur kombinierten Unsicherheit quantitativ nennenswert ist, da er sowohl im Achsabschnitt des PM10 –Streuungsdiagramm ( $-1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und im Mittelwert der Residuen ( $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) zu sehen ist.

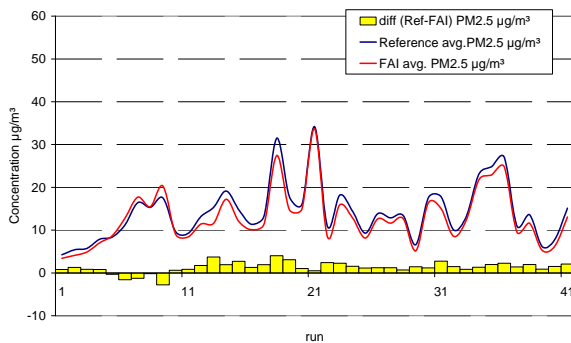
### B2.3 Standort Brühl

Die Kampagne am Standort Brühl wurde, wie bekannt, mit DIN EN 12341-konformen PM10-Probenahmeköpfen für die Referenzmethode durchgeführt; aus diesem Grunde macht die deskriptive Analyse der PM10 und PM2,5-Konzentrationswerte im Vergleich zur Referenzmethode (siehe Grafik 23, 24, 25 und 26) deutlich, dass:

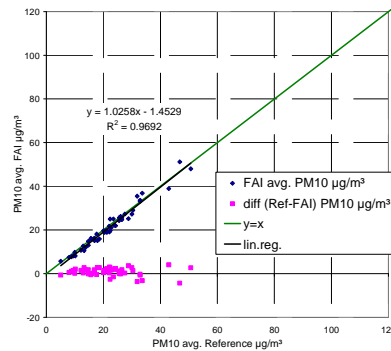
1. Das Niveau der kombinierten Unsicherheit der Rohwerte für PM10 im Vergleich Referenz gegen Prüfling im gleichen Bereich liegt wie für die Rohwerte für PM2,5 (1,62 versus 1,98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. Die Streuung der PM10-Daten ähnlich der der PM2,5 – Daten ist;
3. Die PM10 Konzentrationen der Referenzmethode sind nicht statistisch signifikant verschieden von den entsprechenden Messwerte der Prüflinge (21.6 vs. 20.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



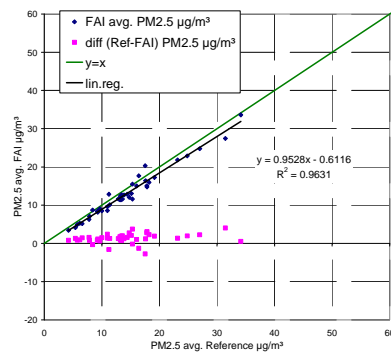
Grafik 23: PM10 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 25: PM2,5 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen

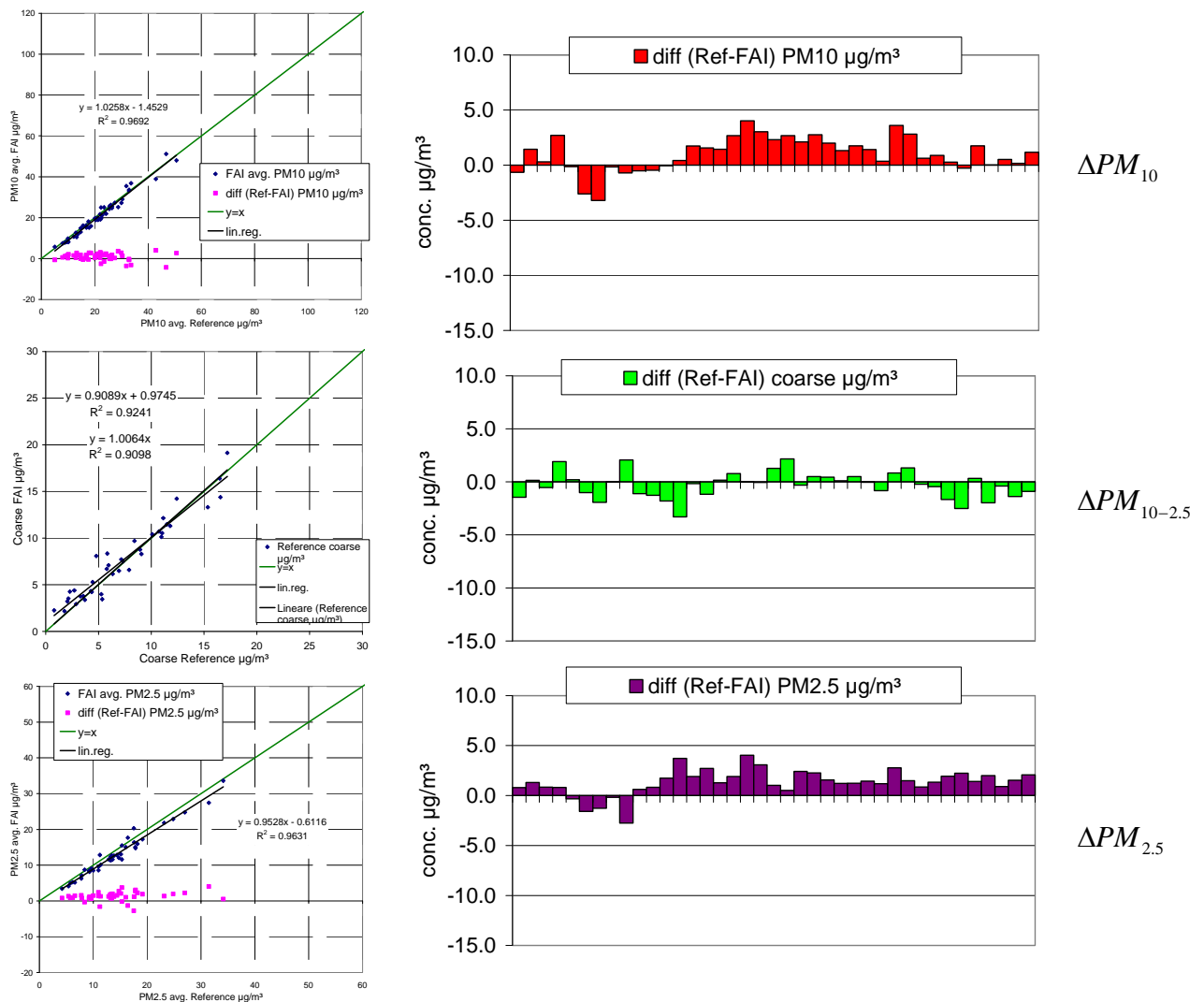


Grafik 24: PM10 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz



Grafik 26: PM2,5 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz

Grafik 27 zeigt die experimentellen Ergebnisse vom Standort Bonn im Sinne der Formel (0.6).



Grafik 27

Man stellt fest, dass  $\Delta PM_{10}$  keinen funktionalen Zusammenhang mit  $\Delta PM_{10-2.5}$  aufweist, da es dieselbe Struktur aufweist wie die  $\Delta PM_{2.5}$  - Daten. Darüber hinaus stellt das Streudiagramm zwischen den Grobstaubwerten ( $\Delta PM_{10-2.5}$ ) der Referenzmethode und der Prüflinge die Äquivalenz heraus.

Diese Ergebnisse sind zu erwarten unter der Berücksichtigung, dass man für  $\Delta PM_{10}$  und  $\Delta PM_{2,5}$  schreiben kann:

$$\Delta PM_{10} = \delta T_{10} + \delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.3)$$

$$\Delta PM_{2,5} = \delta L + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown \quad (0.4)$$

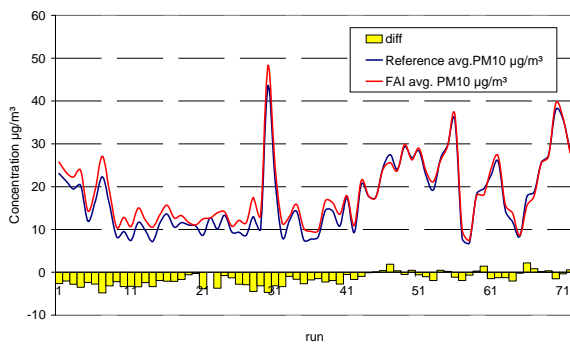
Es kann festgestellt werden, dass am Standort Brühl  $(\delta T_{10})_i = 0$  ist (PM10 – Köpfe von Referenz und Prüflingen sind absolut äquivalent).

## B2.4 Standort Teddington

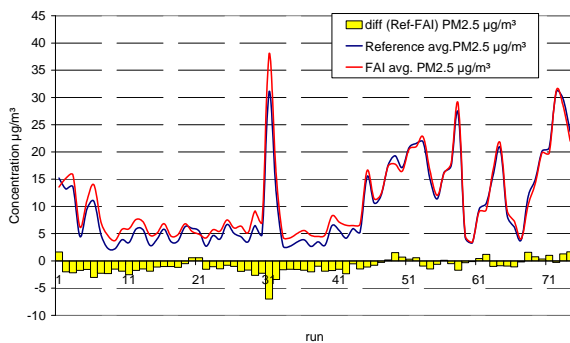
Vor der Datenanalyse für den Standort Teddington, ist es notwendig sich daran zu erinnern, dass in diesem Fall für die Referenzmethoden PM10 und PM2,5 EMFAB-Filter verwendet wurden und nicht Quarzfaserfilter.

Aus der ersten deskriptiven Analyse der PM10 und PM2,5-Konzentrationswerte im Vergleich zur Referenzmethode(siehe Grafik 28, 29, 30 und 31) wird deutlich, dass:

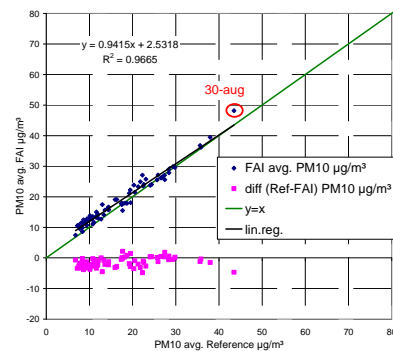
1. Das Niveau der kombinierten Unsicherheit der Rohwerte für PM10 im Vergleich Referenz gegen Prüfling im gleichen Bereich liegt wie für die Rohwerte für PM2,5 (1,45 versus 1,41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
2. Die Streuung der PM10-Daten sich nicht merklich von der der PM2,5 – Daten unterscheidet;



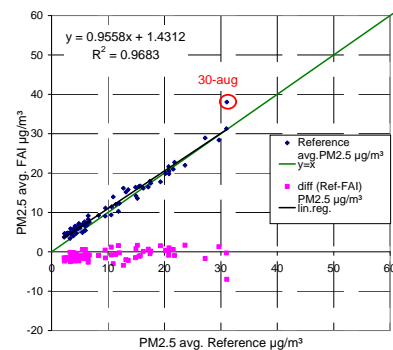
Grafik 28: PM10 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 30: PM2,5 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 29: PM10 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz



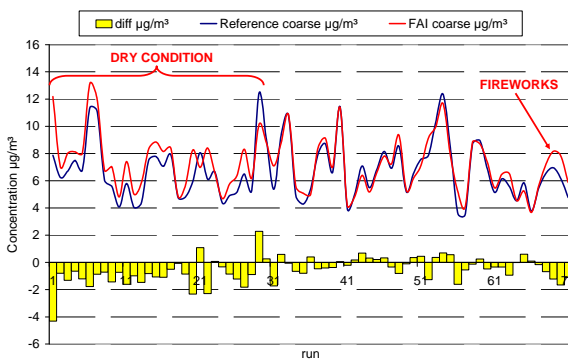
Grafik 31: PM2,5 Prüflinge und Differenzen vs. Referenz

Der Beitrag von  $(\delta T_{10})_i$  zu den beobachteten Unterschieden zwischen Referenzmethode und Prüflingen für PM10 ist nicht in einer quantitativ offensichtlichen Art und Weise sichtbar.

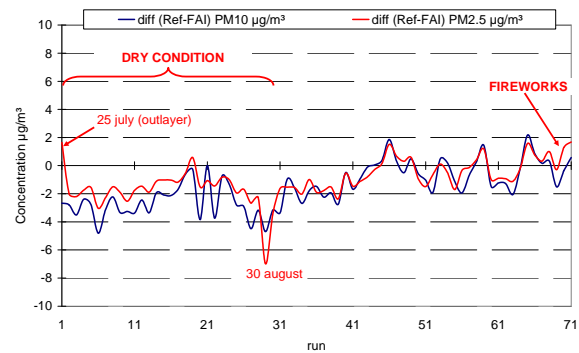


Durch Analyse der Daten für die Grobstaubfraktionen der Referenz und der Prüflinge (Grafik 32) und durch Vergleich der  $\Delta PM_{10}$  und  $\Delta PM_{2,5}$  Daten (Grafik 33), ist festzustellen, dass die systematischen Abweichungen auf Grund von  $(\delta T_{10})_i$  quantitativ offensichtlich waren für den Zeitraum zwischen Beginn der Kampagne und den frühen Tagen des September 2008, während sie in der zweiten Periode irrelevant waren, mit Ausnahme der letzten Tage (erste Woche im November). Diese Ergebnisse können dadurch erklärt werden, in dem man sie in Bezug zu den meteorologischen Bedingungen während der Messkampagne zwischen dem 27. Juli 2008 und dem 06. November 2008 setzt. Tatsächlich folgte einer ersten Periode, welche durch recht trockene Bedingungen gekennzeichnet war (erhöhte Relevanz für die Verteilung der Grobstaubfraktion), eine typisch herbstliche Periode (feuchte Bedingungen). Die Relevanz der systematischen Abweichungen auf Grund der  $(\delta T_{10})_i$ , die während der letzten Periode des Tests, obwohl auch die Witterungsbedingungen ungünstig waren, festgestellt wurde, ist in denen in diesem Zeitraum stattgefundenen Feuerwerken zu erklären. Diese Feuerwerke bewirkten eine Anreicherung der PM10-Grobstaubfraktion.

Bei Betrachtung der Zeitverläufe der Werte für  $\Delta PM_{10}$  und  $\Delta PM_{2,5}$ , stellt man darüber hinaus fest, dass die  $\Delta PM_{10}$  - Differenzen quantitative durch die  $\Delta PM_{2,5}$  Differenzen abgebildet werden. Der Term, der zur Bestimmung der kombinierten Unsicherheit beiträgt, ist dann  $\delta L$  (unterschiedliches chemisch-physikalisches Verhalten der Filtermedien für Referenz und Prüflingen). Insbesondere kann festgestellt werden, dass die Differenzen bei trockenen Bedingungen deutlich sichtbar sind im Gegensatz zu den Vorgängen bei feuchten Bedingungen.



Grafik 32

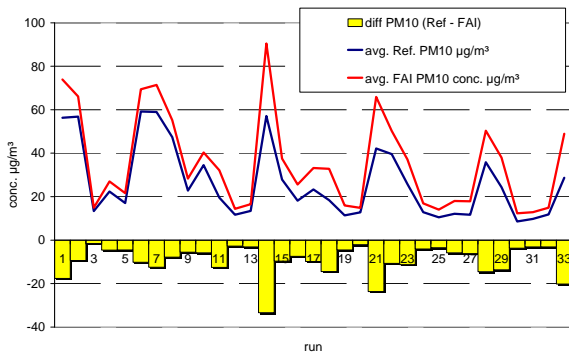


Grafik 33

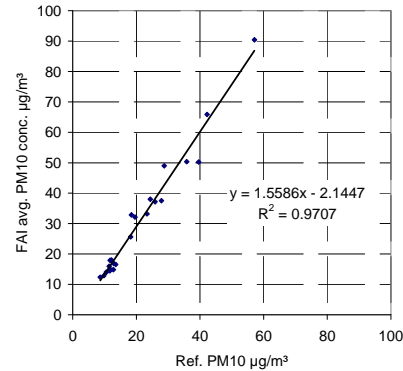
Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass am Standort Teddington die systematischen Abweichungen auf Grund  $(\delta T_{10})_i$ , auch wenn funktional in jedem Fall sichtbar, nicht signifikant zum Wert der kombinierten Unsicherheit beitragen und aus diesem Grunde keine Korrektur der PM10-Werte für die Referenz erfolgt.

**C) Standort Brühl**  
**(Ermittlung der systematischen Abweichungen in den Probenahmeköpfen)**

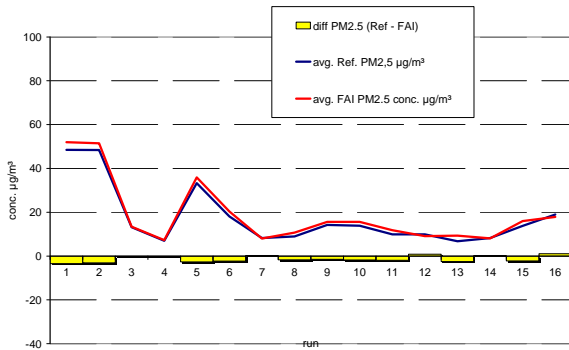
Während der Kampagnen in Köln und Bonn konnte die Anwesenheit von systematischen Abweichungen in den PM10-Werten der Referenzmessung, welche rückführbar ist auf die Unterschiede im Cut-Size zwischen den Probenahmeköpfen der Referenzmethode und der Prüflinge, herausgestellt werden. Eine Überprüfung der Geometrien/Dimensionen der FAI PM10-Probenahmeköpfe und der PM10-Köpfe, welche für die Referenzmethode verwendet wurden, zeigte auf, dass die Düsen im Falle der Referenzmethode von den Festlegungen der DIN EN 12341 abweichen. Da die festgestellten geometrischen Abweichungen aus strömungstechnischer Sicht zu signifikanten Unterschieden in der Massenkonzentration der Grobstaubfraktion führen können, sind der TÜV Rheinland und FAI Instruments s.r.l. übereingekommen, eine spezielle Feldtestkampagne mit dem Ziel der Bestätigung der Hypothese, dass der Unterschied des Cut-Size der Köpfe zu quantitativ signifikanten Abweichungen führen kann, durchzuführen. Untenstehend finden Sie die Ergebnisse, dargestellt als Zeitverlauf und als Streudiagramm für PM10, PM2,5 und PM10-2,5 (Grobstaubfraktion).



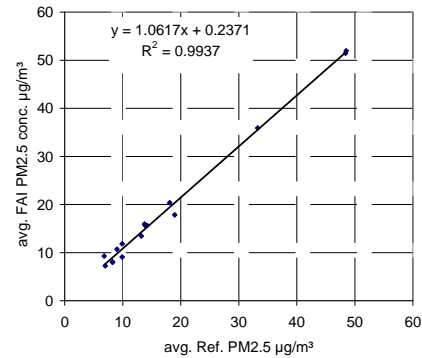
Grafik 34: PM10 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



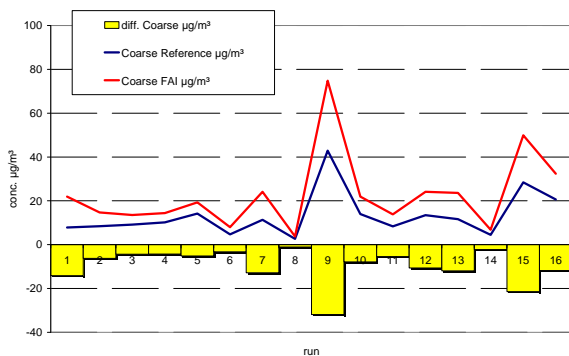
Grafik 35: PM10 Referenz vs. Prüflinge



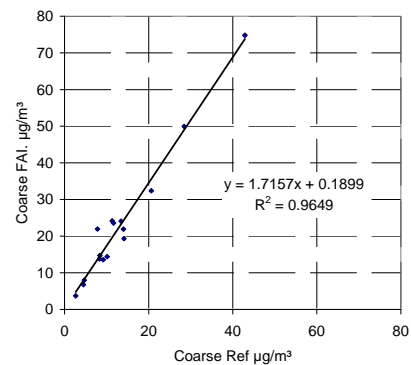
Grafik 36: PM2,5 Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 37: PM2,5 Referenz vs. Prüflinge



Grafik 38: Grobstaub Referenz und Prüflinge:  
Zeitlicher Verlauf und Differenzen



Grafik 39: Grobstaub Referenz vs. Prüflinge

Man stellt fest, dass:

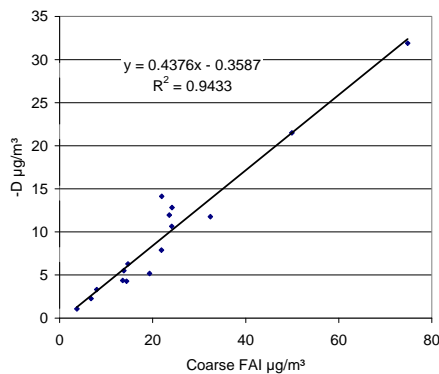
1. die PM10-Werte der Prüflinge deutlich höher liegen als die der zugehörigen Referenzwerte (Steigung um 1,56), während die PM2,5-Werte der Prüflinge äquivalent zu denen der Referenzmethode sind;
2. Die Streuung der PM10-Werte größer ist als die der PM2,5-Werte;
3. Die Werte der mit Hilfe der Prüflinge berechneten Grobstaubfraktion mehr als 70% größer sind als die entsprechenden Werte der Referenzmethode

In diesem Fall nimmt die Variable "D", definiert wie folgt,

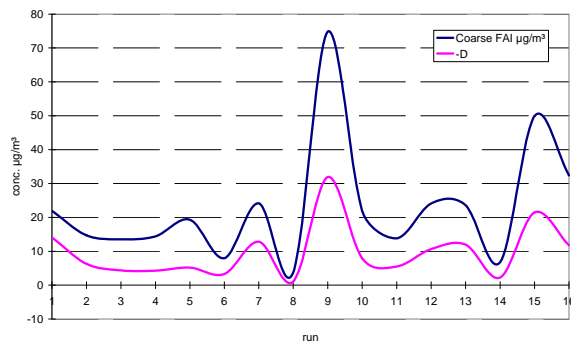
$$\Delta PM_{10} - \Delta PM_{2.5} = D \rightarrow \delta T_{10} + \delta M_{\beta G} + \varepsilon + unknown$$

hohe Werte an (siehe Grafik 40 und Grafik 41) und hängt kaum mit den Werten der Grobstaubfraktion, ermittelt mit den Prüflingen, zusammen.

In Zahlen ausgedrückt, liegt der mittlere Wert des FAI Grobstaubs bei 22,9 µg/m³, der für die Referenzmethode bei 13,3µg/m³ und der mittlere Absolutwert für "D" bei 9,4 µg/m³.



Grafik 40



Grafik 41

**Zusammenfassend zeigt der Test in Brühl, dass die Unterschiede in den verwendeten Probenahmeköpfen systematische Abweichungen hervorrufen, die die Repräsentativität der PM10-Proben vollständig verändert. Diese systematischen Abweichungen können bei bestimmten Umgebungsbedingungen sehr große Werte annehmen.**

## D) Neuberechnung gemäß EN12341, 5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

Auf Basis des korrigierten Referenzdatensatzes für die Standorte Köln und Bonn erfolgte analog zu 6.1 5.3.1 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems eine erneute Auswertung der Daten für PM10.

Die Referenz-Äquivalenzfunktionen liegen in den Grenzen des jeweiligen Akzeptanzbereiches. Weiterhin ist der Variationskoeffizient  $R^2$  der berechneten Referenz-Äquivalenzfunktionen im betreffenden Konzentrationsbereich  $\geq 0,95$

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen sind in Tabelle 88 bis Tabelle 89 zusammengestellt. Die grafischen Darstellungen erfolgen in Abbildung 91 bis Abbildung 100. In den Diagrammen sind neben den Ausgleichsgeraden der beiden Testgeräte die als Idealfall anzusehende Kurve  $y = x$  und der beiderseitige Akzeptanzbereich eingezeichnet.

*Tabelle 88: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 127 und SN 131 an den vier Standorten*

<b>SN 127</b>	<b>Anzahl Messwertpaare N</b>	<b>Steigung m</b>	<b>Ordinaten abschnitt b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Köln	98	1,04	-0,91	0,99
Bonn	62	1,01	-1,79	0,99
Teddington*	72	0,94	2,92	0,96
Brühl*	51	1,03	-1,65	0,97
<hr/>				
<b>SN 131</b>	<b>Anzahl Messwertpaare N</b>	<b>Steigung m</b>	<b>Ordinaten abschnitt b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Köln	98	1,00	-0,22	0,99
Bonn	62	1,00	-1,70	0,99
Teddington*	72	0,96	2,39	0,96
Brühl*	51	1,03	-1,54	0,97

\* nicht korrigiert

Tabelle 89: Ergebnisse der linearen Regressionsanalyse der Messungen mit den beiden Testgeräten SN 127 (SN 145) und SN 131 (SN 149) (gesamt)

Testgerät	Anzahl Messwertpaare N	Steigung m	Ordinatenabschnitt b	R <sup>2</sup>
SN 127 (SN 145)	283	1,00	0,09	0,97
SN 131 (SN 149)	283	0,97	0,42	0,98

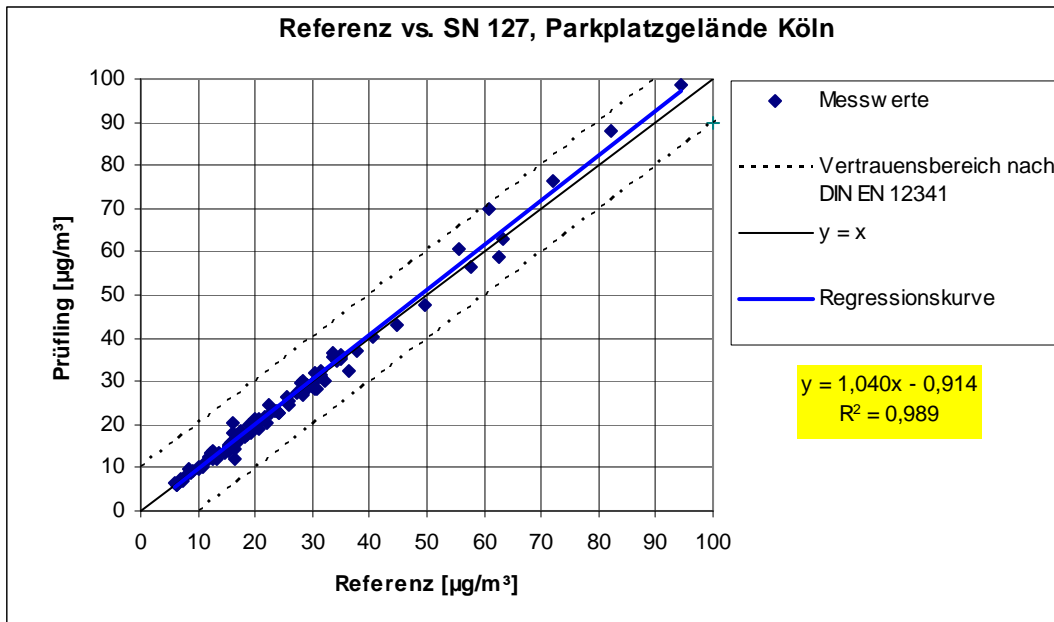


Abbildung 91: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Köln, Parkplatzgelände, Korrektur Referenz

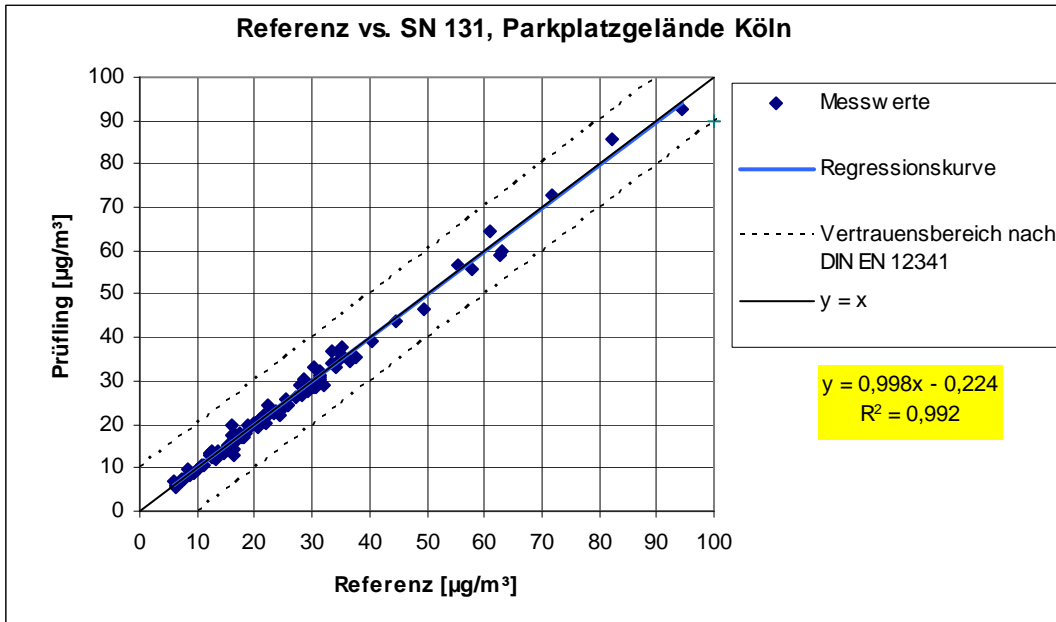


Abbildung 92: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Köln, Parkplatzgelände, Korrektur Referenz

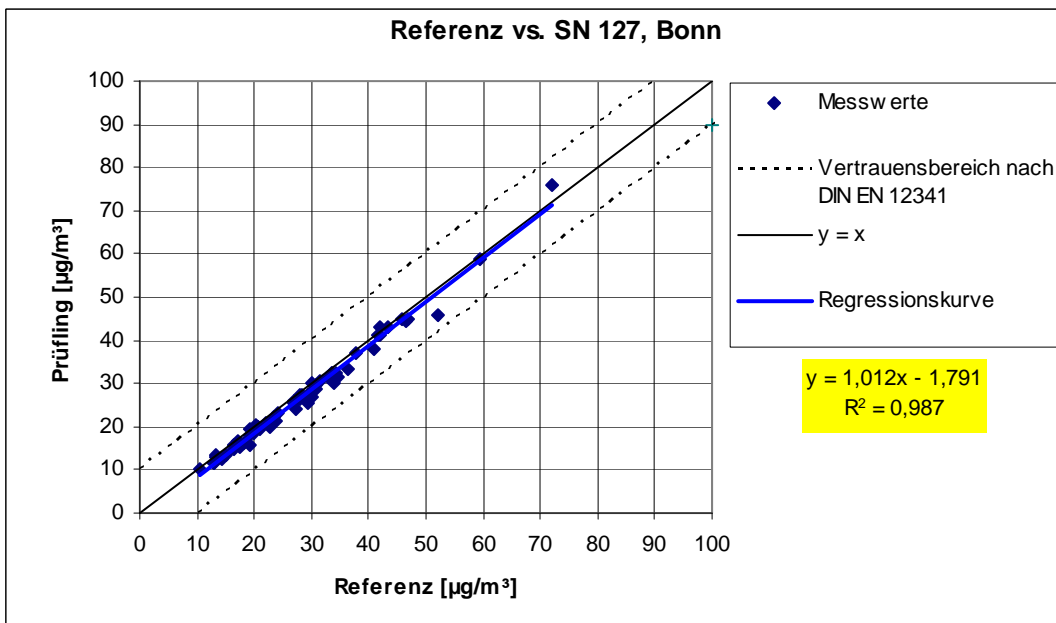


Abbildung 93: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Bonn, Belderberg, Korrektur Referenz

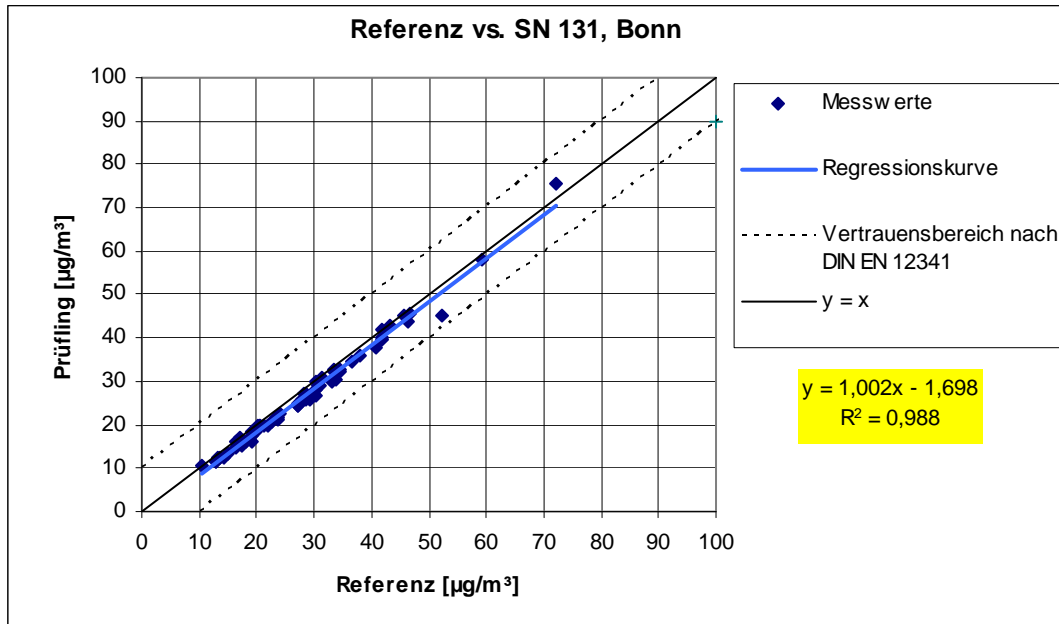


Abbildung 94: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Bonn, Belderberg, Korrektur Referenz

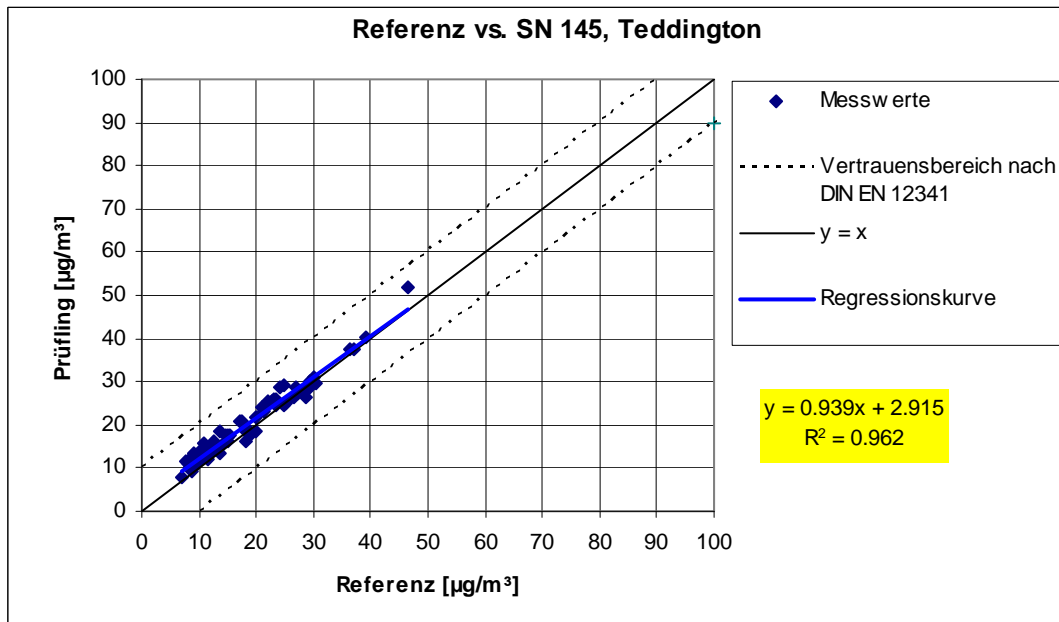


Abbildung 95: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 145, Standort Teddington, keine Referenz



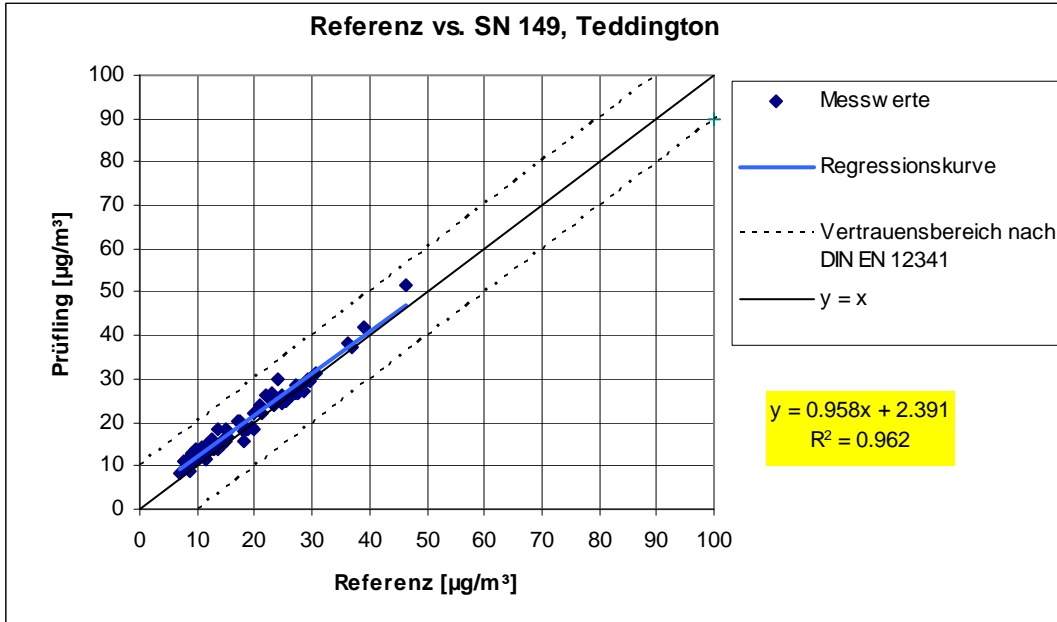


Abbildung 96: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 149, Standort Teddington, keine Korrektur

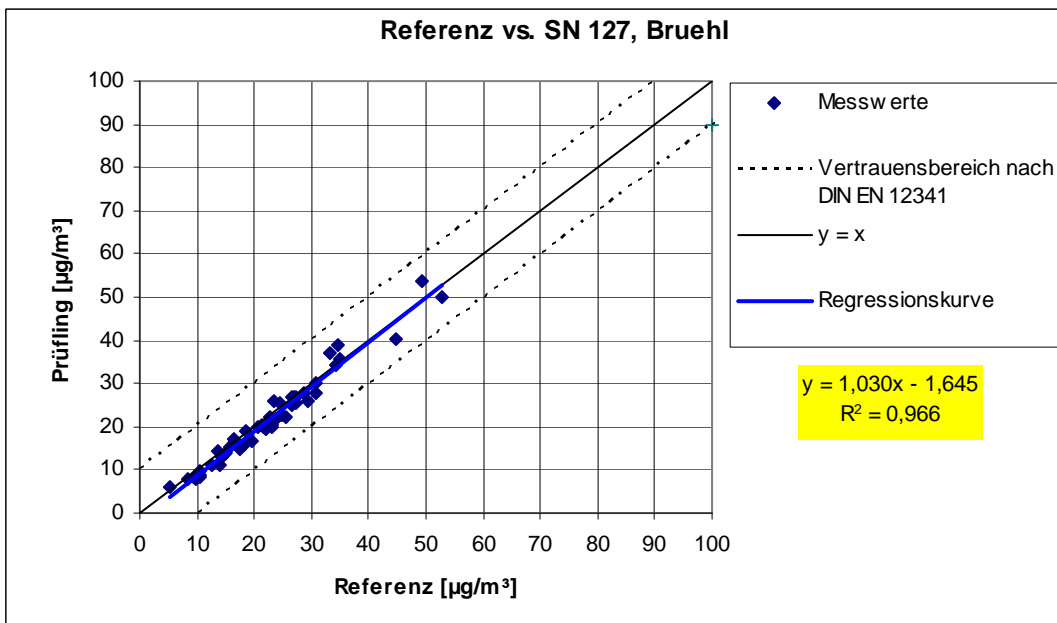


Abbildung 97: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127, Standort Brühl, keine Korrektur

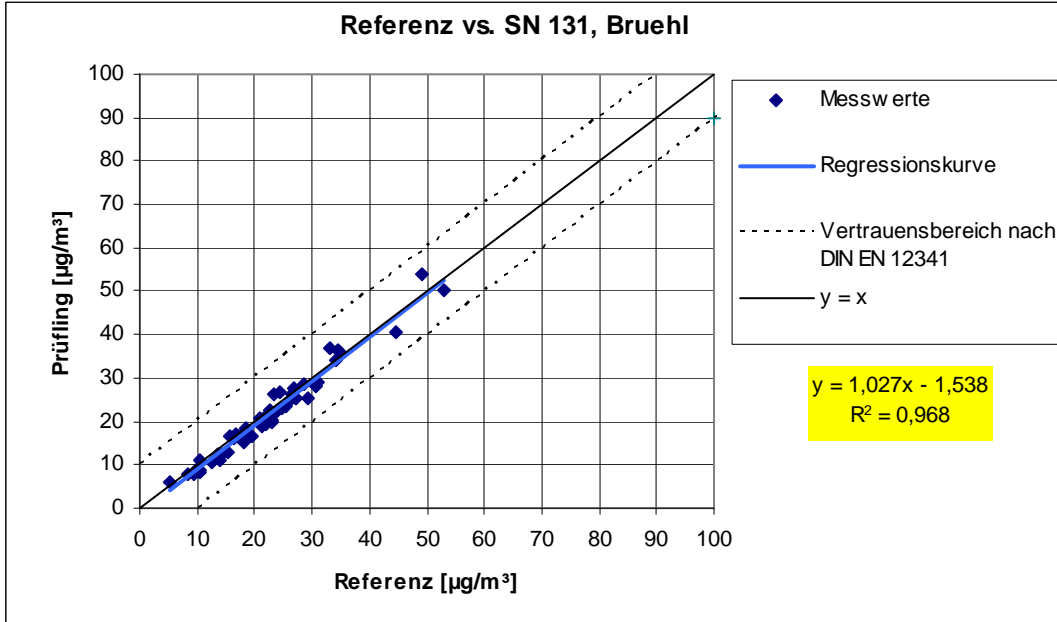


Abbildung 98: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131, Standort Brühl, keine Korrektur

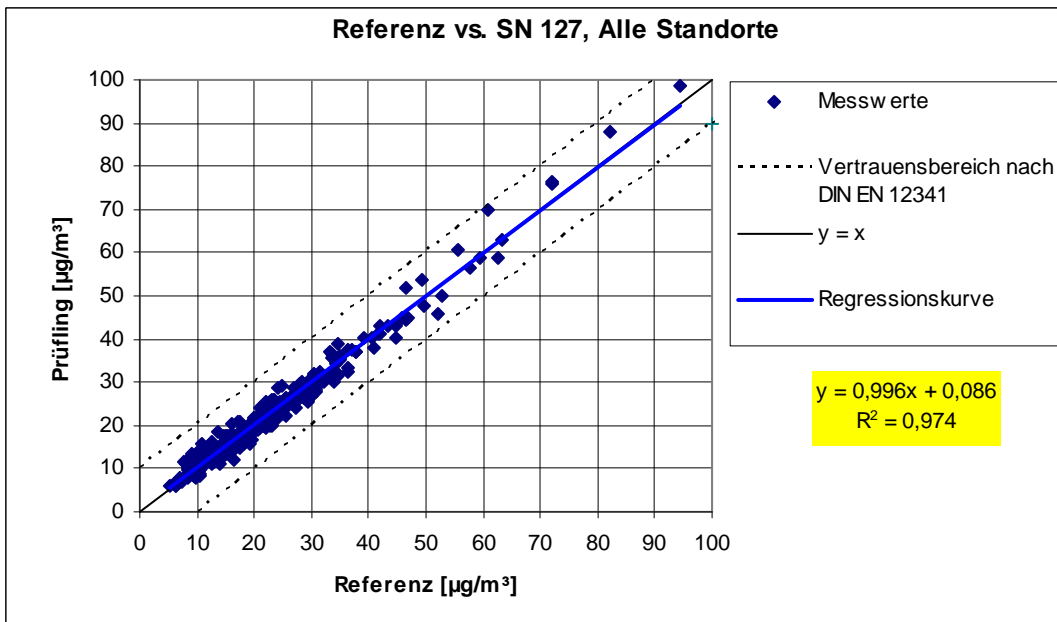


Abbildung 99: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 127 (SN 145), alle Standorte, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

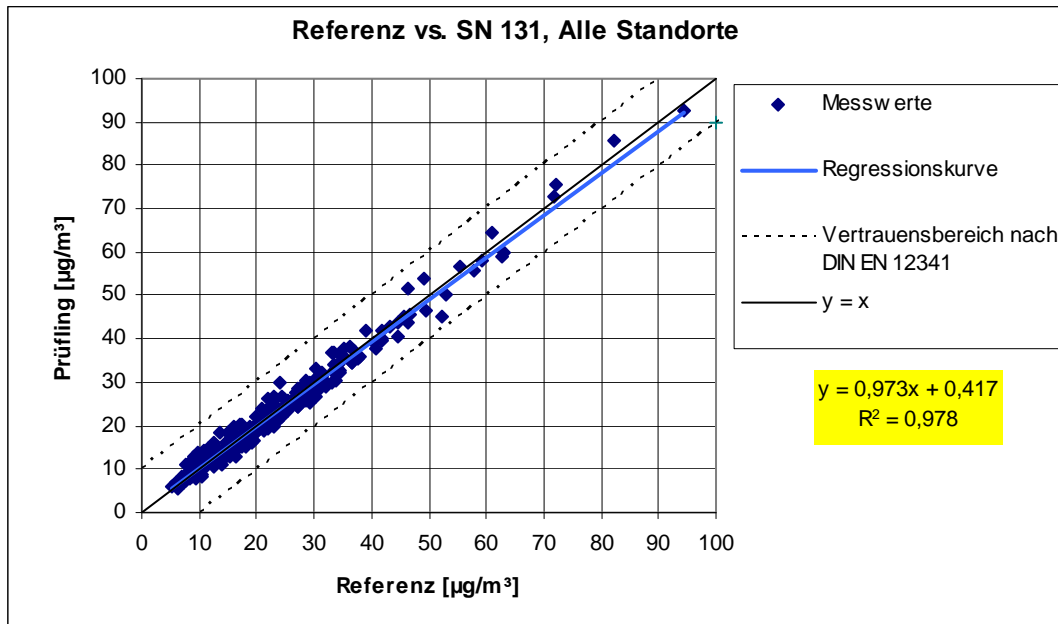


Abbildung 100: Referenz-Äquivalenzfunktion SN 131 (SN 149), alle Standorte, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

### E) Neuberechnung gemäß Leitfaden, 9.5.2.2-9.5.6 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge

Auf Basis des korrigierten Referenzdatensatzes für die Standorte Köln und Bonn erfolgte analog zu 7.1 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge [9.5.2.2-9.5.6] eine erneute Auswertung der Daten für PM10.

Die ermittelten Unsicherheiten  $W_{CM}$  liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dgo}$  von 25 % für Feinstaub.

In Tabelle 90 erfolgt eine zusammenfassende Darstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Feldtestuntersuchungen. Tabelle 91 bis Tabelle 102 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der einzelnen Datensätze. Abbildung 101 bis Abbildung 107 zeigen die grafischen Darstellungen.

*Tabelle 90: Zusammenstellung und Bewertung der erweiterten Messunsicherheiten  $W_{CM}$  aus den Felduntersuchungen, Messkomponente PM10, Rohdaten*

PM10 Standort	Grenzwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Steigung b $(\mu\text{g}/\text{m}^3)/(\mu\text{g}/\text{m}^3)$	Achsabschnitt a $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$u_{c,s}$ am Grenzwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	$W_{CM}$ %	$W_{CM}$ %	$W_{CM} \leq W_{dgo}$ ( $W_{dgo} = 25\%$ )
Köln, Parkplatz	50	1,02	-0,70	1,15	2,31	4,62	ja
	40	1,02	-0,70	1,09	2,73	5,46	ja
Bonn	50	1,01	-1,97	1,75	3,49	6,99	ja
	40	1,01	-1,97	1,85	4,63	9,26	ja
Teddington*	50	0,96	2,27	1,45	2,90	5,79	ja
	40	0,96	2,27	1,54	3,86	7,71	ja
Brühl*	50	1,04	-1,82	1,62	3,24	6,48	ja
	40	1,04	-1,82	1,59	3,98	7,97	ja
Alle Standorte	50	1,00	-0,08	1,76	3,52	7,03	ja
	40	1,00	-0,08	1,75	4,38	8,76	ja
Werte $\geq 50\%$ TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50	1,06	-2,68	1,75	3,49	6,99	ja
Werte $\geq 50\%$ JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	40	1,04	-1,83	1,75	4,38	8,77	ja

\*nicht korrigiert

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmeseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 277 von 531

**Tabelle 91:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,02</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,70</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,28</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,42</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,15</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>2,31</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>4,62</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 92:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Köln, Parkplatzgelände	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,02</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,70</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,28</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,20</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,09</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>2,73</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>5,46</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 93:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,97</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,42</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,28</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,75</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>3,49</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>6,99</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 94:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bonn	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,01</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,97</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,42</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-1,42</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,85</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>4,63</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>9,26</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Seite 279 von 531

*Tabelle 95: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m³, keine Korrektur*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	50	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0.96</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0.02</b>			
Achsabschnitt a	<b>2.27</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0.40</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0.11</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1.45</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>2.90</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>5.79</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 96: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m³, keine Korrektur*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN145 & SN149	
Standort	Teddington	Grenzwert	40	µg/m³
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>0.96</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0.02</b>			
Achsabschnitt a	<b>2.27</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0.40</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0.54</b>	<b>µg/m³</b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1.54</b>	<b>µg/m³</b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>3.86</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>7.71</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 97: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>, keine Korrektur*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,04	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,03			
Achsabschnitt a	-1,82	signifikant		
Unsicherheit von a	0,60			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	0,32	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	1,62	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	3,24	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	6,48	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 98: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>, keine Korrektur*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Bruehl	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	1,04	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,03			
Achsabschnitt a	-1,82	signifikant		
Unsicherheit von a	0,60			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	-0,11	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	1,59	µg/m <sup>3</sup>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	3,98	%		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	7,97	%		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			



**Tabelle 99:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, Grenzwert 50 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,08</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,23</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,28</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,76</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>3,52</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>7,03</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

**Tabelle 100:** Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, Grenzwert 40 µg/m<sup>3</sup>, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte	Grenzwert	40	µg/m <sup>3</sup>
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,00</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,08</b>	<b>nicht signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,23</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,24</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Unsicherheit u <sub>c,s</sub> am Grenzwert	<b>1,75</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>		
Kombinierte Messunsicherheit w <sub>CM</sub>	<b>4,38</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>8,76</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 101: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50$  % TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Grenzwert  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Korrektur Referenz für Köln & Bonn*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,06</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,02</b>			
Achsabschnitt a	<b>-2,68</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,59</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>0,18</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,75</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>3,49</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>6,99</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

*Tabelle 102: Vergleich Testgerät mit Referenzgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50$  % JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Grenzwert  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Korrektur Referenz für Köln & Bonn*

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Bericht "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods"				
Prüfling	SWAM5a	SN	SN127 & SN131	
Standort	Alle Standorte, Ref. $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Grenzwert	40	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Status Messwerte	Rohwerte	erlaubte Unsicherheit	25	%
Ergebnisse der Regressionsrechnung				
Steigung b	<b>1,04</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von b	<b>0,01</b>			
Achsabschnitt a	<b>-1,83</b>	<b>signifikant</b>		
Unsicherheit von a	<b>0,45</b>			
Ergebnisse der Vergleichbarkeitsprüfung				
Abweichung am Grenzwert	<b>-0,21</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Unsicherheit $u_{c,s}$ am Grenzwert	<b>1,75</b>	<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>		
Kombinierte Messunsicherheit $w_{CM}$	<b>4,38</b>	<b>%</b>		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	<b>8,77</b>	<b>%</b>		
Status Vergleichbarkeitsprüfung	<b>bestanden</b>			

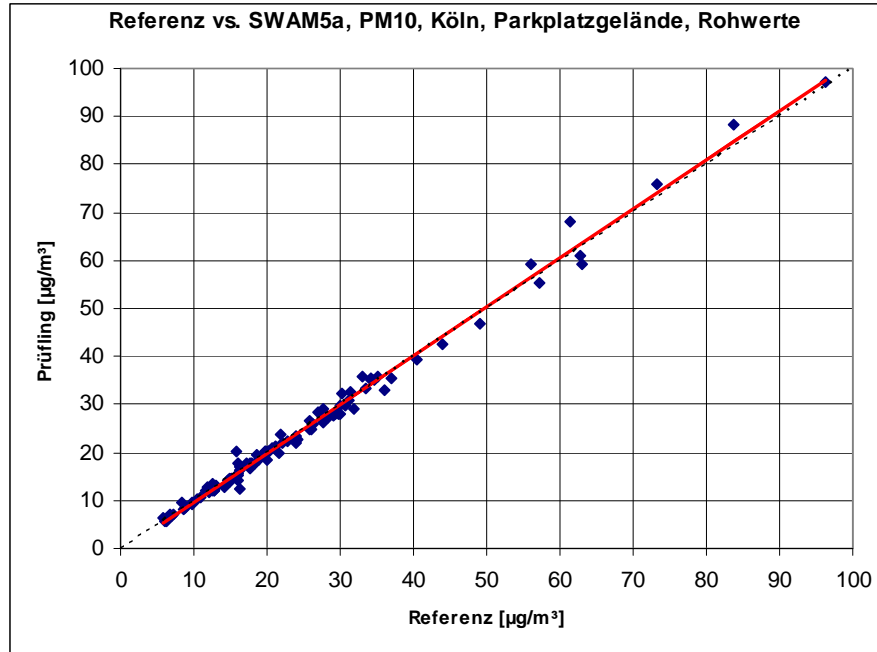


Abbildung 101: Referenz vs. Testgerät, Standort Köln, Parkplatzgelände, Messkomponente PM10, Korrektur Referenz

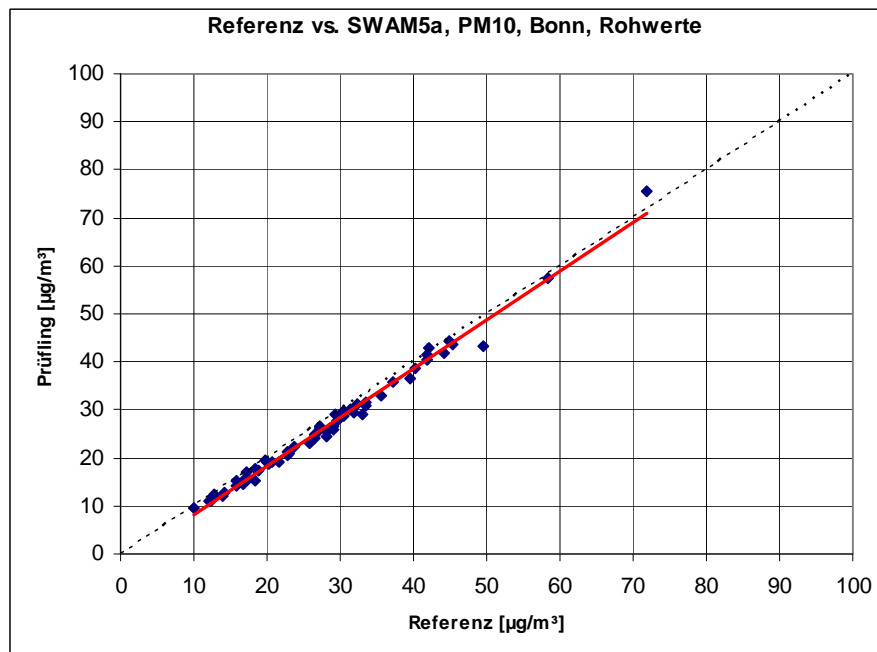


Abbildung 102: Referenz vs. Testgerät, Standort Bonn, Belderberg, Messkomponente PM10, Korrektur Referenz

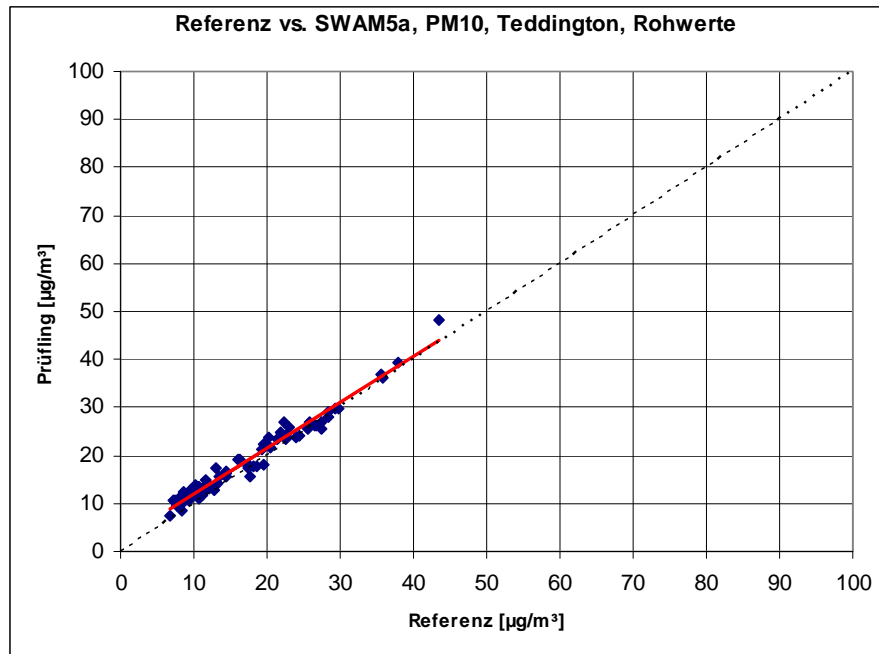


Abbildung 103: Referenz vs. Testgerät, Standort Teddington, Messkomponente PM10, keine Korrektur

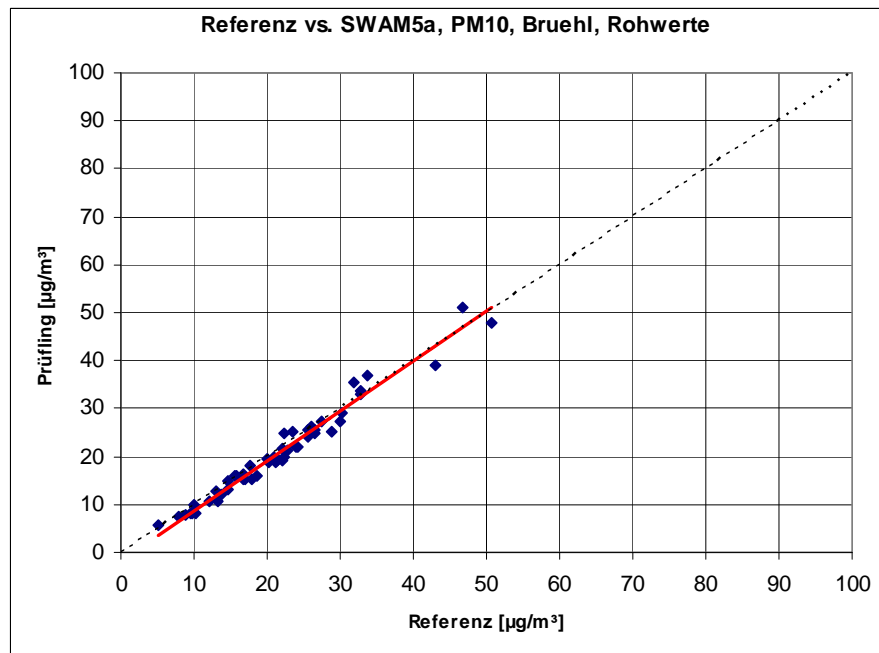


Abbildung 104: Referenz vs. Testgerät, Standort Brühl, Messkomponente PM10, keine Korrektur

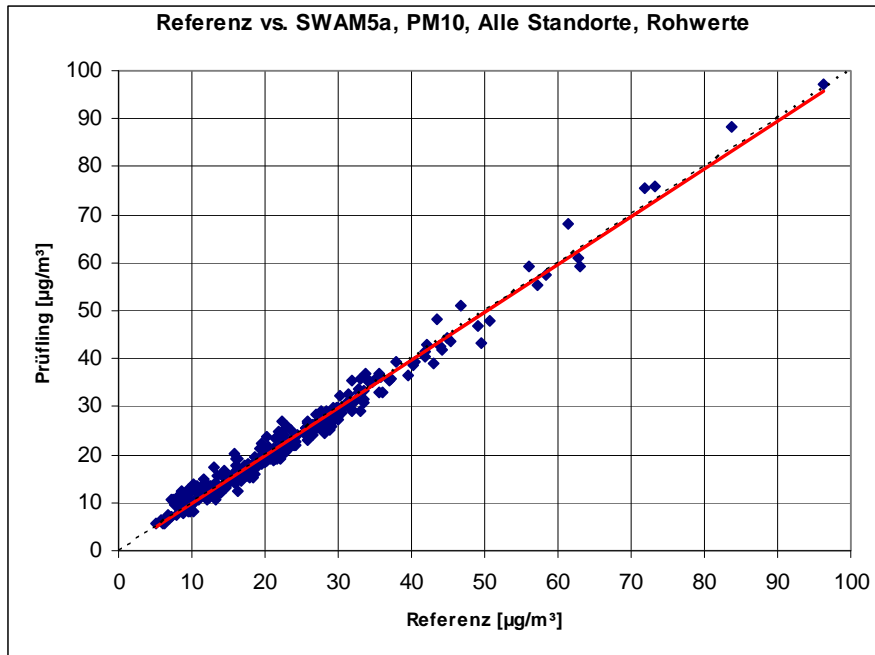


Abbildung 105: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Messkomponente PM10, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

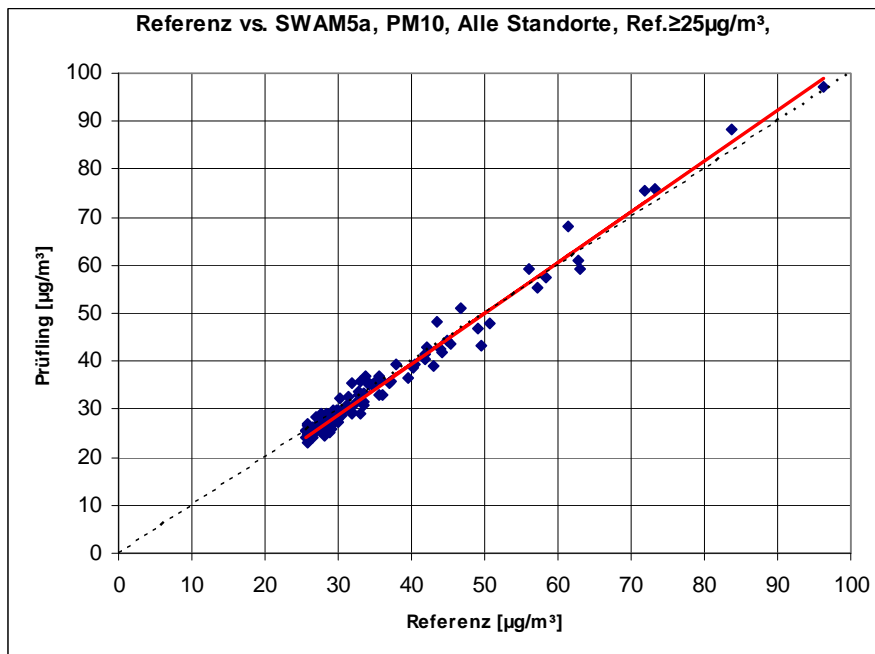


Abbildung 106: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  TGW ( $\geq 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

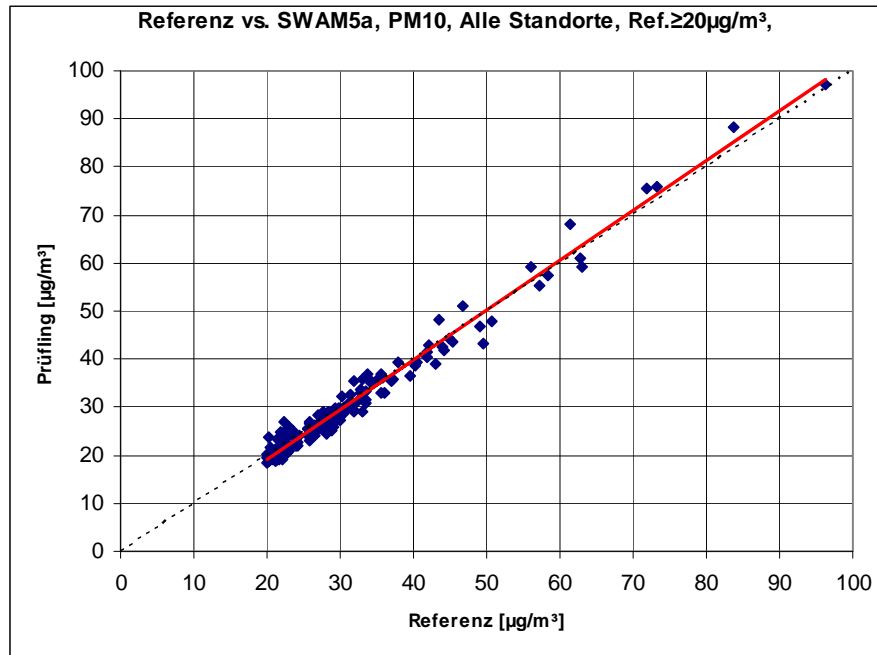


Abbildung 107: Referenz vs. Testgerät, alle Standorte, Werte  $\geq 50\%$  JGW ( $\geq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Messkomponente PM10, Korrektur Referenz für Köln & Bonn

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

## F) Korrigierter Referenzdatensatz für Köln & Bonn

Anlage

Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10

Blatt 1 von 6

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.										Messobjekt			
Messbereich		0 bis 200 µg/m³										Schwebstaub PM10			
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor										Messwerte in µg/m³ i.B. und i.N.			
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131										$PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - \bar{\alpha} (PM_{10CMI} - PM_{2.5CMI})$			
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	FAI PM10 [µg/m³]	FAI PM2,5 [µg/m³]	FAI PM10-PM2,5 [µg/m³]	- $\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [µg/m³]	Ref. 2* PM10 [µg/m³]	Ref. 1* PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2* PM10 [µg/Nm³]	
1	20.10.2007	Köln, Parkplatzgelände	18,0	20,2	18,2	20,5	20,9	16,1	4,8	0,32	19,5	21,7	19,7	22,0	
2	21.10.2007		18,1	19,8	18,3	20,2	20,2	16,4	3,8	0,32	19,3	21,0	19,5	21,4	
3	22.10.2007		21,6	22,9	21,7	23,1					0,32				
4	23.10.2007		24,4	26,6	24,6	27,1					0,32				
5	24.10.2007		30,7	32,0	31,4	32,9	33,2	26,4	6,7	0,32	32,9	34,1	33,6	35,0	
6	25.10.2007		26,7	28,3	27,5	29,2	28,1	22,8	5,3	0,32	28,4	30,0	29,2	30,9	
7	26.10.2007		27,7	28,9	28,5	29,8	29,8	22,6	7,2	0,32	30,0	31,2	30,8	32,1	
8	27.10.2007		33,9	35,9	34,6	36,9	35,4	29,2	6,2	0,32	35,9	37,9	36,6	38,8	
9	28.10.2007		34,4	35,7	35,5	36,9					0,32				
10	29.10.2007										0,32				
11	30.10.2007										0,32				
12	31.10.2007			26,4	28,2	26,6	28,5	32,2	23,2	9,0	0,32	29,2	31,0	29,5	31,4
13	01.11.2007			29,1	31,3	29,6	32,1	35,8	27,2	8,6	0,32	31,8	34,1	32,4	34,8
14	02.11.2007			29,1	31,0	30,0	32,1	35,1	22,4	12,8	0,32	33,2	35,1	34,1	36,2
15	03.11.2007			23,7	23,8	24,5	24,7	28,3	18,0	10,3	0,32	27,0	27,1	27,8	28,0
16	04.11.2007			16,9	19,1	17,3	19,6	21,3	11,8	9,6	0,32	20,0	22,2	20,4	22,7
17	05.11.2007			18,4	18,9	18,9	19,5	23,8	13,6	10,3	0,32	21,7	22,2	22,2	22,7
18	06.11.2007			15,8	16,8	16,2	17,2	20,2	9,7	10,5	0,32	19,2	20,1	19,5	20,6
19	07.11.2007			23,1	23,0	23,8	23,8	29,2	14,6	14,6	0,32	27,8	27,6	28,5	28,5
20	08.11.2007			13,5	14,7	14,0	15,3	15,8	9,9	5,9	0,32	15,4	16,5	15,9	17,2
21	09.11.2007			10,0	10,6	10,3	10,9	13,5	6,9	6,7	0,32	12,2	12,7	12,4	13,0
22	10.11.2007			9,8	10,3	10,1	10,7	12,9	7,5	5,4	0,32	11,5	12,0	11,9	12,5
23	11.11.2007			6,3	7,8	6,4	8,1	9,4	5,6	3,9	0,32	7,5	9,0	7,7	9,3
24	12.11.2007			15,1	16,2	15,5	16,6	19,5	10,4	9,1	0,32	18,1	19,2	18,4	19,6
25	13.11.2007			15,8	15,7	16,2	16,2	17,7	13,3	4,4	0,32	17,2	17,1	17,6	17,6
26	14.11.2007			14,7	14,9	14,8	15,1	17,6	13,8	3,8	0,32	15,9	16,1	16,0	16,3
27	15.11.2007			22,4	25,8	22,4	25,9	24,8	19,6	5,2	0,32	24,1	27,4	24,1	27,5
28	16.11.2007			35,0	38,3	35,1	38,6	39,4	27,8	11,6	0,32	38,7	42,0	38,8	42,3
29	17.11.2007			55,7	60,5	55,9	61,0	60,9	46,3	14,5	0,32	60,3	65,1	60,6	65,7
30	18.11.2007			17,4	21,5	17,8	22,1	18,5	16,8	1,7	0,32	18,0	22,0	18,4	22,6

Anlage

Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10

Blatt 2 von 6

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.											Messobjekt		Schwebstaub PM10	
Messbereich		0 bis 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$											Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i.B. und i.N.			
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor														
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131														
															$PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - \bar{\alpha} (PM_{10CMi} - PM_{2,5CMi})$	
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 2 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 1 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	Ref. 2 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	FAI PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	FAI PM2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	FAI PM10-PM2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$-\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 2* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 1* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	Ref. 2* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]		
31	19.11.2007	Köln, Parkplatzgelände	24,5	28,3	25,1	29,0	26,2	22,3	3,9	0,32	25,8	29,5	26,3	30,2		
32	20.11.2007		22,5	27,5	23,4	28,6	25,8	21,9	3,9	0,32	23,8	28,8	24,6	29,9		
33	21.11.2007		24,0	28,0	25,1	29,2	28,0	22,0	6,0	0,32	26,0	29,9	27,0	31,1		
34	22.11.2007		26,2	29,5	27,4	30,9	29,9	23,3	6,6	0,32	28,3	31,7	29,5	33,0		
35	23.11.2007		24,1	28,4	24,6	29,0	27,9	15,8	12,1	0,32	27,9	32,2	28,4	32,8		
36	24.11.2007		23,8	28,2	24,2	28,7	28,1	16,1	12,0	0,32	27,6	32,0	28,0	32,5		
37	25.11.2007		13,8	14,4	14,2	14,7	12,2	5,8	6,4	0,32	15,9	16,5	16,2	16,8		
38	26.11.2007		15,3	15,4	15,5	15,6	17,6	8,2	9,4	0,32	18,3	18,4	18,5	18,6		
39	27.11.2007		26,5	27,1	26,7	27,3	30,7	16,9	13,9	0,32	30,9	31,5	31,1	31,8		
40	28.11.2007		26,4	26,2	26,7	26,6	27,8	19,2	8,6	0,32	29,1	28,9	29,5	29,3		
41	29.11.2007		19,2	19,7	19,8	20,4	22,1	14,3	7,8	0,32	21,7	22,2	22,3	22,9		
42	30.11.2007		14,0	13,8	14,6	14,3	15,3	8,3	7,0	0,32	16,3	16,0	16,9	16,6		
43	01.12.2007		10,0	9,6	10,5	10,0	11,6	4,5	7,1	0,32	12,3	11,9	12,8	12,3		
44	02.12.2007		6,0	5,7	6,4	6,1	7,2	2,7	4,5	0,32	7,5	7,1	7,9	7,5		
45	03.12.2007		10,6	10,8	11,0	11,2	12,0	5,6	6,5	0,32	12,6	12,8	13,1	13,3		
46	04.12.2007		13,2	13,9	13,6	14,4	16,9	8,3	8,6	0,32	16,0	16,7	16,4	17,2		
47	05.12.2007		11,9	12,8	12,4	13,4	14,5	5,9	8,7	0,32	14,6	15,5	15,2	16,1		
48	06.12.2007		5,8	7,6	6,2	8,0				0,32						
49	07.12.2007		13,3	13,4	13,9	14,0	16,4	7,1	9,3	0,32	16,2	16,3	16,9	17,0		
50	08.12.2007		8,0	8,5	8,4	8,9	9,4	4,3	5,1	0,32	9,6	10,1	10,0	10,5		
51	09.12.2007		5,6	5,9	5,9	6,3	7,1	3,8	3,3	0,32	6,6	7,0	7,0	7,3		
52	10.12.2007		17,7	17,5	18,4	18,2	20,1	13,1	7,0	0,32	19,9	19,8	20,6	20,4		
53	11.12.2007		13,2	13,3	13,4	13,5	20,1	11,8	8,3	0,32	15,8	15,9	16,0	16,2		
54	12.12.2007		32,6	31,2	32,7	31,3	35,2	26,3	8,9	0,32	35,4	34,1	35,5	34,2		
55	13.12.2007		18,9	17,8	18,8	17,8	20,3	15,1	5,3	0,32	20,6	19,5	20,5	19,5		
56	14.12.2007		17,0	15,8	16,8	15,7	17,6	13,3	4,4	0,32	18,4	17,2	18,2	17,1		
57	15.12.2007		17,2	16,2	16,9	15,9	17,7	14,7	3,0	0,32	18,1	17,1	17,9	16,9		
58	16.12.2007		25,0	24,5	24,5	24,1	26,5	23,1	3,4	0,32	26,0	25,6	25,6	25,2		
59	17.12.2007		31,1	31,0	30,6	30,4	35,5	25,8	9,7	0,32	34,2	34,1	33,7	33,5		
60	18.12.2007		66,9	66,3	65,4	65,0	75,9	55,1	20,9	0,32	73,6	73,0	72,1	71,6		



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

**Anlage**

**Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10**

**Blatt 3 von 6**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.		Messbereich		0 bis 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Messobjekt		Schwebstaub PM10		Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i.B. und i.N.			
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor		Serien-Nr.		SN 127 & SN 131									
												$PM_{10RM}^* = PM_{10RM} - \bar{\alpha} (PM_{10CM} - PM_{2,5CM})$			
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 2 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 1 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	Ref. 2 PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	FAI PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	FAI PM2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	FAI PM10-PM2,5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$-\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 2* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ref. 1* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	Ref. 2* PM10 [ $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ]	
61	19.12.2007	Köln, Parkplatzgelände	77,0	74,9	75,2	73,3	88,4	63,9	24,5	0,32	84,8	82,7	83,1	81,1	
62	20.12.2007		88,2	86,3	86,2	84,5	97,3	69,3	28,0	0,32	97,2	95,3	95,2	93,5	
63	21.12.2007		53,5	54,2	53,1	53,8	59,0	52,6	6,5	0,32	55,6	56,3	55,2	55,9	
64	22.12.2007		59,4	60,6	58,6	59,9	68,0	63,2	4,8	0,32	60,9	62,1	60,2	61,4	
65	23.12.2007		58,6	59,2	58,2	58,8	59,3	46,6	12,7	0,32	62,7	63,3	62,2	62,9	
66	24.12.2007		25,2	25,5	25,0	25,3	24,7	22,7	2,0	0,32	25,8	26,1	25,7	26,0	
67	25.12.2007		30,3	30,6	30,2	30,6	32,5	29,2	3,3	0,32	31,3	31,7	31,3	31,7	
68	26.12.2007		33,6	34,0	33,5	33,9	35,9	31,6	4,3	0,32	35,0	35,3	34,9	35,3	
69	27.12.2007		12,3	12,7	12,4	12,7	12,6	10,8	1,9	0,32	12,9	13,3	13,0	13,3	
70	28.12.2007		12,0	12,7	12,2	12,9	12,5	11,3	1,2	0,32	12,4	13,0	12,6	13,2	
71	29.12.2007		8,9	10,0	9,2	10,3	10,2	6,9	3,3	0,32	10,0	11,1	10,2	11,3	
72	30.12.2007		16,2	16,0	16,5	16,3	18,3	9,8	8,5	0,32	18,9	18,7	19,2	19,0	
73	31.12.2007		46,0	45,6	46,4	46,0	46,7	36,3	10,4	0,32	49,4	48,9	49,7	49,3	
74	01.01.2008		22,7	22,5	22,6	22,3	23,3	19,3	4,0	0,32	24,0	23,8	23,9	23,6	
75	02.01.2008		19,4	19,3	19,5	19,4	20,1	17,1	3,0	0,32	20,3	20,3	20,4	20,4	
76	03.01.2008		21,9	22,4	22,3	22,8	22,4	20,1	2,3	0,32	22,6	23,1	23,1	23,5	
77	04.01.2008						26,4	22,9	3,5	0,32					
78	05.01.2008						11,3	6,5	4,8	0,32					
79	06.01.2008									0,32					
80	07.01.2008									0,32					
81	08.01.2008									0,32					
82	09.01.2008			12,4	13,4	12,7	13,8	14,7	7,7	7,0	0,32	14,7	15,7	15,0	16,0
83	10.01.2008			11,3	12,1	11,8	12,7	13,1	8,9	4,2	0,32	12,7	13,5	13,1	14,0
84	11.01.2008			7,5	8,3	8,0	8,9	8,5	6,0	2,6	0,32	8,4	9,2	8,8	9,7
85	12.01.2008			14,1	12,7	14,4	13,0	13,8	9,1	4,7	0,32	15,6	14,2	15,9	14,5
86	13.01.2008			16,2	16,6	16,6	17,0	16,8	12,9	3,9	0,32	17,5	17,8	17,8	18,2
87	14.01.2008			13,2	13,6	13,7	14,2	14,2	10,0	4,1	0,32	14,5	14,9	15,0	15,5
88	15.01.2008			7,0	5,8	7,4	6,2	6,6	4,7	1,9	0,32	7,6	6,4	8,0	6,8
89	16.01.2008			10,0	10,1	10,4	10,5	12,2	7,4	4,8	0,32	11,5	11,6	12,0	12,1
90	17.01.2008			12,3	11,7	12,9	12,2	12,9	6,0	6,9	0,32	14,5	13,9	15,1	14,4

Anlage

Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10

Blatt 4 von 6

Hersteller FAI Instruments s.r.l.											Messobjekt Schwebstaub PM10			
Messbereich 0 bis 200 µg/m³											Messwerte in µg/m³ i.B. und i.N.			
Gerätetyp SWAM5a Dual Channel Monitor											$PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - \bar{\alpha} (PM_{10CMi} - PM_{2,5CMi})$			
Serien-Nr. SN 127 & SN 131														
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	FAI PM10 [µg/m³]	FAI PM2,5 [µg/m³]	FAI PM10-PM2,5 [µg/m³]	- $\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [µg/m³]	Ref. 2* PM10 [µg/m³]	Ref. 1* PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2* PM10 [µg/Nm³]
91	18.01.2008	Köln, Parkplatzgelände	12,0	11,8	12,5	12,3	14,4	5,0	9,5	0,32	15,0	14,8	15,5	15,4
92	19.01.2008		5,6	4,4	5,9	4,6	6,4	3,9	2,6	0,32	6,4	5,3	6,7	5,5
93	20.01.2008		5,7	5,3	6,0	5,6	5,5	3,5	2,0	0,32	6,4	6,0	6,6	6,2
94	21.01.2008		8,5	8,4	8,9	8,7	9,4	5,5	4,0	0,32	9,8	9,6	10,2	10,0
95	22.01.2008		20,3	19,4	20,5	19,6	22,7	9,5	13,3	0,32	24,6	23,7	24,7	23,8
96	23.01.2008		20,6	20,0	20,9	20,3	22,1	10,7	11,4	0,32	24,2	23,6	24,5	23,9
97	24.01.2008		26,7	26,0	27,0	26,4	29,1	11,8	17,3	0,32	32,2	31,6	32,5	31,9
98	25.01.2008		18,3	18,0	18,5	18,3	20,0	9,1	10,9	0,32	21,8	21,5	22,0	21,7
99	26.01.2008		26,3	25,5	26,8	26,0	28,5	17,0	11,5	0,32	30,0	29,1	30,4	29,6
100	27.01.2008		31,6	30,3	32,1	30,8	33,0	17,2	15,8	0,32	36,6	35,4	37,1	35,9
101	28.01.2008	39,2	38,1	39,8	38,8	42,7	25,8	16,9	0,32	44,6	43,5	45,3	44,2	
102	29.01.2008	51,0	50,8	51,4	51,3	55,4	35,3	20,1	0,32	57,4	57,2	57,9	57,7	
103	30.01.2008	24,7	25,7	24,8	25,9	27,2	17,4	9,8	0,32	27,8	28,8	28,0	29,0	
104	31.01.2008	7,7	7,7	7,9	8,0	8,2	5,6	2,7	0,32	8,6	8,6	8,8	8,8	
105	01.02.2008	10,8	10,2	11,2	10,5	12,0	5,2	6,8	0,32	12,9	12,3	13,4	12,7	
106	02.02.2008	13,4	14,2	13,6	14,3	14,2	6,9	7,3	0,32	15,8	16,5	15,9	16,6	
107	03.02.2008	11,5	12,2	11,8	12,6	12,1	9,0	3,1	0,32	12,5	13,2	12,8	13,6	
108	04.02.2008	9,7	10,4	10,0	10,7	10,6	7,9	2,7	0,32	10,6	11,3	10,8	11,6	
109	05.02.2008	5,2	5,3	5,4	5,5	5,8	3,1	2,7	0,32	6,0	6,1	6,2	6,3	
110	14.02.2008	Bonn	38,2	38,2	38,1	38,2	40,5	31,2	9,2	0,38	41,7	41,8	41,6	41,7
111	15.02.2008		15,0	15,5	14,8	15,3	17,1	11,7	5,4	0,38	17,1	17,6	16,8	17,3
112	16.02.2008		18,3	19,2	18,0	18,9	18,8	14,9	3,9	0,38	19,8	20,6	19,5	20,3
113	17.02.2008		37,7	37,4	37,5	37,2	42,8	30,7	12,0	0,38	42,3	42,0	42,0	41,8
114	18.02.2008		63,0	62,4	63,1	62,6	75,5	51,5	24,0	0,38	72,1	71,5	72,2	71,7
115	19.02.2008		52,0	51,9	53,0	53,0	57,3	40,6	16,7	0,38	58,4	58,3	59,4	59,3
116	20.02.2008		41,6	42,6	42,4	43,5	44,3	36,9	7,5	0,38	44,4	45,4	45,3	46,3
117	21.02.2008		39,9	39,5	41,3	41,0	43,7	28,7	15,0	0,38	45,6	45,2	47,0	46,7
118	22.02.2008		24,8	25,1	25,7	26,1	27,5	15,6	11,9	0,38	29,3	29,7	30,2	30,6
119	23.02.2008		27,4	27,2	28,2	28,1	29,8	21,5	8,4	0,38	30,5	30,4	31,4	31,3
120	24.02.2008		30,1	29,2	31,2	30,4	31,1	24,2	6,9	0,38	32,7	31,8	33,9	33,0

Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und PM2,5, Berichts-Nr.: 936/21207522/A

Anlage

Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10

Blatt 5 von 6

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.										Messobjekt		Schwebstaub PM10 Messwerte in µg/m³ i.B. und i.N.			
Messbereich		0 bis 200 µg/m³															
Gerätetyp		SWAM5a Dual Channel Monitor															
Serien-Nr.		SN 127 & SN 131												$PM_{10RMI}^* = PM_{10RMI} - \bar{\alpha} (PM_{10CMI} - PM_{2,5CMI})$			
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	FAI PM10 [µg/m³]	FAI PM2,5 [µg/m³]	FAI PM10-PM2,5 [µg/m³]	- $\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [µg/m³]	Ref. 2* PM10 [µg/m³]	Ref. 1* PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2* PM10 [µg/Nm³]			
121	25.02.2008	Bonn	24,1	24,6	25,3	25,8	26,1	18,5	7,7	0,38	27,0	27,5	28,2	28,7			
122	26.02.2008		23,9	23,4	25,0	24,5	25,8	11,5	14,3	0,38	29,4	28,9	30,4	30,0			
123	27.02.2008		27,6	27,8	28,4	28,7	29,2	15,3	13,8	0,38	32,8	33,0	33,7	34,0			
124	28.02.2008		28,4	30,0	29,5	31,2	30,7	19,3	11,4	0,38	32,7	34,3	33,8	35,5			
125	29.02.2008		14,7	14,0	15,6	14,8	14,6	8,4	6,2	0,38	17,1	16,4	18,0	17,2			
126	01.03.2008		15,6	14,8	16,5	15,6	15,2	7,0	8,2	0,38	18,8	17,9	19,6	18,7			
127	02.03.2008		23,3	23,1	24,4	24,3	24,3	11,1	13,2	0,38	28,3	28,1	29,4	29,3			
128	03.03.2008		20,1	19,6	20,7	20,2	22,4	12,5	10,0	0,38	23,9	23,4	24,4	24,0			
129	04.03.2008		22,2	22,2	22,4	22,4	25,3	13,2	12,1	0,38	26,8	26,8	27,0	27,0			
130	05.03.2008		26,1	25,4	26,3	25,6	28,7	16,2	12,4	0,38	30,8	30,1	31,0	30,3			
131	06.03.2008		30,0	30,2	30,9	31,1	33,0	18,8	14,2	0,38	35,4	35,6	36,3	36,5			
132	07.03.2008		25,5	24,5	26,5	25,5	28,2	15,4	12,8	0,38	30,4	29,4	31,4	30,4			
133	08.03.2008		20,7	20,1	21,7	21,1	20,7	14,5	6,2	0,38	23,1	22,4	24,0	23,4			
134	09.03.2008		11,5	9,9	12,2	10,5	11,9	6,4	5,5	0,38	13,6	12,0	14,2	12,6			
135	10.03.2008		8,6	7,6	9,2	8,1	9,6	4,5	5,1	0,38	10,5	9,5	11,1	10,1			
136	11.03.2008		13,6	13,4	14,5	14,3	15,2	6,9	8,3	0,38	16,8	16,5	17,7	17,5			
137	12.03.2008		19,1	19,2	19,9	20,0				0,38							
138	13.03.2008		16,5	16,9	17,2	17,7	19,0	10,5	8,5	0,38	19,7	20,1	20,5	20,9			
139	14.03.2008						30,0	19,7	10,3	0,38							
140	15.03.2008		10,7	11,1	11,4	11,8	10,9	7,8	3,1	0,38	11,9	12,3	12,6	13,0			
141	16.03.2008		16,9	18,4	17,7	19,2	18,8	11,6	7,1	0,38	19,6	21,1	20,4	21,9			
142	17.03.2008		22,0	23,3	22,6	23,9	25,5	11,2	14,3	0,38	27,4	28,7	28,1	29,3			
143	18.03.2008		21,6	22,0	22,3	22,6	24,2	12,1	12,1	0,38	26,2	26,6	26,9	27,2			
144	19.03.2008		18,7	20,0	19,1	20,4	20,8	10,9	9,9	0,38	22,5	23,7	22,9	24,2			
145	20.03.2008		10,3	10,8	10,8	11,4	11,1	6,6	4,5	0,38	12,0	12,5	12,5	13,1			
146	21.03.2008						10,8	7,6	3,1	0,38							
147	22.03.2008		24,7	26,0	25,6	26,8	26,5	21,6	5,0	0,38	26,6	27,9	27,4	28,7			
148	23.03.2008		19,8	21,1	20,4	21,7	21,3	15,1	6,2	0,38	22,2	23,4	22,8	24,1			
149	24.03.2008		12,0	12,5	12,4	12,9	11,9	7,8	4,2	0,38	13,6	14,1	14,0	14,5			
150	25.03.2008		16,6	16,7	17,0	17,1	17,4	11,6	5,8	0,38	18,8	18,9	19,2	19,3			

Anlage

Korrektur der Cut-Size-Differenzen für Referenz PM10

Blatt 6 von 6

Hersteller FAI Instruments s.r.l.											Messobjekt Schwebstaub PM10			
Messbereich 0 bis 200 µg/m³											Messwerte in µg/m³ i.B. und i.N.			
Gerätetyp SWAM5a Dual Channel Monitor											$PM_{10RMi}^* = PM_{10RMi} - \bar{\alpha} (PM_{10CMi} - PM_{2,5CMi})$			
Serien-Nr. SN 127 & SN 131														
Nr.	Datum	Standort	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2 PM10 [µg/Nm³]	FAI PM10 [µg/m³]	FAI PM2,5 [µg/m³]	FAI PM10-PM2,5 [µg/m³]	- $\bar{\alpha}$	Ref. 1* PM10 [µg/m³]	Ref. 2* PM10 [µg/m³]	Ref. 1* PM10 [µg/Nm³]	Ref. 2* PM10 [µg/Nm³]
151	26.03.2008	Bonn	22,2	22,6	23,1	23,5				0,38				
152	27.03.2008									0,38				
153	28.03.2008		12,8	13,2	13,4	13,8	14,1	6,5	7,5	0,38	15,6	16,0	16,2	16,7
154	29.03.2008		14,3	14,6	15,1	15,4	15,4	7,8	7,7	0,38	17,2	17,6	18,0	18,4
155	30.03.2008		15,0	15,3	15,9	16,2	17,9	9,6	8,3	0,38	18,2	18,4	19,1	19,3
156	31.03.2008		16,7	16,5	17,4	17,2	19,4	11,4	8,1	0,38	19,7	19,6	20,4	20,3
157	01.04.2008		25,0	25,4	26,0	26,5	29,3	11,8	17,5	0,38	31,6	32,1	32,7	33,2
158	02.04.2008		26,6	27,7	27,4	28,6	31,6	14,8	16,8	0,38	33,0	34,1	33,8	35,0
159	03.04.2008		30,9	31,5	31,6	32,3	35,8	20,2	15,5	0,38	36,8	37,4	37,5	38,2
160	04.04.2008		36,9	36,8	38,4	38,3	41,5	28,2	13,3	0,38	41,9	41,8	43,4	43,3
161	05.04.2008		14,4	13,9	14,9	14,5	15,4	11,1	4,3	0,38	16,0	15,5	16,6	16,1
162	06.04.2008		17,3	17,5	18,0	18,3	19,2	12,5	6,7	0,38	19,8	20,1	20,5	20,8
163	07.04.2008		26,3	26,7	27,1	27,6	29,0	21,6	7,4	0,38	29,1	29,5	29,9	30,4
164	08.04.2008		37,3	36,7	39,0	38,4	38,8	30,2	8,5	0,38	40,5	39,9	42,3	41,7
165	09.04.2008		40,8	39,9	42,9	42,1	41,8	31,5	10,3	0,38	44,7	43,8	46,8	46,0
166	10.04.2008		30,5	30,2	32,3	32,0				0,38				
167	11.04.2008		45,5	45,3	48,0	47,8	43,3	32,0	11,2	0,38	49,7	49,5	52,3	52,1
168	12.04.2008		12,6	12,1	13,3	12,7	12,7	7,7	5,1	0,38	14,5	14,0	15,2	14,6
169	13.04.2008		11,7	11,9	12,3	12,4	12,4	9,9	2,5	0,38	12,7	12,8	13,2	13,4
170	14.04.2008		36,2	36,0	37,4	37,2	36,5	27,3	9,1	0,38	39,7	39,5	40,9	40,7
171	15.04.2008		27,2	25,8	27,8	26,4	26,5	20,0	6,5	0,38	29,7	28,3	30,2	28,9
172	16.04.2008		25,6	24,7	26,4	25,5	26,3	17,0	9,3	0,38	29,1	28,2	29,9	29,0
173	17.04.2008		23,9	23,9	25,1	25,1	23,0	17,7	5,4	0,38	25,9	25,9	27,1	27,2
174	18.04.2008		25,0	24,0	26,6	25,6	24,7	19,7	5,1	0,38	26,9	26,0	28,5	27,5
175	19.04.2008		21,4	19,6	22,6	20,7	19,3	16,4	2,9	0,38	22,5	20,7	23,7	21,8
176	20.04.2008		19,7	18,8	21,0	20,0	19,2	15,2	4,0	0,38	21,2	20,3	22,5	21,5
177	21.04.2008		29,1	28,0	31,2	30,0	30,3	22,6	7,7	0,38	32,0	30,9	34,1	32,9

## Anhang 3

### Verfahren zur Filterwägung

#### A) Standorte in Deutschland (Köln, Bonn, Brühl)

##### A.1 Ausführung der Wägung

Die Wägungen werden im klimatisierten Wägeraum durchgeführt. Die Bedingungen sind 20°C ±1°C und 50% ±5% rel. Feuchte und entsprechen damit den Vorgaben der DIN EN 14907.

Die Filter für den Feldtest werden manuell gewogen. Für die Konditionierung werden die Filter einschließlich der Kontrollfilter auf Siebe gelegt, so dass keine Überlappung vorliegt. Die Bedingungen für die Hin und Rückwägung werden vorher festgelegt und entsprechen der Richtlinie.

Vor der Probenahme = Hinwägung	Nach der Probenahme = Rückwägung
Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden	Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter	Wiegen der Filter
nochmals Konditionierung 24 Stunden + 2 Stunden	nochmals Konditionierung 24 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter und sofort verpacken	Wiegen der Filter

Die Waage steht immer betriebsbereit zur Verfügung. Vor jeder Wägeserie wird die interne Waagenkalibrierung gestartet. Ist alles in Ordnung, wird als Referenzgewicht das Eichgewicht von 200 mg gewogen und die Randbedingungen notiert. Die Abweichungen zur vorhergehenden Wägung entsprechen der Richtlinie und überschreiten die 20 µg nicht (siehe Abbildung 108). Dann werden die sechs Kontrollfilter gewogen. Die Kontrollfilter mit einer Abweichung von über 40µg werden in der Auswerteseite mit einer Warnung angezeigt und nicht für die Rückwägung verwendet. Für die Rückwägung werden die ersten drei einwandfreien Kontrollfilter genommen, während die anderen sicher in ihren Döschen bleiben, um bei Beschädigungen und/oder größeren Abweichungen der ersten drei Kontrollfilter zum Einsatz zu kommen. Den exemplarischen Verlauf über einen Zeitraum von über vier Monate zeigt Abbildung 109.

Bei der Hinwägung der Filter werden die Filter, die zwischen der ersten und zweiten Wägung eine Differenz von über 40µg aufweisen, ausgemustert. Bei der Rückwägung werden die Filter mit einer Differenz von über 60µg normgerecht nicht zur Auswertung genommen.

Für den Transport von und zu der Messstelle und für die Lagerung werden die gewogenen Filter einzeln in Polystyrol-Döschen verpackt. Erst vor dem Einlegen in den Filterhalter wird das Döschen geöffnet. Die unbeladenen Filter können im Wägeraum bis zu 28 Tage vor der Probenahme gelagert werden. Sollte dieser Zeitraum einmal überschritten werden, so wird die Hinwägung der Filter wiederholt.

Die Lagerung der beaufschlagten Filter kann bei oder unterhalb von 23 °C max. 15 Tage erfolgen. Die Filter werden bei 7°C im Kühlschrank gelagert.

## A2 Auswertung der Filter

Die Auswertung der Filter erfolgt unter Verwendung eines Korrekturterms. Zweck dieser Korrekturrechnung ist es, die relative Masseänderung durch die Wägeraumbedingungen zu minimieren.

Formel :

$$\text{Staub} = M_{\text{rück}} - ( M_{\text{Tara}} \times ( M_{\text{Kon}_{\text{rück}}} / M_{\text{Kon}_{\text{hin}}} ) ) \quad (\text{F1})$$

$M_{\text{Kon}_{\text{hin}}}$  = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72h Hinwägung

$M_{\text{Kon}_{\text{rück}}}$  = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Rückwägung

$M_{\text{Tara}}$  = mittlere Masse des Filters von 48 h und 72 h Hinwägung

$M_{\text{rück}}$  = mittlere Masse des bestaubten Filters von 48 h und 72 h Rückwägung

Staub = korrigierte Staubmasse auf dem Filter

Es zeigt sich, dass durch die Korrekturrechnung das Verfahren unabhängig von den Wägeraumbedingungen wird. Damit sind die Einflüsse des Wassergehaltes der Filtermasse zwischen beladenen und unbeladenen Filtern kontrollierbar und verändern nicht die Staubgehalte auf den beladenen Filtern. Damit ist der Punkt EN 14907 9.3.2.5 hinreichend erfüllt.

Der exemplarische Verlauf des Eichgewichtes für den Zeitraum von Nov. 2008 bis Feb. 2009 zeigt, dass die zulässige Differenz von 20 µg zur vorhergehenden Messung nicht überschritten wird.

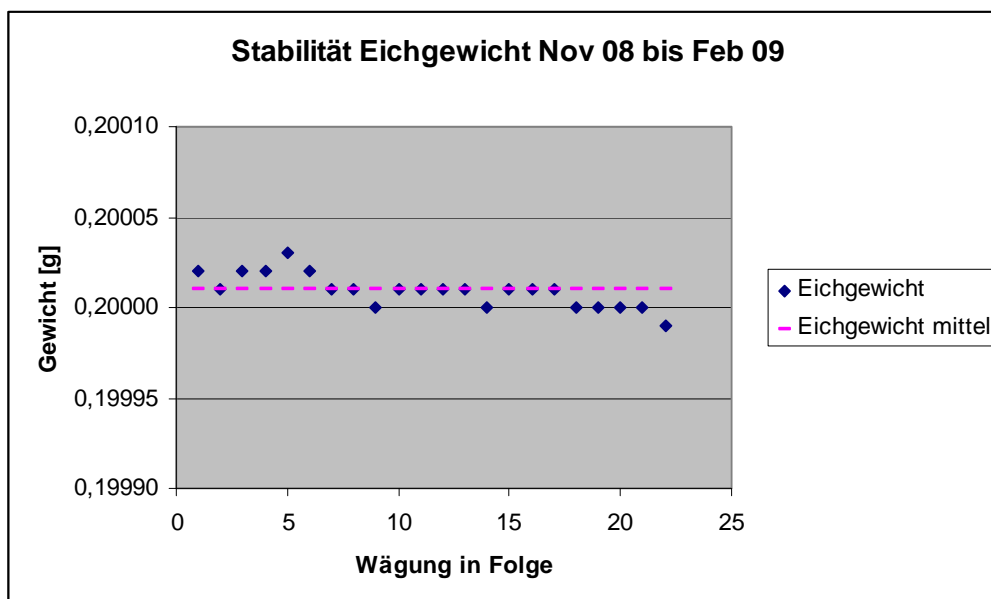


Abbildung 108: Stabilität Eichgewicht

*Tabelle 103: Stabilität Eichgewicht*

Datum	Wägung Nr	Eichgewicht g	Differenz zur vorhergehenden Wägung µg
12.11.2008	1	0,20002	
13.11.2008	2	0,20001	-10
10.12.2008	3	0,20002	10
11.12.2008	4	0,20002	0
17.12.2008	5	0,20003	10
18.12.2008	6	0,20002	-10
07.01.2009	7	0,20001	-10
08.01.2009	8	0,20001	0
14.01.2009	9	0,20000	-10
15.01.2009	10	0,20001	10
21.01.2009	11	0,20001	0
22.01.2009	12	0,20001	0
29.01.2009	13	0,20001	0
30.01.2009	14	0,20000	-10
04.02.2008	15	0,20001	10
05.02.2009	16	0,20001	0
11.02.2009	17	0,20001	0
12.02.2009	18	0,20000	-10
18.02.2009	19	0,20000	0
19.02.2009	20	0,20000	0
26.02.2009	21	0,20000	0
27.02.2009	22	0,19999	-10

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert



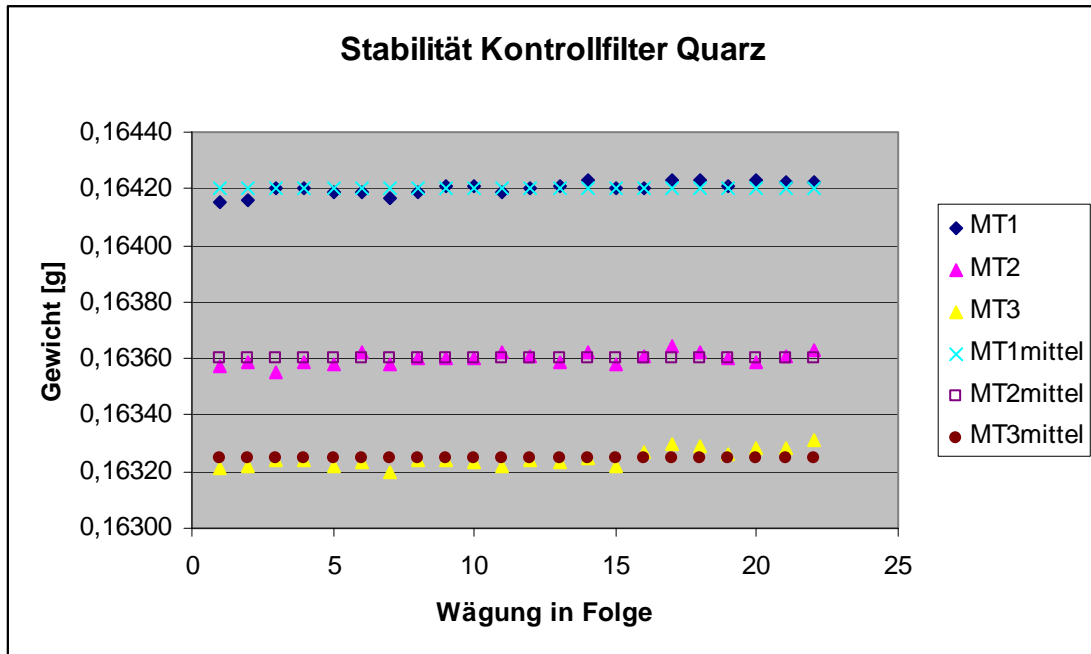


Abbildung 109: Stabilität der Kontrollfilter

*Tabelle 104: Stabilität der Kontrollfilter*

Wägung Nr.	MT1 [g]	MT2 [g]	MT3 [g]
1	0,16415	0,16357	0,16321
2	0,16416	0,16359	0,16322
3	0,16420	0,16355	0,16324
4	0,16420	0,16359	0,16324
5	0,16419	0,16358	0,16322
6	0,16419	0,16362	0,16323
7	0,16417	0,16358	0,16320
8	0,16419	0,16360	0,16324
9	0,16421	0,16360	0,16324
10	0,16421	0,16360	0,16323
11	0,16419	0,16362	0,16322
12	0,16420	0,16361	0,16324
13	0,16421	0,16359	0,16323
14	0,16423	0,16362	0,16325
15	0,16420	0,16358	0,16322
16	0,16420	0,16361	0,16327
17	0,16423	0,16364	0,16330
18	0,16423	0,16362	0,16329
19	0,16421	0,16360	0,16326
20	0,16423	0,16359	0,16328
21	0,16422	0,16361	0,16328
22	0,16422	0,16363	0,16331
<b>Mittelwert</b>	0,16420	0,16360	0,16325
Standardabw.	2,19602E-05	2,1157E-05	3,0165E-05
rel. Standardabw.	0,013	0,013	0,018
Median	0,16420	0,16360	0,16324
niedrigster Wert	0,16415	0,16355	0,16320
höchster Wert	0,16423	0,16364	0,16331

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert

## **B) Standort in Großbritannien (Teddington)**

### **B.1 Umsetzung der Wägeprotokolle**

NPL (National Physical Laboratory) wurde beauftragt, die Filter für den Feldtest manuell zu wiegen. Entsprechend der Richtlinie EN14907 wurden die Filter weniger als 28 Tage im Wägeraum gelagert; die Plexiglaskammer, in der der Wiegevorgang stattfand, wurde bei  $20 \pm 1$  °C und  $50 \pm 5$  % gehalten; die Filter wurden vor und nach Probenahme zweimal gewogen. Tabelle 105 fasst die Wägebedingungen und Wiegezeiten zusammen:

*Tabelle 105: Wägebedingungen und Wiegezeiten*

Anfang Probenahme	Ende Probenahme
Lagerung mindestens 48 Stunden Filterwägung	Lagerung 48 Stunden Filterwägung
Lagerung 24 Stunden Filterwägung	Lagerung 24 Stunden Filterwägung

Zu Beginn jeder Wägereihe wurde die Balkenwaage untersucht, um die mechanischen Steifigkeiten zu entfernen, danach wurde kalibriert. Zu Beginn und zum Ende jeder Filtercharge wurde je ein Prüfgewicht von 50 mg und 200 mg gewogen. Entsprechend der Anforderungen des UK PM Equivalence Report [11] wurden die Filter in Bezug auf ein 100 mg Prüfgewicht und nicht in Bezug auf einen Nullfilter gewogen, da dieser über die Zeit einen Gewichtsverlust hat. Je vier Filter wurden zwischen den Prüfgewichten gewogen, da über diese Zeit die Wägedrift klein ist.

Die **Masse des Prüfgewichts (CM)** für die Filter wurde für jede Wägereihe nach der Gleichung **E A.1** berechnet

$$CM = \frac{(m_{check,Beg} + m_{check,End})}{2} \quad \text{E A.1}$$

Mit:

$M_{check,Beg}$  = Masse des Prüfgewichts, gewogen direkt vor dem Probenfilter.

$M_{check,End}$  = Masse des Prüfgewichts, gewogen direkt nach dem Probenfilter.

Die **Relative Masse (RM)** der Filter wurde für jede Wägereihe nach Gleichung **E A.2** berechnet:

$$RM = m_{filter} - CM \quad \text{E A.2}$$

Mit:

$m_{filter}$  = Masse des Probenfilters

Die **Partikel Masse (PM)** wird wie in EN 14907 beschrieben nach der folgenden Gleichung berechnet.

$$PM = \left( \frac{RM_{End1} + RM_{End2}}{2} \right) - \left( \frac{RM_{Beg1} + RM_{Beg2}}{2} \right) \quad \text{E A.3}$$

Mit:

Beg1 kennzeichnet Wägereihe 1, vor Probenahme

Beg2 kennzeichnet Wägereihe 2, vor Probenahme

End1 kennzeichnet Wägereihe 1, nach Probenahme

End2 kennzeichnet Wägereihe 2, nach Probenahme

**End Streubereich ( $S_{Pre}$ ), Beg Streubereich ( $S_{Post}$ ) und Prüfgewicht Streubereich ( $S_{Blank}$ )** wurden nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$S_{Pre} = RM_{Anf1} - RM_{Anf2} \quad \text{E A.4}$$

$$S_{Post} = RM_{End1} - RM_{End2} \quad \text{E A.5}$$

$$S_{Blank} = \left( \frac{CM_{End2} + CM_{End1}}{2} \right) - \left( \frac{CM_{Anf2} + CM_{Anf1}}{2} \right) \quad \text{E A.6}$$

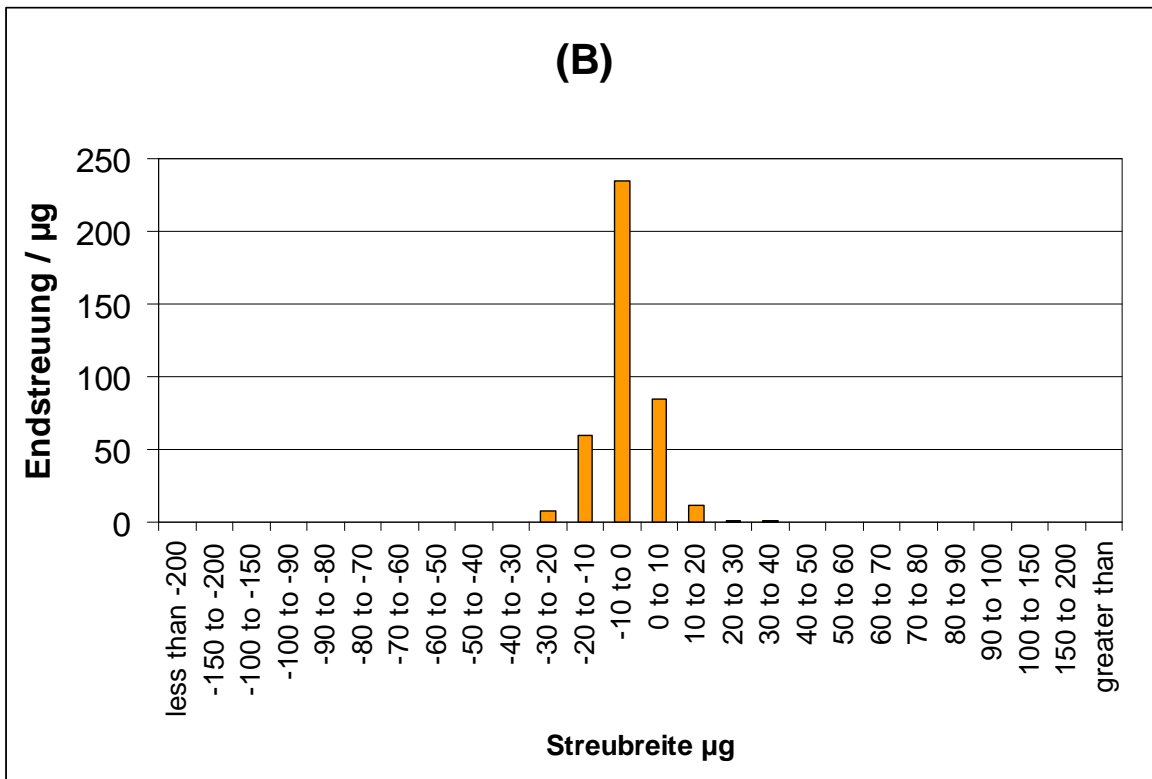
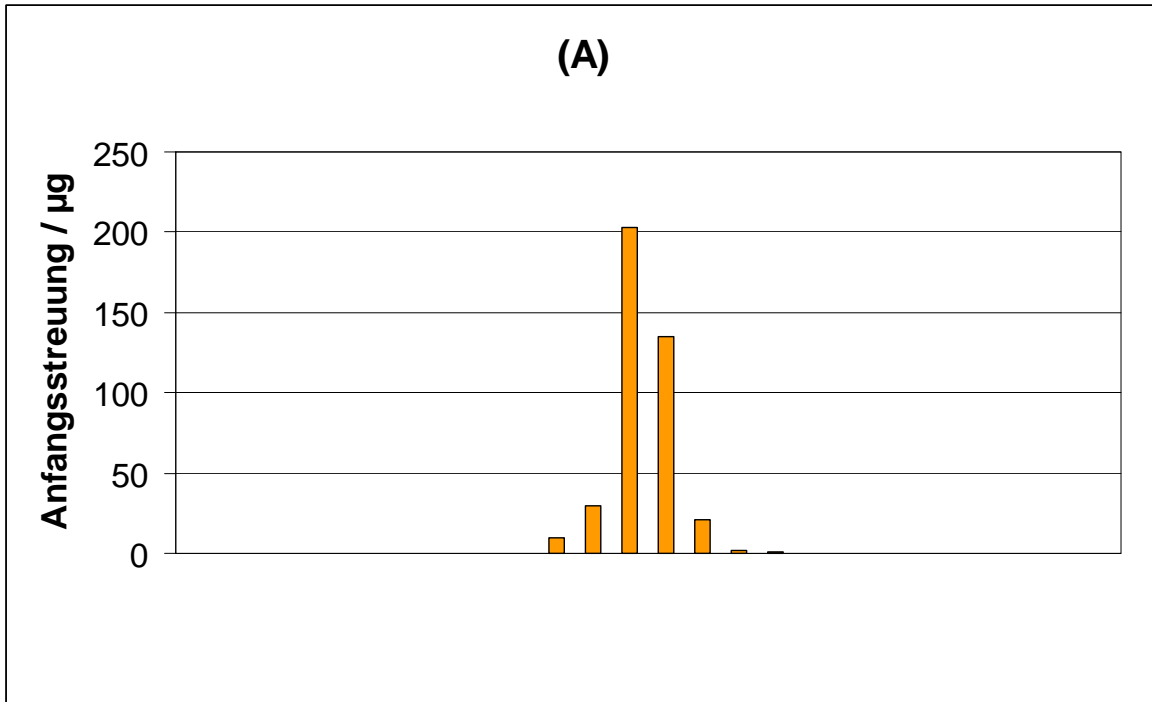
Wie im UK PM Equivalence Report [11] beschrieben, war es nicht möglich alle Filter wie in EN14907 beschrieben innerhalb des 15-tägigen Zeitfenster zu wiegen.

Allerdings wurden die Filter direkt aus dem Referenzprobenehmer entnommen und in den Kühlschrank gelegt, dadurch war es nicht notwendig zu bestimmen ob  $T_{Umgebung}$  23°C überschreitet. 15 Tage erscheinen unpraktikabel für einen relativ kleinen Feldtest Rahmen, es ist wenig wahrscheinlich dass diese Methode in nationalen und regionalen Netzwerken übernommen wird, die Methode die hier angewendet wurde ist repräsentativ für den Betrieb der Referenzprobenehmer in der Praxis.

## A.2 Analyse des verwendeten Wägeprotokolls

Das Streuverhalten der Anfangs- und Endwiegungen für alle gewogenen EMFAB Filter im Verhältnis zum Taragewicht und zum Prüfgewicht sind in Abbildung 110 dargestellt. Wenn alle Filter während der Messungen an relativer Masse verlieren, wird die Streuung nach rechts verschoben, im Gegenzug wird die Streuung nach links verschoben wenn die relative Masse der Filter zunimmt. Die EN14907 schreibt vor dass unbeladene Filter verworfen werden sollen wenn die Differenz der Masse der zwei Anfangswägungen größer als 40 µg ist. Gleichermäßen schreibt die EN14907 vor dass Filter, deren Massendifferenz der beiden Endwägungen größer als 60 µg ist, verworfen werden. Es wurden keine Filter auf Grund dieses Kriteriums verworfen. Es gilt als unwahrscheinlich, dass die festgestellten Streuungen der Wiederholungsbestimmungen der Masse einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse zu haben.

Abbildung 110: Streuung der Emfab Filter für (A) Anfangswägung m Vergleich zum Prüfgewicht und (B) Endwägung im Vergleich zum Prüfgewicht.



## **Anhang 4**

### **Handbuch**

inkl.

Handbuch SWAM5a (Stand: Rev22)

+

Handbuch „Test und Kalibrierverfahren“ (Stand: Rev01)

# ZWEI KANAL-MESS- UND PROBENAHMEGERÄT FÜR ATMOSPHERISCHE PM<sub>x</sub> PARTIKEL



## BENUTZER-HANDBUCH

*Februar 2009 Edition – rev.22*



*All rights reserved. The content of this document is confidential. Any form of transmission is prohibited.  
Any reproduction of the content of this document, either in whole or in part, is expressly prohibited without  
the prior consent of FAI Instruments S.r.l.*



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN UND SICHERHEITSHINWEISE .....</b>	<b>6</b>
1.1	<i>ALLGEMEINE INFORMATIONEN .....</i>	6
1.2	<i>AUSSTATTUNG UND HERSTELLERIDENTIFIZIERUNG .....</i>	6
1.3	<i>GARANTIE .....</i>	7
1.4	<i>ANLEITUNG FÜR TECHNISCHE UNTERSTÜTZUNG.....</i>	7
1.5	<i>ANLEITUNG FÜR DIE ERSATZTEILBESTELLUNGEN .....</i>	7
1.6	<i>SWAM 5a DUAL CHANNEL MONITOR <math>\text{C} \text{C}</math> KONFORMATIONSERKLÄRUNG.....</i>	8
1.7	<i>SYMBOLE.....</i>	9
1.8	<i>SICHERHEITSWARNUNG .....</i>	10
1.8.1	Spezifische Informationen über ionisierende Strahlungsrisiken.....	10
1.9	<i>SICHERHEITSVORSCHRIFTEN.....</i>	11
1.10	<i>SICHERHEITSKENNZEICHUNGEN.....</i>	11
1.11	<i>BESTIMMUNGSGEMÄSSER EINSATZ DES GERÄTS .....</i>	12
1.12	<i>VORSCHRIFTSMÄSSIGE BENUTZUNG .....</i>	12
1.13	<i>Lieferumfang.....</i>	13
1.14	<i>ANMERKUNGEN ZUM AUFBAU UND TRANSPORT.....</i>	14
1.14.1	Entfernen der Sicherheitsverriegelung des Massenmesssystems.....	14
<b>2</b>	<b>2. GERÄTBESCHREIBUNG .....</b>	<b>15</b>
2.1	<i>TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN .....</i>	16
2.2	<i>BESTANDTEILE DES GERÄTS .....</i>	18
2.2.1	Probenahmeeinheit.....	18
2.2.2	Probenahmeköpfe .....	18
2.2.2	Probenahmelinien .....	19
2.2.4	Vakuumpumpeneinheit.....	21
2.2.5	Druckluftkompressoreinheit .....	21
2.3	<i>DER PNEUMATISCHE KREISLAUF .....</i>	22
2.4	<i>KALIBRIERUNG DES DURCHFLUSSRATEN-STEUERUNGS UND -MESSSYSTEMS UND QUALITÄTSKONTROLLEN .....</i>	24
2.5	<i>MASSENBESTIMMUNGSSYSTEM .....</i>	26
2.5.1	Theoretische Aspekte.....	26
2.5.2	Massenbestimmungsverfahren.....	30
2.5.3	Massenbestimmung der Probe .....	31
2.6	<i>KALIBRIERUNG DES MASSENBESTIMMUNGSSYSTEMS .....</i>	34
2.6.1	Kalibrierverfahren.....	34
2.6.2	Automatischer Kalibriercheck und Qualitätskontrollen.....	37
2.7	<i>QC UND GERÄTEFUNKTIONALITÄT: .....</i>	38
2.7.1	Warnmeldungen .....	38
2.7.2	Alarmmeldungen.....	38
2.8	<i>KONTROLLELEKTRONIK, MANAGEMENTSOFTWARE UND SCHNITTSTELLEN.....</i>	39
2.9	<i>FERNBEDIENUNG DES GERÄTS VIA "GSM Modem" .....</i>	39
2.10	<i>ANALOGER DATENAUSGANG.....</i>	40
2.11	<i>MERKMALE DER SEQUENTIELLEN MECHANIK .....</i>	41
2.12	<i>INSTRUMENTENMANAGEMENT BEI STROMAUSFALL „Notstrombatterien“ .....</i>	41
2.13	<i>Selbstabschaltverfahren.....</i>	42
<b>3</b>	<b>3. BETRIEBSMODI .....</b>	<b>44</b>
3.1	<i>"MONITOR MODE".....</i>	44

3.2	<b>“REFERENCE MODE”</b> .....	44
3.2.1	Referenz Modus Normal.....	45
3.2.2	Reference Mode Split “constant flow rate” .....	46
3.2.3	Referenz Modus Split “constant Stokes number” .....	47
3.3	<b>“SAMPLER” MODUS MIT DEAKTIVIERTER MASSENBESTIMMUNG</b> .....	50
4	<b>4. FILTERMEMBRANMANAGEMENT</b> .....	51
4.1	<b>MODUL “FILTERBEWEGUNG”</b> .....	52
4.2	<b>ZUSAMMENSETZUNG „KOMPLETTER FILTER“</b> .....	54
4.3	<b>AUSWAHL DES FILTERMEDIUMS</b> .....	55
4.4	<b>AUSWAHL FILTERHALTER (<math>\beta</math>-äquivalenter Spotbereich)</b> .....	57
4.5	<b>FILTER: LADE- UND ENTLADEMAGAZINE</b> .....	59
4.6	<b>BEMERKUNG ZUR GERÄTEAUTONOMIE</b> .....	60
4.7	<b>EINSETZEN DER FILTERMEMBRANEN IN DIE FILTERHALTER</b> .....	61
4.8	<b>EINLEGEN DER UNBENUTZTEN FILTER IN DAS “LADEMAGAZIN”</b> .....	63
4.9	<b>ENTNAHME DER FILTERMEMBRANEN AUS DEM ENTLADEMAGAZIN</b> .....	66
4.9.1	Entfernung der Membran aus dem Filterhalter .....	68
4.10	<b>AUTOMATISCHE KONTROLLEN WERDEN AUF DIE FILTERMEMBRAN GELADEN</b> .....	70
5	<b>5. PROBENAHMEZYKLEN</b> .....	71
5.1	<b>GERÄT: BENUTZER-OBERFLÄCHE</b> .....	71
5.2	<b>KONTROLLEN UND ANZEIGEN</b> .....	72
5.3	<b>BETRIEBSSTATUS</b> .....	73
5.3.1	Gerät in Probenahme.....	73
5.4	<b>DATUMS- UND ZEITEINSTELLUNG</b> .....	74
5.5	<b>EINSTELLUNG DER PROBENAHME- UND MESSPARAMETER (Geräteeinstellung)</b> ....	75
5.6	<b>EINSETZEN ODER AUSTAUSCHEN DER REFERENZALUMINIUMFOLIEN</b> .....	77
5.7	<b>SPYFILTER MONTAGE UND EINSETZEN</b> .....	79
5.8	<b>START DER PROBENAHME</b> .....	81
5.8.1	Start Probenahme im “Monitor Mode” .....	82
5.8.2	Start Probenahme im “Reference Mode Normal” .....	83
5.8.3	Start Probenahme in “Reference Mode Split Constant flow rate” .....	84
5.8.4	Start Probenahme in “Reference Mode Split Constant Stokes number” .....	85
5.9	<b>STOPP DER PROBENAHME</b> .....	86
5.9.1	Manueller Abbruch, mittels „Abort“-verfahren .....	86
5.9.2	Automatischer Abbruch des Probenahmezyklus aufgrund Filtermangels “ENDING” .....	86
5.10	<b>FILTERENTFERNUNG “Unloading”-Verfahren</b> .....	87
5.11	<b>“RESET”-VERFAHREN</b> .....	87
6	<b>6. PROBENAHME- UND MESSDATEN</b> .....	88
6.1	<b>VERFÜGBARE INFORMATIONEN WÄHREND DES PROBENAHMEPROZESSES (Geräteinfo)</b> .....	88
6.1.1	Probenahmeinfo .....	89
6.1.2	<b>Betainfo</b> .....	91
6.1.3	<b>Test-Info</b> .....	92
6.1.4	Programm Info .....	93
6.1.5	Systeminfo .....	94
6.1.6	Warninfo .....	95
6.2	<b>GESPEICHERTE INFORMATIONEN IM BUFFER DATA</b> .....	96
6.2.1	Zugang zum Buffer Data über Display .....	99
6.3	<b>VERBINDUNG ZU EINEM EXTERNEN PC UND DOWNLOAD DER BUFFER DATA</b> .....	100

---

6.4	<b>BUFFER DATA AUF NULL SETZEN</b> .....	101
6.5	<b>SMS-Service</b> .....	101
<b>7</b>	<b>7. TEST- UND QUALITÄTSKONTROLLEN</b> .....	<b>103</b>
<b>7.1</b>	<b>KONTROLLE DER KALIBRIERUNG UND DICHTIGKEIT DES PNEUMATISCHEN KREISLAUFS</b> .....	<b>104</b>
7.1.1	Leak test.....	104
7.1.2	Span test.....	110
<b>7.2</b>	<b>ÜBERPRÜFUNG DER KALIBRIERUNG DES MASENBESTIMMUNGSSYSTEM (Beta Span Test)</b> .....	<b>115</b>
7.2.1	Starten des Tests (STATUS: Sampling) .....	115
7.2.2	Starten des Tests (STATUS: Ready) .....	116
<b>7.3</b>	<b>BATTERIETEST</b> .....	<b>117</b>
<b>7.4</b>	<b>MODEM SIGNAL</b> .....	<b>118</b>
<b>7.5</b>	<b>SMS TEST</b> .....	<b>119</b>
<b>7.6</b>	<b>VOLLER MECHNIKTEST</b> .....	<b>120</b>
<b>7.7</b>	<b>NULL TEST: Offset Überprüfung</b> .....	<b>121</b>
<b>8</b>	<b>8. WARTUNG</b> .....	<b>122</b>
<b>8.1</b>	<b>PRÄVENTIVE ROUTINEWARTUNG</b> .....	<b>122</b>
8.1.1	Probenahmekopf säubern .....	123
8.1.2	Kondensationsentwässerung der Probenahmelinie .....	125
8.1.3	Inspektion der Probenahmelinie .....	126
8.1.4	Überprüfung des Betriebsluft Kompressors.....	126
8.1.5	Vakuumpumpenwartung.....	126
<b>8.2</b>	<b>REPARATUREN</b> .....	<b>127</b>
<b>8.3</b>	<b>LAGERUNG UND ENSORUNG</b> .....	<b>128</b>
<b>9</b>	<b>Anhänge</b> .....	<b>129</b>
<b>10</b>	<b>ANHANG 1: Buffer Data Struktur</b> .....	<b>130</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG 2: Liste der PC Befehle (RS232)</b> .....	<b>132</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG 3: Menüstruktur</b> .....	<b>145</b>
<b>13</b>	<b>ANHANG 4: Geräteeinstellungen</b> .....	<b>148</b>
<b>14</b>	<b>ANHANG 5: Geräteinfo</b> .....	<b>150</b>
<b>15</b>	<b>ANHANG 6: Instrument Tools</b> .....	<b>153</b>
<b>16</b>	<b>ANHANG 7: ALARMS</b> .....	<b>154</b>
<b>17</b>	<b>ANHANG 8: WARNUNGEN</b> .....	<b>157</b>
<b>18</b>	<b>ANHANG 9: Optionales Zubehör und Haupteersatzteile</b> .....	<b>160</b>
<b>19</b>	<b>ANHANG 10: Konfiguration der Probenahmelinie (einige Anwendungsbeispiele)</b> .....	<b>162</b>
<b>20</b>	<b>ANHANG 11: Massenbestimmung</b> .....	<b>164</b>

---

---

21	<b>ANHANG 12: Sequentielle Betriebsschnitte .....</b>	<b>170</b>
----	---	------------

## KAPITEL 1

### 1 1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN UND SICHERHEITSHINWEISE

#### 1.1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN

Die Anweisungen dieses Handbuchs erfüllen Sicherheits-, Installations-, Ablauf- und Wartungsanforderungen für das Gerät SWAM 5a Dual Channel Monitor.

FAI Instruments s.r.l. behält sich das Recht vor, dass in dieser Anleitung beschriebene Gerät zu modifizieren. Jedes Update wird unten beigelegt oder kann direkt beim Hersteller erfragt werden.

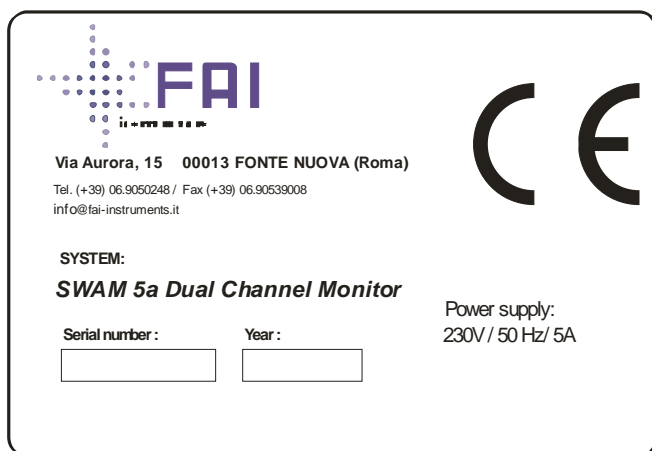
**Diese Anleitung muss als wesentlicher Bestandteil des Geräts angesehen werden.** Für das interessierte Personal muss es immer erreichbar sein.



***Der für den Gerätaufbau, -betrieb und -wartung Verantwortliche muss diese Anleitung sorgfältig lesen, insbesondere Kapitel 1 über Sicherheit.***

#### 1.2 AUSSTATTUNG UND HERSTELLERIDENTIFIZIERUNG

Das Identifizierungsetikett ist auf der Rückseite des Geräts platziert:



Gerätkategorie	Gerät für die Partikelüberwachung	
Gerätekennung	<b>SWAM 5a Dual Channel Monitor</b>	
Verantwortlicher Hersteller:	<b>FAI Instruments s.r.l.</b>	Via Aurora, 15 - 00013 FONTE NUOVA (Roma) Tel. (+39) 06.9050248 (+39) 06. 90532398 Fax (+39) 06. 90539008 <a href="mailto:info@fai-instruments.it">info@fai-instruments.it</a>

### **1.3 GARANTIE**

Die Produkte von Fai Instruments s.r.l. besitzen, bei ordnungsgemäßen Gebrauch, eine Garantie, die sich über die Entwicklung, die Produktion und die Fehler der eingesetzten Materialien, die diese unbrauchbar machen, erstreckt.

Wenn keine andere geschriebene Vereinbarung zwischen Fai Instrument s.r.l. und dem Käufer vereinbart wurde, ist die Garantie 1 (ein) Jahr gültig, ab dem Lieferdatum.

Im Falle eines Ausfalls, während der Garantiezeit, wird FAI Instruments s.r.l. die Gewährleistung nach eigenem Ermessen auf eigene Kosten, fehlerhafte Teile reparieren oder austauschen. Die Garantie gilt nicht für Ausfälle verursacht durch einen Unfall, Unachtsamkeit, Gebrauch von nicht-originalen Ersatzteilen, unsachgemäße Benutzung, Installation oder Wartung, Reparaturversuche, die von nicht zugelassenem Personal durchgeführt wurde, normalem Verschleiß der Komponenten, oder bei irgendeinem anderen Grund, der nicht Fai Instruments zuzuschreiben ist.

### **1.4 ANLEITUNG FÜR TECHNISCHE UNTERSTÜTZUNG**

Der Käufer kann den Hersteller jederzeit kontaktieren für jegliche Art von Information über Gebrauch, Installation und Wartung, etc.

Der Käufer wird darum gebeten, seine Fragen klar zu stellen, auf diese Anleitung zu verweisen und immer das Gerätemodel und die Seriennummer auf dem Identifikationetikett darzulegen.

Die Techniker, die qualifiziert sind die Unterstützung und die Wartungsreparaturen auszuführen, sind über die Telefon-, Faxnummer und eMail-Adresse des Herstellers zu erreichen oder über ein autorisiertes Service Center des Gebietes.

### **1.5 ANLEITUNG FÜR DIE ERSATZTEILBESTELLUNGEN**

Beim Gerät müssen unter Umständen abgenutzte oder versehentlich beschädigte Teile erneuert werden.

Für diesen Zweck, kann der Kunde Ersatzteile für die auszutauschenden Komponenten bestellen, in dem er die Liste "optionales Zubehör und Hauptersatzteile" in Anhang 9 befragt.

Denken sie daran, dass nur ein qualifizierter Techniker die Reparaturen ausführen kann. Der Operator ist nur dazu autorisiert, das Gerät zu benutzen und die vorbeugenden, routinemäßigen Wartungsarbeiten, die in dieser Anleitung beschreiben sind, durchzuführen.

1.6 SWAM 5a DUAL CHANNEL MONITOR C E KONFORMATIONSERKLÄRUNG

C E CONFORMITY DECLARATION

The manufacturer:

**FAI Instruments s.r.l.**

Via Aurora, 15 - 00013 FONTE NUOVA (Roma)

Tel. (+39) 06.9050248 06.90532398

Fax (+39) 06.90539008

hereby certifies that the instrument:

**SAMPLER - MONITOR OF ATMOSPHERIC PM<sub>x</sub> PARTICLES  
SWAM 5a Dual Channel Monitor**

is in accordance with the following European directives, last amendments included, and with the relative national legislation:

- directive 73/23/EC about low-voltage electric material
- directive 89/336/EC about Electromagnetic Compatibility

and that the following technical reguliers have been applied:

Safety:

EN 61010-1 Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory Use

Electromagnetic Compatibility:

EN 61326-1 Emission and Immunity

EN 61000-3-2 Harmonics

EN 61000-3-3 Flicker

The managing director  
Antonio Cesare Raffaele Imperatore

1.7 SYMBOLE

In dieser Anleitung werden die folgenden Symbole benutzt um die Aufmerksamkeit des Lesers auf Gefahrzeichen hinzuweisen.

	<p><b>Gefahr</b></p>	<p>Es zeigt GEFAHR, möglicherweise sogar mit tödlichem Unfallrisiko für den Benutzer</p>
	<p><b>Hoch-Spannung</b></p>	<p>Es zeigt HOCHSPANNUNGS-Elemente. Sie zu berühren könnte tödlich sein. Die Nichtbeachtung dieser Warnung kann eine Gefahr durch Stromschlag zur Folge haben.</p>
	<p><b>Ionisierende Strahlungen</b></p>	<p>Es zeigt die Gegenwart von ionisierender Strahlung, die gesundheitsschädlich sein kann. Die Nichtbeachtung dieser Warnung kann Gefahr durch Neoplasie zur Folge haben.</p>
	<p><b>Gründlich lesen</b></p>	<p>Lesen sie den mit diesem Symbol markierten Text gründlich. Die Informationen, die mit diesem Symbol markiert sind, sind sehr wichtig für den perfekten Betrieb des Instruments und für die Sicherheit des Bedieners.</p>
	<p><b>Warnung</b></p>	<p>Dieses Symbol ist eine Warnung: Es nicht zu beachten, kann Schäden am Gerät erzeugen oder die Betriebsfähigkeit beeinflussen.</p>



## 1.8 SICHERHEITSWARNUNG



- **SWAM 5a Dual Channel Monitor** ist ein Probenahme- und Massenbestimmungssystem für Partikel auf Filtermembranen. Die Massenbestimmungen werden durch die Benutzung einer internen, schwach-aktiven  $\beta$ -Strahlungsquelle durchgeführt.
- Diese Quelle stellt keine Gefahr für das Personal da.
- Nichtsdestotrotz müssen geeignete Sicherheitszeichen, entsprechend dem Vorhandensein von Geräten, die ionisierende Strahlungsquellen enthalten, angebracht werden, sowohl innerhalb als auch außerhalb des Aufstellungsraums.
- Nur autorisiertes Personal darf Zutritt zu dem Raum haben, indem das System läuft.
- Der Raum muss ein Feualarmsystem haben und geeignete Feuerlöschmittel.
- Nur geschultes Personal kann das Gerät bedienen.
- Nur geschultes und autorisiertes technisches Personal kann Eingriffe innerhalb des Geräts ausführen.

### 1.8.1 Spezifische Informationen über ionisierende Strahlungsrisiken.

SWAM 5a Dual Channel Monitor System enthält eine  $^{14}\text{C}$  Beta Quelle, mit 3.7 MBq (100  $\mu\text{Ci}$ ) nomineller Aktivität.

Die Quelle ist in einem unerreichbaren, mechanischen Block enthalten, fest eingebaut in das Gerät. Aus diesen Gründen können außerhalb des Geräts nur kleine Strahlungsintensitäten ermittelt werden, vergleichbar mit der natürlichen Rate. Folglich besteht unter normalen Betriebsbedingungen so gut wie keine Kontaminierungsgefahr.

Gemäß den aktuellen italienischen Gesetze, sind die Benutzer des Geräts nicht als „exponiert“ klassifiziert und brauchen daher keine medizinischen Kontrollen.

Einmal im Jahr, sollte, zur Vorsicht, eine regelmäßige Kontrolle der Kontamination der Oberfläche des Geräts mit direkten und indirekten Messungen durchgeführt werden, durch einen qualifizierten Experten mit Strahlungsschutz.

Nur für den Fall von ernsthaften Unfällen, wie Feuer, ist das Risiko der Ausbreitung, von radioaktivem Material, in die Umwelt möglich. Eine analytische Auswertung, die in Übereinstimmung mit den aktuellen Verordnungen, für verschiedene und auch pessimistische und unwahrscheinliche Szenarien durchgeführt wurde, führen zu geschätzten Strahlungsintensität, die nicht auffallend für einzelne Personen oder für die Bevölkerung sind. Der Aufstellungsraum muss in jedem Fall mit einem Alarmssystem ausgestattet sein und mit den passenden Feuerlöschern.

Der Einbau und die Entnahme der Quelle aus dem Gerät erfordert ein bestimmtes Verfahren, bei dem der mechanische Block durch Benutzung des passenden Werkzeugs entnommen wird. Der Vorgang muss durch geübtes und autorisiertes Personal mit passendem Schutz (IPM), wie Gummihandschuhe mit einer angemessenen Dicke und einem weißen Kittel durchgeführt werden.

Die Verhaltensregeln und das Verfahren für die Quellenhandhabung werden zusammen mit der Quelle selbst mitgeliefert.

### 1.9 SICHERHEITSVORSCHRIFTEN

**SWAM 5a Dual Channel Monitor** System wurde in einer Art gebaut, die die Voraussetzungen, in der folgenden Liste der europäischen Richtlinien und ihre späteren Änderungen, erfüllt:

Richtlinie 73/23/EC	Niederspannung
Richtlinie 89/336/EC	Elektromagnetische Verträglichkeit

Das Gerät erfüllt die Bedingungen der folgenden technischen Verordnungen:

EN 61010-1	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer, Regel- und Laborgeräte
EN 61326-1	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMC) – Emission und Immunität
EN 61000-3-2	Oberschwingungen
EN 61000-3-3	Flicker

### 1.10 SICHERHEITSKENNZEICHUNGEN

Auf der Rückseite des **SWAM 5a Dual Channel Monitor** Systems sind folgende Gefahrwarungs-Kennzeichnungen zu finden



**Entfernen sie nicht die Warnungskennzeichnungen. Sie müssen in gutem Zustand sein und müssen ersetzt werden, wenn sie kaputt oder nichtlesbar sind.**

### 1.11 BESTIMMUNGSGEMÄSSER EINSATZ DES GERÄTS

Das Gerät wurde für die folgenden Anwendungen gebaut:

- Um Schwebstaubpartikel auf Filtermaterialien sequentiell und automatisch zu sammeln
- Um Massenmessungen der gesammelten Partikel durchzuführen, mit der  $\beta$ -Abschwächungsmethode

Das Gerät muss unter folgenden Bedingungen benutzt werden:

- Temperatur und relative Feuchtigkeitswerte in Übereinstimmung mit den festgelegten technischen Daten
- Nicht in potentiell explosiver oder in feuergefährdeter Atmosphäre.



***Das Gerät darf nur für die Vorgänge und in den Umweltbedingungen, die explizit in dieser Anleitung beschrieben sind, genutzt werden: jede andere Benutzung ist unsachgemäß und verboten.***

### 1.12 VORSCHRIFTSMÄSSIGE BENUTZUNG

Das Gerät darf wie vorgesehen, nur unter perfekten technischen Betriebsbedingungen und durch qualifiziertes Personal benutzt werden, unter Beachtung der aktuellen Sicherheits- und Störfallvorsorgevorschriften

Diese „Bedienungsanleitung“ ist für den **Qualifizierten Benutzer** geschrieben, dieser muss

- den Aufstellungsraum und die jeweiligen geeigneten Benutzungsbedingungen für die Geräteinstitution/-benutzung überprüfen
- im Detail alle notwendigen Vorgänge für die korrekte Nutzung und Routinewartung kennen sowie alle generellen Sicherheitsbestimmungen und die Warnungen dieser Anleitung
- darf keine Reparaturen am Gerät durchführen

Diese „Bedienungsanleitung“ ist auch für den **Qualifizierten Techniker**, der in der Lage sein wird, die folgenden detaillierten Anweisungen, die er in einem passenden Trainingskurs bekommen hat, durchzuführen:

- Wartungsarbeiten am Gerät
- $\beta$ -Quellenhandhabung (Einbau, Ausbau, Aufbewahrung, etc.)

Für Wartungsarbeiten rufen sie den **FAI Instruments s.r.l. Technischen Service**, oder einen der AUTORISIERTEN technischen Assistenz-Servicecenter an. Diese spezialisierten Techniker können mit den passenden Mitteln und Originalersatzteilen eingreifen.

**1.13 Lieferumfang**

Wenn im Vertrag/in der Bestellung keine anderen Angaben gemacht wurden, ist das Gerät mit der Standardausrüstung und den folgenden Konfigurationen, ausgestattet:

Posit.	BESCHREIBUNG	MENGE
1	Bedienungsanleitung	1
2	Messeinheit	1
3	Pumpeneinheit	2
4	Lademagazin für unbenutzte Filter: Kapazität: 35 Filterhalter – standard	1
5	Entlademagazin für benutzte Filter: Kapazität: 35 Filterhalter - standard	1
6	Filterhalter ( $\beta$ -Equivalentsspot 7.07 cm <sup>2</sup> - standard )	40
7	Temperaturprobe	2
8	Netzkabel	1
9	Verbindungskabel Messgerät-Pumpe	2
10	Flexibles Verbindungsrohr Messgerät Pumpe	2
11	Luftkompressor	1
12	Luftkompressorrohr	1
13	Kit Nr. 3 Aluminiumfilterhalter für Spyfilter, genutzt durch das Gerät während des Massenbestimmungsverfahrens	1
14	"Ref 1" Filter für Beta-Test	1
15	"Ref 2" Filter für Beta-Test	1
16	Werkzeug zum Einlegen der unbenutzen Filter	1

**ANMERKUNG:**

**Das System wird nicht mit der installierten radioaktiven Quelle geliefert. Die Quelle wird normalerweise separat ausgeliefert, mit Einwilligung der speziellen Vertragsvereinbarungen und den unter Befolgung der Sicherheitsverfahren für ihre Handhabung, Transportierung und Aufbewahrung.**



**WARNUNG:**

**Der Besitz der Quelle setzt die Erfüllung bestimmter gesetzlicher Auflagen voraus, die vorab vom Anwender umzusetzen sind.**

**Der Einbau der Quelle darf nur durch qualifiziertes und eigens geschultes Personal erfolgen.**

## 1.14 ANMERKUNGEN ZUM AUFBAU UND TRANSPORT

### 1.14.1 Entfernen der Sicherheitsverriegelung des Massensystems

Bevor das Gerät eingeschaltet wird, ist es notwendig die Verriegelung zu entfernen, welche die Mechanik des Massenbestimmungssystems schützt. Um mögliche Schäden während des Transport zu und den Aufbausritten zu verhindern, ist der Stromversorgungsstecker des Messsystems mit dem sog. Lockboard verbunden. (siehe Abb. B).

Um das Verriegelungssystem zu entfernen, öffnen sie die vordere Scheibe des Geräts, indem sie zwei Schrauben auf den Scheibenseiten (Abb. A) lösen und entfernen sie den Stecker vom sog. Lockboard (Abb. B und C). Dann stecken sie den weiblichen Stecker auf den männlichen Stecker auf der MOTEV-Platine dieser ist mit „Geiger“ gekennzeichnet (Abb. D). Schließen sie die vordere Scheibe des Geräts wieder und schrauben sie die zwei Seitenschrauben wieder fest.



Fig. A

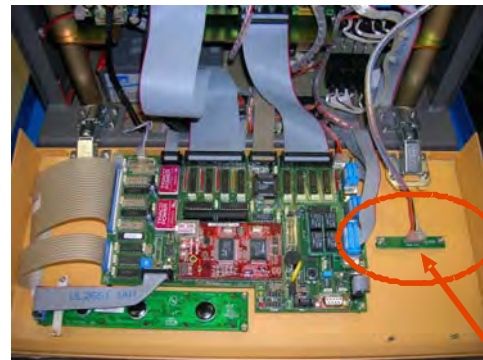


Fig. B

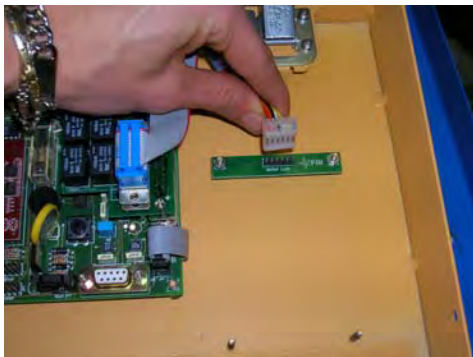


Fig. C



Fig. D

## KAPITEL 2

### 2 2. GERÄTBESCHREIBUNG

SWAM 5a Dual Channel Monitor ist ein automatisches und sequentielles Probenahmegerät für Schwebstaub auf Filtermembranen. Das System arbeitet mit 2 unabhängigen Probenahmelinien. Es wurde entwickelt und hergestellt zur grundlegenden Unterstützung für Studien, die den Luftqualitätsstatus im Zusammenhang mit Schwebstaub-Verschmutzung (PM<sub>x</sub>) charakterisieren.

Die Massenbestimmungen der zwei Proben erfolgt mit einer innovativen Technik, die auf der  $\beta$ -Schwächungsmethode basiert. Diese Technik erlaubt es mit eine Unsicherheit von ca. 10  $\mu\text{g}$  bei der Massenbestimmung zu erreichen.

Deshalb macht es SWAM 5a Dual Channel Monitor möglich, gleichzeitig zwei PM<sub>x</sub>-Fraktionen (z.B. PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>) zu überwachen. Darüber hinaus ermöglicht die Probesammlung auf den Filtermembranen eine chemische Analyse.

Die Entwicklungs- und Herstellungsdaten des Geräts lassen metrologische Auswertungen von Schwebstoffteilchenproben und Massenbestimmungssystemen zu (Auswertung von Verlusten an flüchtigen Verbindungen während der Anreicherungsphase, Auswertung der Äquivalenz der zwei verschiedenen Probenahmeköpfe, Untersuchung von Abweichungen in Verbindung mit granulometrischen Cut-Point-Verschiebungen der Abscheideeinrichtung, Auswertung Wiederholbarkeit der Massenmessungen, etc.).

**2.1 TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN**

Betriebsbereich der Massendichtemessung	Gesamtmassendichte (Filtermedium + Partikelfilm) bis zu 10 mg/cm <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit der Massendichtemessung	± 2 µg/cm <sup>2</sup>
Reproduzierbarkeit der Massenmessung	± 10 µg; ± 15 µg; ± 23 µg entsprechend der Probenahme β-Spotarea 5.20; 7.07; 11.95 cm <sup>2</sup>
β Quelle	<sup>14</sup> C with 3.7MBeq (100µCi) nominale Aktivität
Durchflussrate	Einstellbar im Bereich 0.8 – 2.5 m <sup>3</sup> /h
Reproduzierbarkeit der Durchflussmessung	1% vom Messwert
Relative Unsicherheit der Durchflussmessung	2% vom Messwert
Durchflussratenregelung	Automatisch, über Regulierventil angetrieben durch Schrittmotor. Stabilität oder Durchflussratenregelung besser als 1% des Sollwerts.
Max. erlaubte Druckverlust	40 kPa für Druckverlustwerte höher als 40kPa ist das Erreichen einer 2.3m <sup>3</sup> /h Sollflussrate nicht garantiert
Kapazität Filter Lade/Entlademagazin	No. 35 Filterhalter (oder 72 auf Anfrage)
Filterhalter	Standartausrüstung für Ø 47 mm Filtermembranen
I/O Ausstattung	RS232 Anschluss für PC-Verbindung (ausgestattet mit 2 männlichen DB9-Steckern, die in beiderseitigem Ausschluss benutzt werden). RS232 Anschluss für Modem GSM/PSTN Verbindung (ausgestattet mit 1 weiblichen DB9-Stecker).
Betriebsdruckluft	Arbeitsdruck: 200÷300 kPa (bereitgestellt durch zusätzlichen Luftkompressor mitgeliefert mit Gerät)
Energieversorgung	230 V (± 10%) 50 Hz single-phase
Energieverbrauch	1200 W (max.)
Energieversorgung (Gleichspannung)	2 12 V 3.5 Ah Notstrombatterie – Autonomie zur Vollendung der Massenmessungen und Filterbewegungen
Luftkompressor	12 l/min bei 300 kPa
Betriebsbedingungen im Installationsschrank	Rel. Feuchtigkeit < 85% (nicht kondensierend)
Lagerbedingungen	Temperatur im Bereich - 10 and + 55 °C Rel. Feuchtigkeit < 85% (nicht kondensierend)
<b>Abmessungen</b> (W x D x H) Probenahmeeinheit Pumpeneinheit Luftkompressoreinheit	430 x 540 x 370 mm 200 x 320 x 200 mm 180 x 320 x 200 mm
<b>Gewichte</b> Probenahmeeinheit Pumpeneinheit Luftkompressoreinheit	36 kg 10 kg 18 kg
Probenahmeköpfe, gefertigt durch FAI Instruments auf Anfrage	Probenahmekopf für PM10 Cut-Size (LVS-PM10 in Übereinstimmung mit Richtlinie EN 1234-1 Standard, Solldurchfluss 2.3 m <sup>3</sup> /h) Probenahmekopf für PM10 Cut-Size LVS-PM10 Solldurchfluss 1 m <sup>3</sup> /h (äquivalent zu LVS-PM10 model EN 1234-1) Probenahmekopf für PM2.5 Cut-Size (LVS-PM2.5 Solldurchfluss 2.3 m <sup>3</sup> /h) Probenahmekopf für PM2.5 Cut-Size (LVS-PM2.5 model, Solldurchfluss 1 m <sup>3</sup> /h) Probenahmekopf für PM1 Cut-Size (LVS-PM1 model, Solldurchfluss 2.3 m <sup>3</sup> /h)

Outdoorschrank  
(auf Anfrage)

**Modularer Outdoorschrank**

3 Funktionseinheiten

- Modul 1 für den Instrumenteneinsatz
- Modul 2 für den Klimaanlageinsatz
- Modul 3 für den Pumpen und Luftkompressoreinsatz

(Ein 4. Modul zur Aufnahme eines Wasserkühlers zur Kühlung der beprobten Filter kann optional installiert werden)

**Materialien:** Aufbau :3-schichtige Holzplatten,  
Isoliermaterial Innen: PE – Schaum, Selbstentzündungsklasse 1  
Sonnenschutz: Abschnitte von Epoxid-Platten

**Farbe:** Körper: hellgrau RAL 7035, Sonnenschutz: weiß

**Abmessungen und Gewicht:**

Instrumentmodul: 700 x 700 x 1000 mm 40 kg

Klimaanlagenmodul: 700 x 700 x 350 mm 20 kg

Pumpen- und Luftkompressormodul: 700x700x350 mm 20 kg

Edelstahlunterteil mit einstellbaren Füßen: 700x700x250/300 mm 10 kg

Dach: 900 x 1050 x 4 mm 5 kg

**GESAMT:** 700 x 700 x 1950/2000 mm 95 kg



## 2.2 BESTANDTEILE DES GERÄTS

### 2.2.1 Probenahmeinheit

Diese Einheit beinhaltet alle Servomechanismen und die Probenahme- und Massenbestimmungsvorrichtung. In dem vorderen Teil ist ein Bedienfeld, auf der Rückseite sind pneumatische und elektrische Verbindungen und die Kommunikationsschnittstelle. Auf der oberen Oberfläche sind die Filter, Lade- und Entlademagazine und die Verbindungen für Probenahmelinien zu finden.

Abbildungen 2.1 und 2.2 zeigen die Vorder- und die Rückseite der Einheit.



Abb. 2.1



Abb. 2.2

### 2.2.2 Probenahmeköpfe

Das Gerät nimmt Proben von Schwebstäuben Partikel durch Verwendung von Probenahmeköpfen mit granulometrischen Abscheidern.

Das Gerät kann erweitert werden, so dass zwei Probenahmeköpfe (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>, etc.) gleichzeitig verwendet werden können, solange die Solldurchflussratenwerte zwischen 0.8 ÷ 2.5 m<sup>3</sup>/h besitzen. Die Wahl des Betriebsdurchflussratenwert hängt von den Eigenschaften der benutzten Probenahmeköpfe ab sowie von der gewünschten granulometrischen Cut-Size.

Die Liste unten zeigt einige der wetterfesten Probenahmekopf Modelle, hergestellt von FAI Instruments, die zusammen mit dem Gerät geliefert werden können:

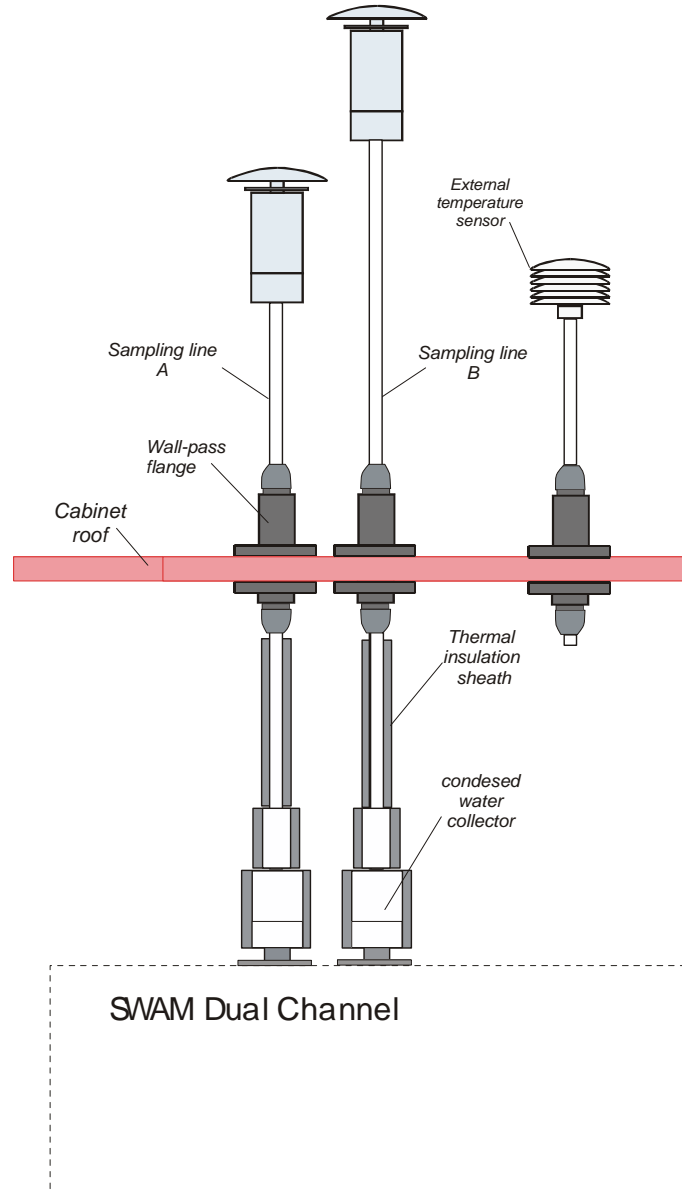


- PM<sub>10</sub> Cut-Size Probenahmekopf (**LVS-PM10 model wie gefordert durch die europäische EN1234.1** – Anhang B1 – Designanforderungen für PM<sub>10</sub> Referenzprobenehmer- und wie durch das italienische DM no. 60 vom 02/02/2002, Solldurchflussrate 2.3 m<sup>3</sup>/h)
- PM<sub>10</sub> Cut-Size Probenahmekopf LVS-PM10 model 1 m<sup>3</sup>/h Solldurchflussrate (equivalent to the LVS-PM10 model EN 1234-1)
- PM<sub>2.5</sub> Cut-Size Probenahmekopf (LVS-PM2.5 2.3 m<sup>3</sup>/h Solldurchflussrate) gemäß dem EN 14907 Standard
- PM<sub>2.5</sub> Cut-Size Probenahmekopf (LVS-PM2.5 1 m<sup>3</sup>/h Solldurchflussrate)
- PM<sub>1</sub> Cut-Size Probenahmekopf (LVS-PM1 2.3 m<sup>3</sup>/h Solldurchflussrate)

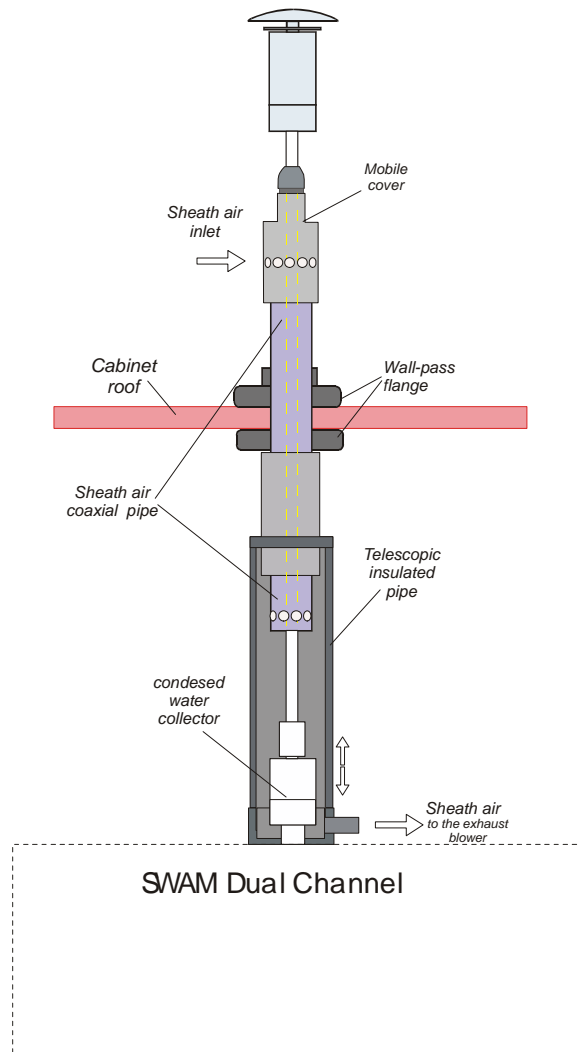
### 2.2.2 Probenahmelinien

Die Abscheidung findet auf den Filtermembranen statt, über den Transfer der Probe vom Probenahmekopf zu dem Filter bei einem Temperaturwert nahe der Umgebungstemperatur. Das Gerät misst und speichert die Werte der Hauptregelgrößen, die gebraucht werden um die Probenahmephase zu beschreiben, bei Bereitstellung der benötigten Information zur Beschreibung des Probenverkehrs und der Probenakkumulation auf dem Filtermedium

Das Gerät ist in der Basiskonfiguration mit zwei Probenahmelinien ausgestattet, die innerhalb des Installationsgehäuses isoliert und beide mit einem Sammler für Kondenswasser ausgestattet sind



Als Option, ist das Gerät mit zwei koaxialen „Spülluftrohren“ ausgestattet die die Umgebungsluft durch einen Einlass ansaugen, so dass ein thermostatischer Effekt auf der Probenahmelinie garantiert wird, der geeignet ist, um die Lufttemperatur auf der Filtermembran nahe bei dem Wert der externen Temperatur zu halten.



**ANMERKUNG:** Für besondere messtechnische Bedürfnisse und für Studien über den Prozess der Schwebstaubverdampfung, kann die Probenahmelinie mit zusätzlichen Kühl- und Heizsystemen mit kontrollierbarer Temperatur ausgestattet werden.

### 2.2.4 Vakuumpumpeneinheit

Die beiden Einheiten der Vakuumpumpe sind platziert unter der Probenahmeeinheit und saugen die Umgebungsluft durch die Probenahmeköpfe, die Probenahmelinien und die Filtermembranen an.

Diese Einheiten bestehen aus einer Kolbenpumpe, die mit einem Ballast ausgestattet sind um die fortlaufenden Druckschwankungen anzugleichen, mit einem Schalldämpferfilter der auf dem Ausgang und einem Eingangsfilter.

Die automatische Regulierung der Durchflussrate wird unabhängig an den zwei Probenahmelinien durchgeführt.

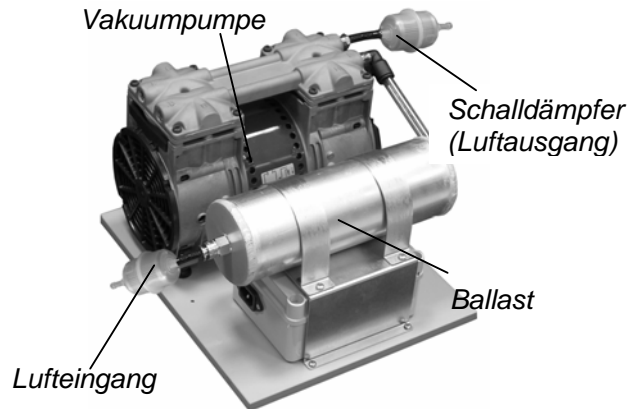


Abb. 2.3

**ANMERKUNG:** Das Probenahmegerät kann auch mit anderen Arten von Vakuumpumpen (z.B. mit Graphitdrehchieberpumpen) benutzt werden.

### 2.2.5 Druckluftkompressoreinheit

Das Gerät ist mit einem Betriebsluftkompressor ausgestattet, der es ermöglicht Druckluft (200÷300 kPa) bereitzustellen, die für die Bewegungen des Servomechanismus benötigt wird.

**Anmerkung:**

Wenn der Aufbauraum bereits mit einem System ausgestattet ist, welches Druckluft liefert (gefiltert und entfeuchtet), ist der Luftkompressor offensichtlich nicht notwendig.



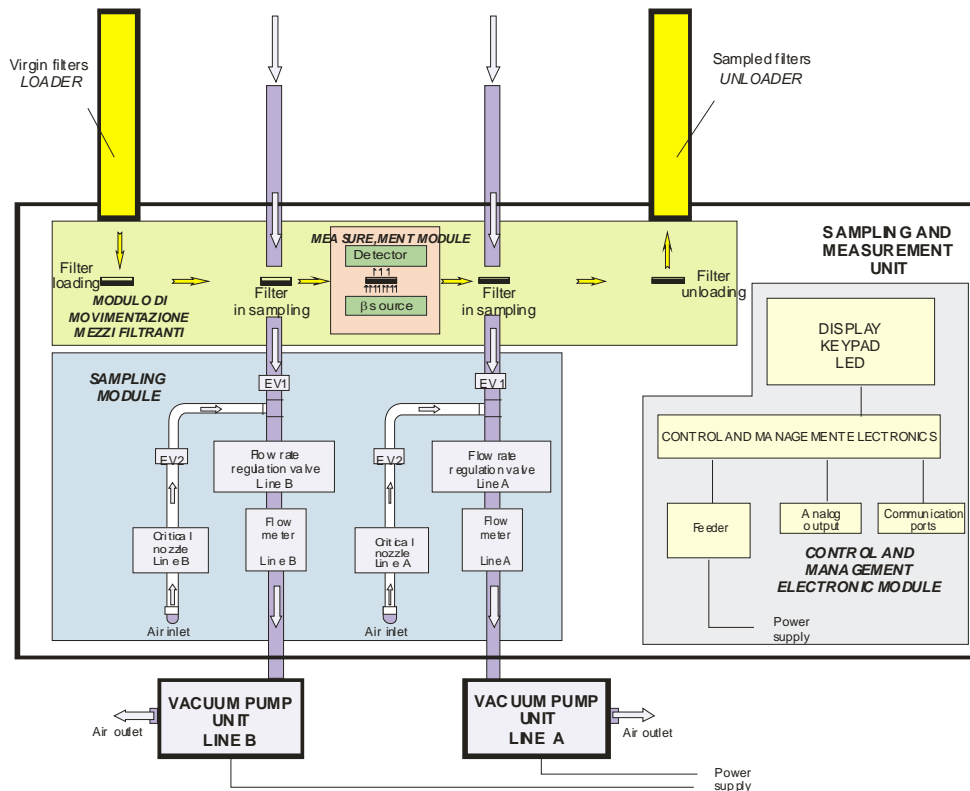
Abb. 2.4

### 2.3 DER PNEUMATISCHE KREISLAUF

Das Probenahmemodul benutzt zwei Vakuumpumpen, die es erlauben eine Betriebsdurchflussrate zwischen 0.5÷2.5 m<sup>3</sup>/h zu erreichen. Die Regulierung der Durchflussrate in Echtzeit erfolgt durch die Benutzung eines Schrittmotors der das Regulierventil bewegt.

Zwei Magnetventile auf jeder Probenahmelinie erlauben es, den pneumatischen Kreislauf von der Probenahmekonfiguration auf die zu der Spantestkonfiguration (automatischer Check der Messsystemkalibrierung der Durchflussrate, siehe Kap. 7.1.2.) sowie zu der Leakttestkonfiguration (automatischer Check der Dichtigkeit, siehe Kap 7.1.1) zu wechseln. Daher, sind die drei möglichen pneumatischen Konfigurationen:

- **Probenahme:** EV1 offen EV2 geschlossen
- **Leak-Test:** EV1 offen EV2 geschlossen
- **Span-Test:** EV1 geschlossen EV2 offen



Die Messung der Probenahmedurchflussrate basiert auf physikalischen Gesetzen, die beim Durchgang einer Luftmasse durch eine Düse, die in SWAM 5a Dual Channel Monitor hinter dem Regulierventils platziert ist, angewandt werden können.

Durch Messungen des Druckwerts " $P_f$ " hinter der Düse, des Düsendrucks " $\Delta P$ " und des Lufttemperaturwertes " $P_f$ " im Bereich der Messung, ist es möglich den Wert der Standarddurchflussrate " $Q_s$ " mit dieser Gleichung zu berechnen:

$$Q_s = f(z)$$

Mit:

$$z = \sqrt{\frac{\Delta P \cdot (2P_p - \Delta P)}{T_m}}$$

In SWAM 5a Dual Channel Monitor ist die Form der Funktion " $f(z)$ " angenähert an ein Polynom zweiter Ordnung in " $z$ ", dessen Koeffizienten, durch eine multipoint Kalibrierprozedur ermittelt werden (siehe Kap. 2.4 "Kalibrierung des Durchflussraten-Steuerungs und -Messsystem und Qualitätskontrollen")

Die Abbildung unten zeigt ein Schema eines pneumatischen Kreislaufs einer einzelnen pneumatischen Linie

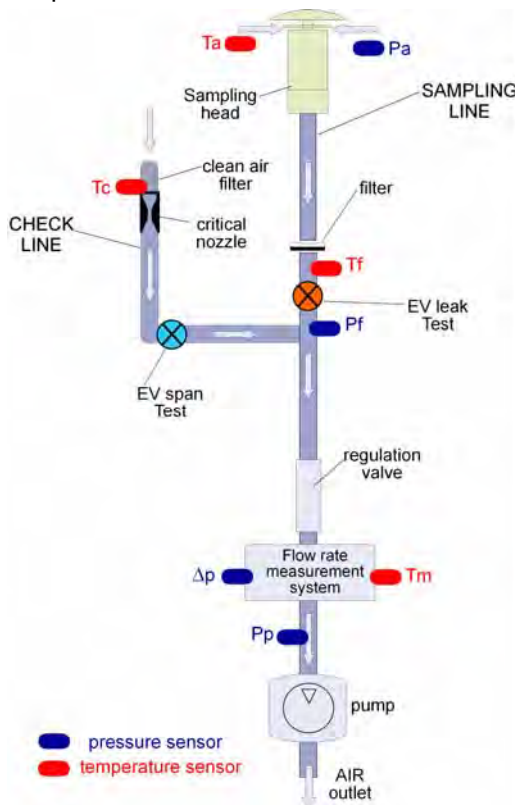


Abb. 2.5

Probenahmelinie:

- Pa:** Atmosphärendruck
- Ta:** Lufttemperatur
- Tf:** Temperatur in der Sammelfläche
- Pf:** Druck hinter dem Filter
- ΔP:** Druckabfall über die Messsystemdüse
- Pp:** Vakuumpumpendruck

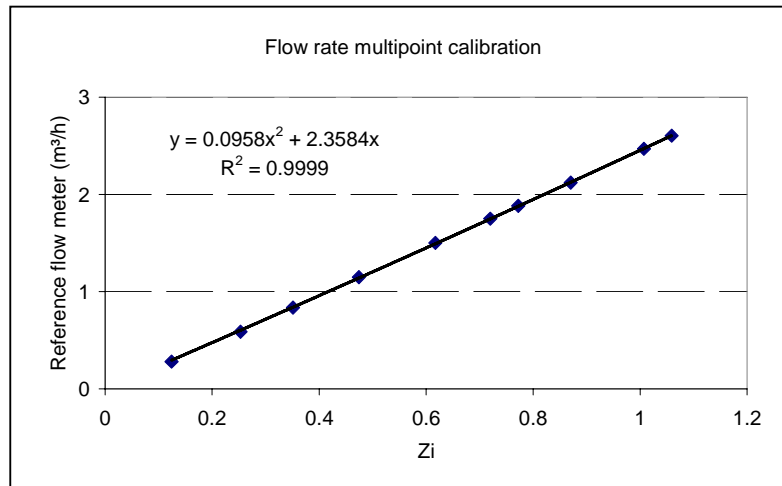
Test Linie:

- Tc:** Lufttemperatur am Düseneintritt

## 2.4 KALIBRIERUNG DES DURCHFLUSSRATEN-STEUERUNGS UND -MESSSYSTEMS UND QUALITÄTSKONTROLLEN

Die Kalibrierungen des pneumatischen Systems werden während der üblichen Tests und Überprüfungen durchgeführt, unter Verwendung von Geräten für die Durchflussraten-, Volumen-, Temperatur- und Druckmessungen, welche mit einem rückführbaren Zertifikat ausgestattet, als Primärstandard dienen. Im Besonderen basiert die Kalibrierprozedur auf dem Ansatz der „multipoint“ Kalibrierung im Bereich der Betriebsdurchflussrate zwischen 0.5÷2.5 Nm<sup>3</sup>/h (T=273.1K; P=101.3kPa).

Zu jedem Wert „z<sub>i</sub>“ des Geräts bei einem definierten Betriebsdurchflussratenwert wird der korrespondierende Wert der Referenz-Standarddurchflussrate verknüpft. So ist es möglich die Koeffizienten a, b, c einer Gleichung 2. Ordnung in „z“  $y=az^2+bz+c$  zu berechnen, die die Gleichung zwischen „z“ und der Referenzdurchflussrate beschreibt.



Unter Betriebsbedingungen wird die richtige Umsetzung der Durchflussrateregulierung und -messung durch die folgenden Qualitätskontrollen (QC) garantiert:

- **QC pneumatischer Kreislauf (Leak-Test):** Zu Beginn von jedem Probenahmezyklus, führt das Gerät ein Verfahren aus, unter Verwendung einer Gleichung, welche das Gleichgewicht eines perfekten Gases in einem System bei einem bekannten Volumen beschreibt, welches es erlaubt, die Dichtigkeit die pneumatischen Luftkreislauf hinter der Filtermembran zu testen ( siehe Kap. 7.1.1 „Leak-Test“). Die Ergebnisse des Leak-Tests werden im Buffer Data gespeichert (siehe Kap. 6.2.1 “Zugang zum Buffer Data übers Display” und 6.3 “Verbindung zu einem externen PC und Download der Buffer Data”) und für den Fall, dass das ermittelte Leck die vorprogrammierten Grenzwerte (Warnung und Alarm) überschreitet, werden entsprechende Meldungen angezeigt.
- **QC Durchflussratenmesssystem (Span-Test):** Zu Beginn von jedem Probenahmezyklus führt das Gerät ein Verfahren aus, dass es erlaubt einen Durchfluss aus Umgebungsluft zu erzeugen, der als Transferstandard angesehen werden kann und der unter Verwendung einer Konvergent-Divergent-Düse erzeugt wird, die im kritischen Druckbereich (ISO 9300:2005) betreiben wird.. Die Massendurchflussrate “Q<sub>m</sub>” dieses Luftstroms kommt von der Gleichung.

$$Q_m = \frac{C_d P_0 A C^*}{\sqrt{R_{gas} T_0}}$$

Wobei P und T den Druck und die Temperaturwerte hinter der Düse darstellen, C\* durch Flusskritischen Faktoren, A die Düsenfläche, R die Gaskonstante und C<sub>d</sub> die Abflussbeiwerte.

Über die Messung des Atmosphärendrucks und der Temperatur hinter der Düse und durch die Kenntnis der charakteristischen Parameter, ist es möglich den Wert des Massenstroms, der durch die Düse geht, mit einer Unsicherheit von ungefähr 1% zu ermitteln. Der Massenstromwert, der durch die Düse geht, wird verglichen mit dem Wert der in dem Gerät gemessen wird. Das Gerät liefert die prozentuale Abweichung zwischen den zwei Werten und speichert den Wert im Buffer Data. Falls der ausgerechnete prozentuale Abweichungswert die programmierten Grenzwerte (Warnung und Alarm) überschreitet, werden die entsprechenden Meldungen angezeigt (siehe Kap 7.1.2 "Span Test").

- **QC Stabilität der Einlassdurchflussrate:** Das Gerät führt eine automatische Überprüfung des Einlassdurchflussratenwerts durch. Dabei wird es so reguliert, dass die Einlassdurchflussrate konstant mit einer relativen Genauigkeit unter 1% des Sollwerts gehalten wird. Eine quantitative Abschätzung der Wirksamkeit der Steuerung wird mit der Berechnung der "RSD"-Variablen erlangt. Dieser Wert der Variablen wird durch den folgenden Ausdruck berechnet.

$$RSD\% = \left( \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q)^2}{N-1}} \right) \cdot \frac{1}{Q} \cdot 100$$

Mit Q<sub>i</sub> gemessene Durchflussrate und Q programmierte Durchflussrate  
Der RSD-Wert ist während der Probenahmephasen und in der entsprechenden Buffer Data verfügbar.

- **QC Filterdruckverlust:** Das Gerät führt eine automatische Messung des Filterdruckverlusts aus. Die Steuerung dieses Parameters ist elementar zur Absicherung, dass die Probenahme unter optimalen Bedingungen ablaufen. Der Filterdruckverlustwert liefert, z.B. Informationen über eine mögliche Filterbeschädigung, über mögliche Kondensationseffekte oder über das Erreichen der maximalen Beladung der Filtermembran.
- **QC Sensoren:** Das Gerät führt automatisch einige Qualitätskontrollen durch, um zu testen, ob die Sensoren richtig funktionieren. Insbesondere führt es einen Test der Druck- und Temperatursensoren durch um sicherzustellen, dass unter Betriebsbedingungen die folgende Gleichung immer beachtet wird: P<sub>atmosphäre</sub> > P<sub>filter</sub> > P<sub>pump</sub> P<sub>pump</sub> (siehe Abb. 2.5) (Warnung 9, Siehe Anhang 8) und testet darüber hinaus die korrekte Funktion der Temperatursensoren (Warnung 24, siehe Anhang 8).



## 2.5 MASSENBESTIMMUNGSSYSTEM

Beim SWAM 5a Dual Channel Monitor basiert die PMx Massenmessung auf der  $\beta$  - Abschwächungstechnik. Diese Technik wurde auf Basis von tiefgehenden theoretischen Betrachtungen der Interaktion zwischen  $\beta$ -Strahlen und Material vollzogen, welche zu einer Fassung einer verallgemeinerten parametrischen Gleichung führt. Diese Gleichung beschreibt die Verbindung zwischen der Abschwächung des  $\beta$ -Flusses durch einen dünnen Film und die Massendichte des Materialfilms (aus operativer Sicht bedeutet dies, dass jeder Typ von Filtermedium benutzt werden kann, ohne dass instrumentale Re-kalibrierungen notwendig sind, in Abhängigkeit des benutzten Filtermediums im Bereich mit Massendichte bis zu 9 mg/cm<sup>2</sup>).

Der benutzte methodologische Ansatz, erlaubt es die  $\beta$ -Messtechnik die in dem Gerät umgesetzt wird, zu verfeinern und um sie messtechnisch rückführbar zu machen.

### 2.5.1 Theoretische Aspekte

Die Abschätzung der Massendichte  $x_p$  von einem Schwebstaubfilm, angereichert auf einem Filtermedium mit Massendichte  $x_f$  unter Verwendung der Beta-Abschwächungsmethode basiert auf der korrekten Quantifizierung der Änderung eines Flusses von  $\beta$ -Elektronen, welche einen passenden Detektor erreichen, je nachdem ob dieser Film an- oder abwesend ist. Formal ausgedrückt, kann dies wie im folgenden Schema dargestellt werden:

$$\ln \Phi_i - \ln \Phi_j \rightarrow \beta_{ij} [x_f^i, x_f^j + x_p] \quad (1)$$

mit  $\beta_{ij}$  als Operator, welcher der die gesamten physisch-mathematischen Beziehungen beschreibt, die Basis der Beta-Abschwächungstechnik sind und  $\Phi_i$  und  $\Phi_j$  sind alle Beta-Flüsse gemessen während der verschiedenen Messungen der i-ten und j-ten Session: Die Notwendigkeit, die relativen Änderungen der Elektronenflüsse zu quantifizieren, führen zu der Wahl der dimensionslosen Variablen.

$$z^i = \ln \left( \frac{\Phi_0}{\Phi_i} \right), \quad z^j = \ln \left( \frac{\Phi_0}{\Phi_j} \right) \quad (2)$$

mit  $\Phi_0$  als der Betaelektronenfluss, wenn die Massendichte  $x_f$ , die zwischen der Quelle und dem Detektor eingefügt ist gleich Null ist.

Bedenken sie, dass die richtige Umsetzung der Technik nach einer Studie der Bedingungen zur Umkehrbarkeit von Gleichung (1) verlangt, welche die Möglichkeit der Abschätzung der Massendichte des Materials, gesammelt auf einer Filtermembran bei Kenntnis der Variablen  $z^i(x_f)$  und  $z^j(x_f + x_p)$  ermöglicht, so ist es möglich zu schreiben:

$$x_p \rightarrow \beta_{ij}^{-1} [z^i, z^j] \quad (3)$$

Im Idealfall, d.h. wenn  $x_f^i = x_f^j$  ist, wenn die thermo-dynamischen Bedingungen der Messkammer in den beiden Messsessions nicht variieren, wenn die Leistungsfähigkeit des

Detektors konstant ist, wenn die Massendichte  $x_p$  quantitativ unbedeutend im Vergleich zu  $x_f$  ist, etc., kann der Operator  $\beta_{ij}$  angenähert werden durch die Funktion der alleinigen Variable  $z$ : Um diese zu ermitteln, ist es sinnvoll mit einer mathematischen Beschreibung des Beta-Abschwächungsprozess anzufangen, der durch die Differentialgleichung ausgedrückt wird:

$$dz = \mu(x)dx \quad (4)$$

Durch einmaliges Integrieren wird die Form angenommen:

$$z = \beta(x) \quad (5)$$

wobei  $\mu(x)$  den Massenabsorptionskoeffizient, als Funktion des Massendichtenwerts der Folie zwischen Quelle und Detektor, repräsentiert.

Die Hauptmerkmale der Funktion  $\mu(x)$  sind, dass sie positiv ist ( $\mu(x) > 0 \forall x$ ) und monoton steigend in  $x$ . Diese Merkmale kommen direkt von physikalischen Gesetzen, die der Interaktion der Beta-Strahlen mit Material zugrundelegen. Tatsächlich reicht es aus, sich zu merken, dass  $\mu \propto \frac{1}{E_{\max}^\alpha}$  (con  $\alpha > 0$ ) und dass, wenn der Massendichtewert  $x$  sich erhöht,

die maximale Energie  $E_{\max}$  der Elektronen sinkt. Darum, erweist sich Gleichung (4) als reversibel und es ist möglich zu schreiben:

$$dx = \frac{1}{\mu(x)} dz = k(z)dz \quad (6)$$

Daraus folgt, dass es möglich ist, zu einer endlichen Variation  $dx$  der Massendichte zurückzugehen, mit der Gleichung:

$$\Delta x = \int_{x_1}^{x_2} k(z)dz = g(z_2) - g(z_1) \quad \text{con } g(z) = \int k(z)dz + C \quad (7)$$

Deshalb, durch Vergleichen der Gleichungen (3) mit (7), kommt es, dass man ein ideales Model der Funktion  $\beta_{ij}^{-1}$  sich zu der Funktion  $g(z)$  bezieht:

$$\beta_{ij}^{-1} \rightarrow g(z) \quad (8)$$

Dies ist der beste Ansatz für die experimentelle Bestimmung der Funktion  $g(z)$  und zur Kalibrierung des Massenmesssystems basierend auf der Beta-Abschwächungstechnik.

Sobald  $n$  Massendichtewerte  $x_i$  ausgewählt wurden in dem Betriebsintervall des Beta-Messsystems, kann im Prinzip der  $z_i$  Korrespondenzwert mit sehr hoher Genauigkeit. Durch die Analyse der Funktion des maximalen Likelihood-Verhältnis, ist es möglich die beste Annäherung der experimentellen Daten zu bekommen. Die Studien zeigen, dass eine homogene polynomische Gleichung 3. Grads über  $z$  eine optimale Annäherung an die experimentellen Daten (siehe Kap. über Kalibrierung) darstellt

Wenn  $g(z)$  bekannt ist, ist es möglich die Funktion  $k(z)$  und die zugehörigen Werte der Absorptionskoeffizienten  $\mu(x)$  herzuleiten.

Diese Überlegungen können auf einen Realfall ausgeweitet werden, wo es nötig ist, die Gleichung (5) zu verallgemeinern, in Anbetracht, dass in einem realen System Luft mit einer Dichte  $\rho$ , zwischen Quelle und Detektor vorliegt und dass die Detektoreffizienz von anderen Variablen abhängt, wie z.B. der Hochspannung und der Lebenszeit. Aus diesem Grund muss (5) in diese Form umgeschrieben werden:

$$z = \beta(x, \rho, E(x, t)) \quad (9)$$

Die relative Änderung der Variable  $z$  zwischen zwei Messsessions, wenn wir eine  $\delta x$  Steigerung der Massendichte  $x$  des Films zwischen Quelle und Detektor haben, wird ausgedrückt durch:

$$\delta z = \left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \delta x + \frac{\partial \beta}{\partial \rho} \delta \rho + \frac{\partial \beta}{\partial E} \delta E \right) \quad (10)$$

Die Massendichteänderung  $\delta x$  wird geschrieben als die Summe aus der Massendichteänderung des Filtermediums  $\delta x_f$  und den Beiträgen des Schwebstaubfilms die darauf akkumuliert sind  $x_p$ ,  $\delta x = \delta x_f + x_p$ : Es folgt, dass (10) neu geschrieben werden kann als:

$$\delta z = \frac{\partial \beta}{\partial x} x_p + \left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \delta x_f + \frac{\partial \beta}{\partial \rho} \delta \rho + \frac{\partial \beta}{\partial E} \delta E \right) \quad (11)$$

(11) stellt expliziert alle Ausdrücke heraus, die dazu beitragen, die relative Änderung der Betaflusswerten (Variable  $z$ ) zu bestimmen. Der Term  $\frac{\partial \beta}{\partial x} x_p$  drückt den funktionalen Beitrag aus, der in Verbindung mit der Anwesenheit des Schwebstofffilms, der auf dem Filtermedium akkumuliert ist, während der Ausdruck  $\left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \delta x_f + \frac{\partial \beta}{\partial \rho} \delta \rho + \frac{\partial \beta}{\partial E} \delta E \right)$  die ganzen Beiträge ausdrückt, welche die systematischen Fluktuationen in den gemessenen Betaflüssen bestimmen. Diese Fluktuationen können zurückverfolgt werden zu der Anwesenheit von Schwebstoffteilchen die auf dem Filter akkumuliert sind (systematische Fehler). Diese Beiträge kommen von:

- Der Veränderung der Massendichte des Filtermediums
- Luftdichteschwankungen
- Schwankungen in der Leistungsfähigkeit der Detektorresponse

Durch die Analyse der Gleichung (11), folgern wir, dass eine genaue Massenbestimmung durch Benutzung der Beta-Technik nur durchgeführt werden kann, wenn der Term  $\left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \delta x_f + \frac{\partial \beta}{\partial \rho} \delta \rho + \frac{\partial \beta}{\partial E} \delta E \right)$  quantitativ vernachlässigbar oder wenn der Term quantitativ bestimmt werden kann und dann in der Auswertung von  $\delta z$  entfernt wird.

In der realen Umsetzung der Beta-Technik ist es tatsächlich unmöglich die betrachteten systematischen Abweichungen vollständig zu entfernen, und aus diesem Grund vollzieht SWAM 5a Dual Channel Monitor ein Verfahren, basierend auf Spyfilter, die es erlauben diese Abweichungen quantitativ zu bestimmen und zu entfernen.

Dies werden dank der Betaflussmessungen auf den Spyfiltern  $F_s$  (desselben Typs wie die Betriebsfilter  $F_r$ ), welche während durch die Betaflussmessphasen der Betriebsfilter  $F_r$  durchgeführt werden. Tatsächlich haben wir, wenn wir (11) für einen Spyfilter schreiben:

$$\delta z_{F_s} = \left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \delta x_{F_s} + \frac{\partial \beta}{\partial \rho} \delta \rho + \frac{\partial \beta}{\partial E} \delta E \right) \quad (12)$$

Es ist klar, dass wenn die Spyfilter und die Betriebsfilter vergleichbare Massendichten haben ( $x_{F_r} \cong x_{F_s}$ ), dass der zweite Term von (11) quantitativ äquivalent zu  $\delta z_{F_s}$  ist. Durch vergleichen von (11) und (12), folgern wird, dass

$$(\delta z)_{F_r} - (\delta z)_{F_s} \cong \left( \frac{\partial \beta}{\partial x} \right) \cdot x_p \quad (13)$$

In Erinnerung, dass:

$$\frac{\partial \beta}{\partial x} = \mu(x) = \frac{1}{k} \quad (14)$$

Bekommen wir:

$$x_p = k(z) \cdot \left[ (\delta z)_{F_r} - (\delta z)_{F_s} \right] \quad (15)$$

Dies beschreibt die Differentialform der Gleichung, welche die Massenmessung beschreibt, die in SWAM Dual Channel umgesetzt wurde.

### 2.5.2 Massenbestimmungsverfahren

Jede i-te Messsession, ob nun, *blank* oder *collect* Messungen, besteht aus einer Sequenz von  $n$  Betaflussmesszyklen. Jeder Zyklus wird abwechselnd auf dem Betriebsfiltermedien  $F_{r1}$  und  $F_{r2}$  und auf dem Spyfilter  $F_s$  durchgeführt (siehe Anhang 11 "*Massenmessungen*"). Die Matrix beschreibt die Sequenz der Messungen, die in den  $n$  Messzyklen enthalten ist:

$$\begin{bmatrix} F_s^{11} & F_{r1}^1 & F_s^{12} & F_{r2}^1 & F_s^{13} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_s^{n1} & F_{r1}^n & F_s^{n2} & F_{r2}^n & F_s^{n3} \end{bmatrix} \text{ mit } 4 \leq n \leq 6 \quad (16)$$

Zeiten für die Betamessungen  $T_m$  bezüglich der Einzelphasen:

- 10 min für die Betriebsfilter  $F_r$
- 5 min für die Spyfilter  $F_s$

Anzahl der Messzyklen  $n$ :

- $n=4$  für 8 Stunden lange Probenahmezyklen
- $n=6$  für mehr als 12 Stunden lange Probenahmezyklen

Alle gemessenen Werte der Betaflüsse sind richtig im Verhältnis zu der Totzeit " $\tau$ " des Geiger Müller, experimentell bestimmt, durch Anwendung eines geeigneten Verfahrens, welches im Gerät umgesetzt wird.

In die Messzyklen wird die ermittelte Abschätzung des Hintergrundrauschens ( $\Phi_{\text{dark}}$ ) und die Betaflussmessung, für den Fall dass sich kein Filtermedium zwischen Quelle und Detektor befindet ( $\Phi_0$  "Betaflux in air") mit integriert.

Diese zusätzlichen Messungen sind wichtige Qualitätskontrollen: die Schätzungen des *Dark* ( $\Phi_{\text{dark}}$ ) erlauben es, das Hintergrundrauschen quantitativ zu bestimmen, die Messungen des Betafluss in der Luft ( $\Phi_0$ ) machen es möglich, die Stabilität des Geiger Müller Detektors zu bewerten. Außerdem, erlaubt der Wert von  $\Phi_0$ , der in der *Blank*-Session bestimmt wird, den Wert der dimensionslosen Variablen  $z(x_{Fr})$  und  $z(x_{Fs})$ , sowie verschiedene Unsicherheiten der *blank*- und *collect*- Messungen abzuschätzen.

Während der *collect*-Phase ist es nötig zu bedenken, dass die gemessenen Werte des Flusses der mit den Betriebsfiltern verbunden ist, den Betafluss  $\Phi_{\text{nat}}$  einschließt, der durch die Anwesenheit von natürlichen Radionukliden in der Probe verursacht wird (natürliche Radioaktivität verbunden mit Radon Zerfallsprodukten). Dieser Beitrag würde negative Artefakte in der Probemasse schätzen. Darum ist es notwendig, ihn quantitativ zu messen, unter Verwendung der Daten der entsprechenden Zusatzmessungen, die dem *collect*-Messzyklus vorausgehen und abschließen. Diese Messungen werden dank eines mobilen Schildes, eingefügt zwischen Quelle und Filtermedium, ausgeführt, welches es ermöglicht den alleinigen Betafluss der Probe selbst zu ermitteln (Abb. 2.6).

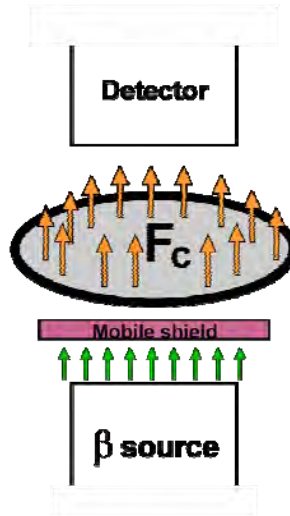


Abb. 2.6

Das Vorhandensein eines Daten-Kollektivs  $\Phi(x)$  bezüglich der Betriebsfiltermedien  $Fr_1, Fr_2$  und die  $3n$  Daten bezüglich des Spylter ( $F_s$ ) erlaubt es, beide Werte, den erwarteten  $\langle\Phi(x)\rangle$  des Betaflusses, durch Anwendung der Berechnung von arithmetischen Mitteln der Werte  $\Phi(x_r)$ , und von den der verbundenen Unsicherheit zu bestimmen. Unter Berücksichtigung der Daten der Flüsse, die während der *Blank*-Phase gemessen wurden, müssen sie korrigiert werden in Hinsicht auf den Hintergrundrauschens (dark):

$$\Phi_{corr}^b(x) = \Phi(x) - \Phi_{dark} \quad (17)$$

Bei den *collect*-Messungen, werden die richtigen Werte des Beta-Flusses bestimmt, indem von den gemessenen Werten der Anteil der natürlichen Radioaktivität  $\Phi_{nat}$  abgezogen wird:

$$\Phi_{corr}^c(x) = \Phi(x) - \Phi_{nat} \quad (18)$$

### 2.5.3 Massenbestimmung der Probe

Wenn die Variablen  $z(x)$  bekannt sind, können die entsprechenden Werte  $k_r$  und  $k_s$  bestimmt werden, indem die Gleichung genutzt wird um die erste Ableitung der Kalibrierfunktion  $g(z)$  darzustellen:

$$k(z) = 3az^2 + 2bz + c \quad (19)$$

mit:  $a, b$  und  $c$  als Koeffizienten des homogenen Polynoms dritten Grades, dass die Funktion  $g(z)$  des Massenmesssystems darstellt (siehe Kap. 2.6 "Kalibrierung des Massenbestimmungssystem").

Die Berechnung der Masse  $m_p$  der Schwebstaubprobe die auf dem Filtermedium akkumulieren, entsprechend von dieser Gleichung:

$$m_p = S \cdot x_p = S \cdot \bar{k}(z) \cdot Z_{r1}^* \cong S \cdot k_{sh} \cdot \left[ \bar{k}(z) \cdot \ln \left( \frac{\bar{\Phi}^i(x_{Fr})}{\bar{\Phi}^j(x_{Fr} + x_p)} \frac{\bar{\Phi}^j(x_{Fs})}{\bar{\Phi}^i(x_{Fs})} \right) + offset \right] \quad (20)$$

mit  $S$  als die Fläche der nutzbaren Probennahmeoberfläche und  $k(z)$  als geometrisches Mittel zwischen den Werten von  $k_r$ , bestimmt während der *blank*- und *collect*-Sessions.

Diese Gleichung wird benutzt, wenn die Massendichte des Betriebsfiltermediums und der Spylter der Bedingung  $x_{Fr} \cong x_{Fs}$  genügen. Jedenfalls, wenn diese Bedingung nicht

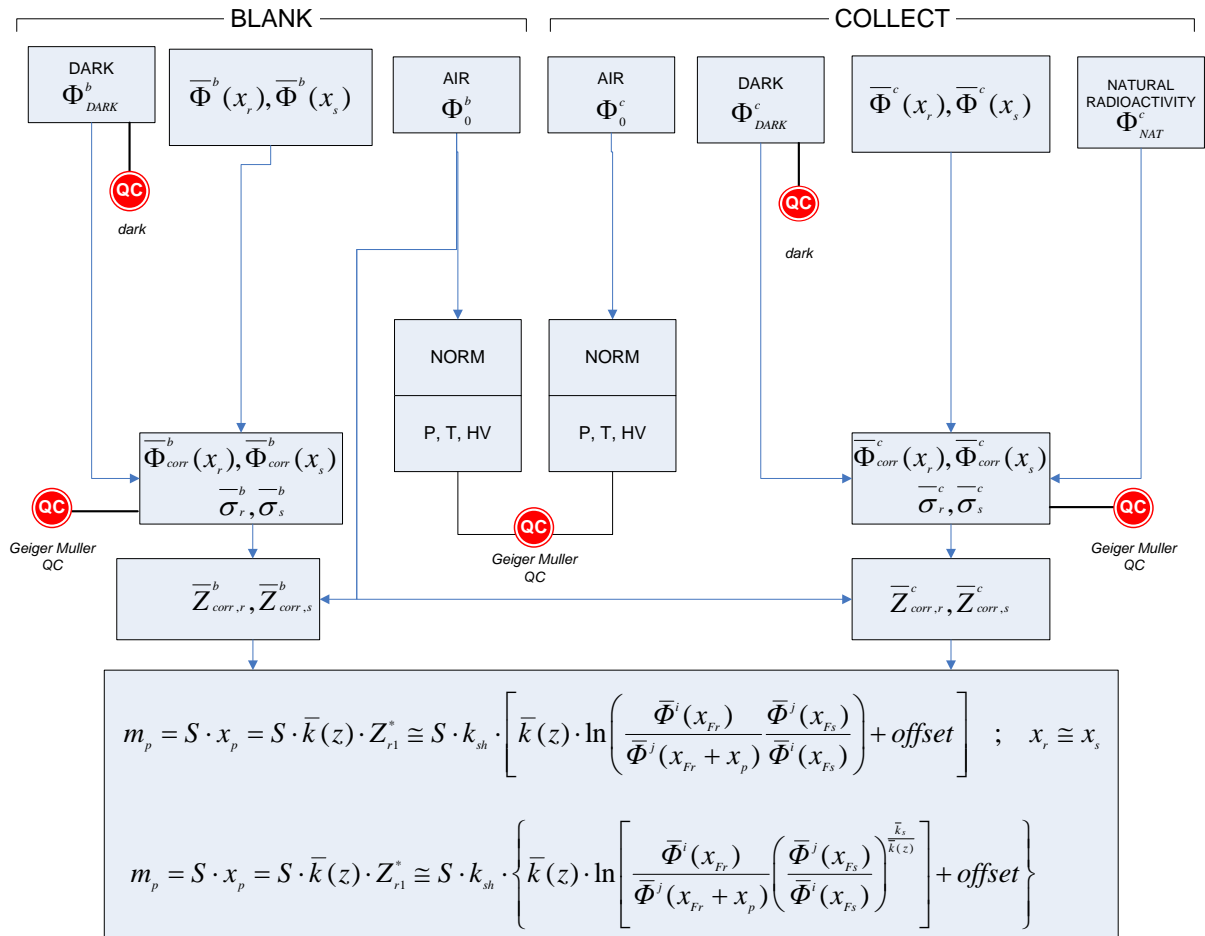
überprüft wird, ist es möglich, dass eine ausgezeichnete Abschätzung von  $m_p$  erlangt wird, durch Benutzung der Gleichung:

$$m_p = S \cdot x_p = S \cdot \bar{k}(z) \cdot Z_{r1}^* \cong S \cdot k_{sh} \left\{ \bar{k}(z) \cdot \ln \left[ \frac{\bar{\Phi}^i(x_{Fr})}{\bar{\Phi}^j(x_{Fr} + x_p)} \left( \frac{\bar{\Phi}^j(x_{Fs})}{\bar{\Phi}^i(x_{Fs})} \right)^{\frac{\bar{k}_s}{\bar{k}(z)}} \right] + offset \right\} \quad (21)$$

Der dimensionslose Parameter  $k_{sh}$  (Gleichungen 20 und 21) bestimmt das Einheitlichkeitslevel der Schwebstaubprobenverteilung auf dem Filtermedium. Es benötigt einen Einheitswert wenn die Probenoberflächenverteilung homogen ist.

Der "offset"-Term in den Gleichungen 20 und 21 ist ein Term, der die möglichen leichten Verformungen, die das Filtermedium durchmachen kann, während des Probenahmeprozesses berücksichtigt. Der „offset“ nimmt unter Idealbedingungen den Wert Null an (siehe Kap. 7.7)

Der "offset"-Term in den Gleichungen (20 und 21) ist quantitativ nicht sehr relevant und ist begründet in der möglichen leichten Deformation des Filtermediums während des Probenahmeprozesses. Der "offset" hat dieselben Dimensionen wie  $x_p$  ( $mg \cdot cm^{-2}$ ) und unter Idealbedingungen kann ein Nullwert angenommen werden. Der dimensionslose Parameter  $K_{sh}$  (eq. 20 and 21) repräsentiert die Gleichförmigkeit der Verteilung Schwebstaubprobe auf dem Filtermedium. Es nimmt den Wert = 1 an, wenn die Verteilungsoberfläche der Probe homogen ist.





**2.6 KALIBRIERUNG DES MASSENBESTIMMUNGSSYSTEMS**

Ziel des Kalibrierverfahrens ist die experimentelle Bestimmung der Funktion  $g(z)$ , welche im SWAM Dual Channel, durch einen *multipoint*-Ansatz erhalten wird. Der Kalibrierbereich liegt im Massendichtenintervall  $0 \div 10 \text{ mg/cm}^2$ . Durch Anwendung von diesem Verfahren, wird zu jedem Sollwert " $x_i$ " von der  $i$ . Massendichte der entsprechende Wert

$$z_i = \ln \left( \frac{\Phi_0}{\Phi(x_i)} \right) \text{ hinzugefügt.}$$

Sobald  $n$  Massendichtenwerte  $x_i$  innerhalb des Betriebsintervalls des Beta-Messsystems gewählt wurden, können im Prinzip die entsprechend erwarteten Werte von  $z_i$  mit einer sehr hohen Genauigkeit bestimmt werden. Durch Anwendung der Maximum-Likelihood-Technik, ist es möglich, die beste Annäherung der experimentellen Daten zu bekommen (in dem betrachteten Intervall muss das Ergebnis monoton steigend sein), z.B. durch Benutzung eines homogenen Polynom 3. Grads, dessen Koeffizienten die Kalibrierparameter sind. Sobald die Funktion  $g(z)$  bestimmt wurde, ist es möglich, die Funktion  $k(z)$  zu erhalten und dann die entsprechenden Werte des Absorptionkoeffizienten  $\mu(x)$ . Dieser methodologische Ansatz macht es möglich, die Unsicherheit der Kalibrierkoeffizientenbestimmung zu minimieren.

**2.6.1 Kalibrierverfahren**

Das Kalibrierverfahren, welches in der finalen Abnahmeprüfung eingesetzt wird, ermöglicht es die Unsicherheiten, die mit der Reproduzierbarkeit der Beta-Messung (Poisson Statistik der Betaemission, Reproduzierbarkeit der mechanischen Neupositionierung, Schwankungen in der Detektoreffizient, Änderungen der Luftdichte zwischen Quelle und Detektor) verbunden sind, als quantitativ vernachlässigbar darzustellen.

Um die Funktion  $g(z)$  richtig zu bestimmen, ist es notwendig, zu überprüfen, ob die Detektorresponse in der Zeit stabil ist. Aus diesem Grund vollzieht das Gerät ein automatisches Programm, das es erlaubt eine Reihe von Beta-Flussmessungen, sowohl in der Luft (A) als auch auf sechs Referenzalufolien ( $F_i$ ) mit bekannten Massendichtewerten durchzuführen.

$$\left. \begin{array}{cccccc} F_{1,1}A & F_{2,1}A & F_{3,1}A & F_{4,1}A & F_{5,1}A & F_{6,1}A \\ F_{1,2}A & F_{2,2}A & F_{3,2}A & F_{4,2}A & F_{5,2}A & F_{6,2}A \\ F_{1,3}A & F_{2,3}A & F_{3,3}A & F_{4,3}A & F_{5,3}A & F_{6,3}A \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{array} \right\}$$

Messzeit  $F_i = 300\text{sek.}$   
Messzeit  $A = 150\text{sek.}$

Abb. 2.7

Die Werte der Massendichte werden normalerweise benutzt um den Bereich 0÷10 mg/cm<sup>2</sup> abzudecken und sie werden in der untenstehenden Tabelle gezeigt (Tab. 1)

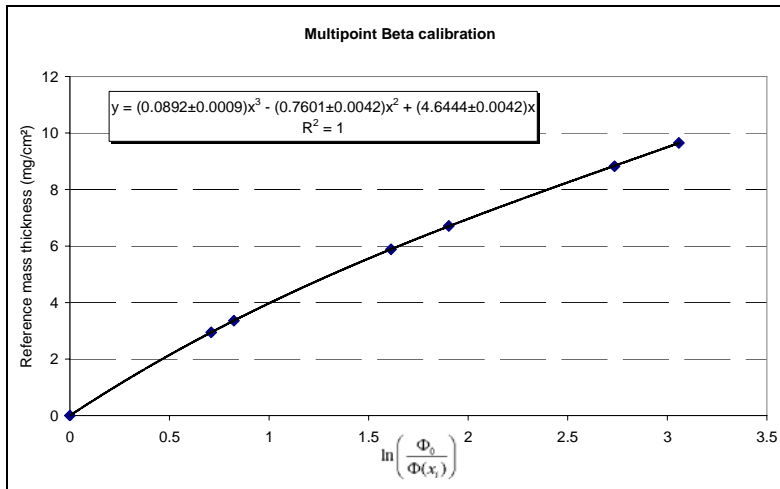
Referenzmassendichte mg/cm <sup>2</sup> )
2.963
3.405
5.926
6.810
8.889
9.773

Tab. 1

Für jede Beta-Flussmessung wird der Geiger-Hochspannungswert hinzugefügt, neben den zusätzlichen Messungen von Temperatur, Druck und relativer Feuchtigkeit bezogen auf den Bereich der Messung. Die Messesequenz wird für mind. 48 Std. wiederholt und durch die Analyse der gesammelten korrekten Daten, ist es möglich das Stabilitätslevel der Geiger-Detektorantwort zu bewerten.

Sobald die Stabilität des Geigerdetektors überprüft ist, ist es möglich mit der Kalibrierung des Beta-Messsystems fortzufahren, indem die Koeffizienten der Funktion  $g(z)$  durch eine Sequenz von Messungen, wie in Abb. 2.7 gezeigt, bestimmt werden mit einer Mindestdauer von 24 Stunden. Die Verwendung dieses Verfahren erlaubt es, die mit den erwarteten Werten des Beta-Flusses verbundene Unsicherheit zu minimieren, durch die entsprechenden Werte von  $z$ , die durch arithmetische Mittel der Population von jeder einzelnen Messung bestimmt wurden, um die Unsicherheit, die mit der Messmethode verbunden ist, zu reduzieren.

Als ein Beispiel, zeigen wir hier unten, die Ergebnisse einer Kalibrierung, die während der finalen Abnahme durchgeführt wurde: Abb. 2.8 zeigt die Koeffizienten der Funktion  $g = az^3 + bz^2 + cz$ , die bestimmt wurden durch die Maximum-Likelihood-Technik, während Abb. 2.9 die Ergebnisse der Analyse der linearer Beziehung zwischen Werten von der Referenzmassendichte und den Werten, die durch den SWAM 5a Dual Channel Monitor wurden durch die Benutzung der Beta-Technik bestimmt.



Koeffizient	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Wert	0.0892	0.7601	4.6444
Unsicherheit	0.0009	0.0042	0.0042

Abb. 2.8

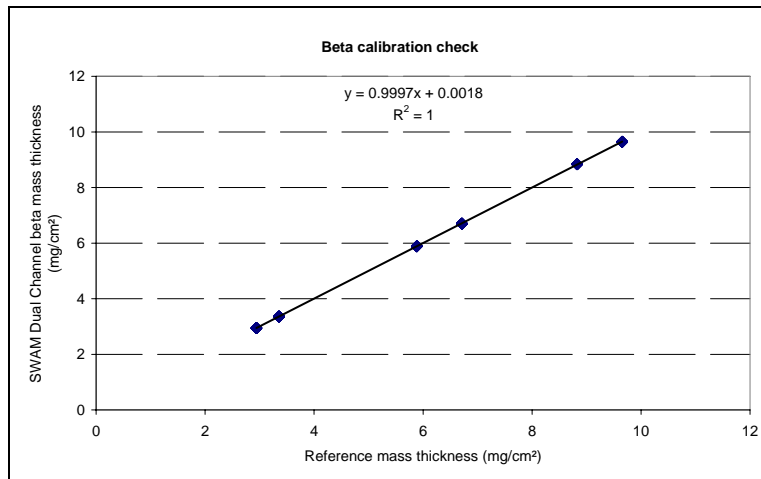


Abb. 2.9

### 2.6.2 Automatischer Kalibriercheck und Qualitätskontrollen

Im Bezug auf das Level der Umsetzung der Messtechnik, wird in dem Gerät **keine periodische Kalibrierung gebraucht** - mit der Ausnahme bei einem Versagen des Messsystems, welches auf den Einsatz von einer oder mehreren Komponenten hinaus läuft (Geiger Müller-Detektor und zugehörige Elektronik). Unter Betriebsbedingungen, ist die korrekte Umsetzung des Messverfahrens und die Beständigkeit der Kalibrierfunktion garantiert durch die umgesetzten Qualitätskontrollen, welche in Kürze sind:

- **QC Hintergrundrauschen:** die Hintergrundradioaktivitätszählrate wird zu Beginn von jedem Messzyklus kontrolliert und, wenn sie außerhalb des vordefinierten Intervall liegt, zeigt das Gerät, dies mit entsprechende Meldungen an (Warnung und Alarm).
- **QC Kurzzeitstabilität des Geigerzählers:** Während der Messungen des  $\beta$  Strahlungsfluss durch den Filter, werden die Kongruenzen zwischen dem Zählratenverhältnis und der Poissonstatistik (radioaktiver Zerfall) kontrolliert. Wenn das Ergebnis des Vergleichs nicht die Zerfall beschreibende Statistik einhält, zeigt das Gerät dies mit den entsprechende Meldungen an (Warnung und Alarm).
- **QC Langzeitstabilität des Geigerzähler:** Um die möglichen Geigerantworten zu überwachen (kein Einfluss auf die Qualität der Massenbestimmungsqualität), werden die „Air counts“ von zwei aufeinander folgenden Messzyklen verglichen. Wenn der prozentuale Unterschied zwischen dem Messwert der Air counts und dem Referenzwert höher ist als der programmierte Höchstwert, erzeugt das Gerät entsprechende Meldungen (Warnung und Alarm)
- **QC Geigerzählerhochspannung:** Die Antwortqualität des Geigerdetektors ist eng verbunden mit der Stabilität der Hochspannungsversorgung. Die Netzzuteilung des Geräts kann stabilisierte Spannung innerhalb 1‰ des Durchschnittswerts bereitstellen. Wenn die Standardabweichung des Geigerhochspannungswerts höher als 2‰ ist kommt eine entsprechende Meldung (Warnung und Alarm).
- **QC Kalibrierung des Massenmesssystems:** Zu Beginn von jedem Betriebszyklus wird ein automatisches Verfahren für die Kalibrierkontrolle durchgeführt, durch Anwendung der Betaflussmessung in der Luft ( $\Phi_0$ ) und durch Benutzung von zwei Referenzaluminiumfolien ( $R_1, R_2$ ) mit bekannter Massendichte. Nachdem die Mittelwerte  $\bar{\Phi}_0, \bar{\Phi}_{R1}, \bar{\Phi}_{R2}$  berechnet wurden, ermittelt das Gerät die Massendichtewerte „ $x_{mis}$ “ von  $R_1$  und  $R_2$ , durch Benutzung der Kalibrierfunktion:

$$x_{mis}(R1) = a z^3(R1) + b z^2(R1) + cz(R1)$$

$$x_{mis}(R2) = a z^3(R2) + b z^2(R2) + cz(R2)$$

Durch Vergleich der so bestimmten Massendichtewerte mit den zugehörigen Sollwerten, berechnet das Gerät die relative prozentuale Abweichung:

$$\frac{x_{mis}(R1) - x_{R1}}{x_{R1}} \%$$

$$\frac{x_{mis}(R2) - x_{R2}}{x_{R2}} \%$$

In Anbetracht, dass die gesamte Dauer der Messungen der Beta-Flüsse durch  $R_1$  und  $R_2$  werden für den Kalibriercheck ungefähr 40 Minuten benötigt, ist der Wert der verbundenen Unsicherheiten höher, als die Werte als die während der letzten Abnahmeprüfung erhalten wurden.

## 2.7 QC UND GERÄTEFUNKTIONALITÄT:

### 2.7.1 Warnmeldungen

SWAMs 5a Dual Channel Monitor führt vollständig automatische Überprüfungen der Probenahme- und Messphasen durch, welche in Echtzeit nützliche Informationen zur Charakterisierung des Qualitätszustands der gelieferten Daten und zur Funktionalität des Geräts bereitstellen. Wenn einige Parameter nicht die Qualitätsstandards erfüllen oder im Fall von Situationen, die die Qualität von Probe- und Messdaten beeinflussen könnte, aktiviert das Gerät *Warnmeldungen*.

Die *Warnungen* werden durch eine gelbe Lampe auf dem Bedienfeld angezeigt. Sie werden angezeigt im *Instrument Info*-Menü und, falls vorgesehen auf der *Buffer Data* gespeichert. Einige davon haben auch die Funktion, den Benutzer oder den Wartungsingenieur über den Bedarf von gezielten Überprüfungen zu informieren (automatische Anzeige von „*Warnungs*“-Gründen)

### 2.7.2 Alarmmeldungen

SWAM 5a Dual Channel Monitor verwaltet automatisch alle Situationen, die der Funktionalität oder Integrität abträglich sind. In diesen Situationen aktiviert das Gerät Anhalteverfahren um den Benutzer über die Gründe aufzuklären. Diese Informationen werden mit Alarmmeldungen identifiziert (siehe Anhang 7), welche im Gerät gespeichert sind und dann sowohl lokal (rote LED in Bedienfeld und Anzeige) als auch der Ferne verfügbar sind.

Wenn eine Alarmmeldung angezeigt wird, kontaktieren sie bitte FAI Instrument s.r.l.

## 2.8 KONTROLLELEKTRONIK, MANAGEMENTSOFTWARE UND SCHNITTSTELLEN

Die Elektronik des Probenahmeegeräts wurde mit zwei CPUs in Master-Slave Architektur entworfen, jede mit unterschiedlichen Aufgaben. Die *Slave* CPU behandelt den mechanischen Betrieb und die Erfassung der digitalen und analogen Signale. Die *Master* CPU verwaltet die I/O, Kommunikation, Betriebstiming, Durchflussratenmessungen und -Überprüfung, Bestimmung der Probenmasse und Datenspeicherungsaufgaben.

In der Struktur der *Master* CPU sind alle Informationen über die Probenahme und die Massenbestimmungsverfahren, die Testberichte, und die Berichte über die Alarm/Warnmeldungen und die mechanischen Bewegungen gespeichert. Dieses letzte Merkmal ermöglicht es, eine durchgehende Überprüfung der mechanischen Betriebsbedingungen ausführen, auch per Fernbedienung, um mögliche Ursachen mit Falle des Versagens zu finden. Das lokale I/O wird durch ein LCD Display, Folientastatur und Statusanzeigen (LED) ausgeführt.

Die Managementsoftware ist in drei Menüs aufgeteilt und ermöglicht:

- Zugang zu den Probenahme- und Messdaten der schon behandelten Filter zu haben
- Zugang zu den Daten der aktuellen Probenahme und Messungen zu haben
- die Probenahme und Messparameter zu bestimmen
- die Tools für den Instrumententest und Kalibrierung zu nutzen

SWAM 5a Dual Channel Monitor ist mit folgenden Schnittstellen ausgestattet:

- graphische "Display" Schnittstelle: das Display an dem vorderen Bedienfeld ermöglicht es Informationen zu den Instrumenten und die Alarm- und Warnungsmeldungen zu lesen
- RS-232 serielle Schnittstelle PC: ermöglicht es, die Daten mit einem PC auszutauschen
- RS-232 serielle Schnittstelle Modem: ermöglicht die Verbindung mit einem Modem für eine Fernbedienung des Instruments
- Analoge Schnittstelle

## 2.9 FERNBEDIENUNG DES GERÄTS VIA "GSM Modem"

Das Gerät kann mit einem GSM Modem ausgestattet sein, dass die komplette Fernbedienung erlaubt (siehe Kap. 7.4 und Anhang B). Im speziellen ermöglicht es:

- Betriebsparameter zu setzen
- kontinuierlichen Zugang zu den Probenahme- und Messdaten zu haben (siehe Kap. 7.4 und Anhang 2)
- die mechanische Funktionalität zu überprüfen
- die „trace files“ des Systems zu lesen (Speicherung von allen Servomechanismus-Bewegungen der Tests, von allen Alarm- und Warnmeldungen, etc.)
- diagnostische SMS zu empfangen, die automatisch vom Gerät aus geschickt werden (siehe Kap. 6.5)

*ANMERKUNG: Für die Liste der optionalen Teile und die der Hauptersatzteile, siehe [Anhang 9](#).*

**2.10 ANALOGER DATENAUSGANG**

Ein analoger Datenausgang befindet sich auf der hinteren Scheibe des Geräts, und ermöglicht die Verbindung mit „traditionellem“ Aufzeichnungssystem (z.B. *Daten logger*). Für die Verbindung ist es notwendig, ein Kabel mit einem 15-poliger Stecker zu benutzen (siehe Abb. 2.10)  
 Die Signalverteilung der Steckerpins ist die folgende:

Pin	Beschreibung
5	Erde
8	Analoges Signal proportional zu dem <b>Konzentrationswert, gemessen auf Linie A</b> variiert zwischen 0V und 5V (5V Wert entspricht standardmäßig 200µg/m <sup>3</sup> ) oder <u>einem negativem Konzentrationswert</u> <sup>1</sup>
15	Analoges Signal proportional zu dem <b>Konzentrationswert, gemessen auf Linie B</b> variiert zwischen 0V und 5V (5V Wert entspricht standardmäßig 200µg/m <sup>3</sup> ) oder <u>einem negativen Konzentrationswert</u> <sup>1</sup>
14	Analoges Signal proportional zu dem Druckwert der Betriebsluft variiert zwischen 0V und 5V
1-9	<b>ALARM</b> Signal KEIN Kontakt
2-10	<b>WARNUNG</b> Signal KEIN Kontakt (siehe Anhang 8 "Warnungen")
3-11	<b>Datenplausibilität</b> Signal KEIN Kontakt
4-12	<b>Verfügbare Messungen</b> Signal KEIN Kontakt

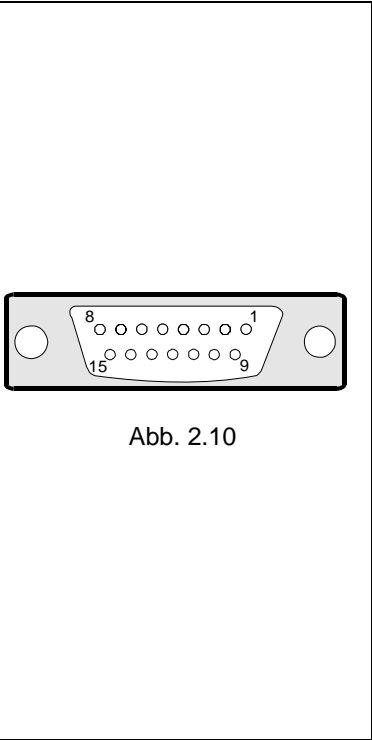


Abb. 2.10

<sup>1</sup> Beginnend ab der Firmwareüberarbeitung 04080166, werden die möglichen negativen Konzentrationswerte auf dem Buffer Data des Geräts durch ein vorausgehendes Minuszeichen dargestellt, sie werden jedoch unabhängig ihrer Absolutwerte über der Ausgabe eines fixen Werts von 5V auf dem entsprechenden Analogen Output ausgegeben.

## 2.11 MERKMALE DER SEQUENTIELLEN MECHANIK

Bei SWAM 5a Dual Channel Monitor sind sowohl die Projektwahl als auch die mechanische Umsetzung auf die Erzielung von sehr hohen Zuverlässigkeitslevels auf mechanischen Bewegungen gerichtet. Außerdem ermöglichen die genutzten Lösungen die komplette Beseitigung der Möglichkeit von ungewünschten Unterbrechungen bei jedem Schritt des sequentiellen Prozesses.

Die mechanischen Hauptbewegungen (Filter (ent-)laden, Filter auf der Akkumulationsfläche platzieren, etc.) werden von elektropneumatischen Servomechanismen mit einem einzigen Grad an Freiheit ausgeführt unter Garantie einer sehr hohen Wiederholbarkeit. Außerdem ermöglicht ein Satz von Qualitätskontrollen der mechanischen Bewegung, den mechanischen Status als ein Ganzes objektiv zu beobachten und zu kennzeichnen. Dies erlaubt eine wirksame vorbeugende Fehlerdiagnose (siehe Anhang 7).

Zu guter letzt, ermöglicht der Gebrauch von elektropneumatischen Auslösern die Erreichung einer beträchtlichen Bewegungsautonomie, im Fall eines Stromausfalls.

## 2.12 INSTRUMENTENMANAGEMENT BEI STROMAUSFALL „Notstrombatterien“

SWAM 5a Dual Channel Monitor wurde gebaut, um alle möglichen unzulässigen Schwankungen in der Energieversorgung oder deren Unterbrechung zu bewältigen. So ist das Gerät quasi geschützt vor allen möglichen Problemen, die mit der Energieversorgung in Verbindung stehen. Tatsächlich ist das Gerät mit zwei wiederaufladbaren Notstrombatterien ausgestattet und hat eine so gestaltete Bauart des mechanischen Bewegungsteils (elektro-pneumatisch) dass jede mechanische Konfiguration, auch bei einem Stromausfall, erreicht werden kann.

In Falle eines Stromausfalls:

- stoppt das laufende Probennameverfahren (Vakuumpumpen-Stromausfall)
- schätzt das Gerät die Ladung der Batterien und der übrig bleibenden Batteriebetriebszeit
- Wenn die übrig bleibende Batteriebetriebszeit lang genug ist, vervollständigt das Gerät die laufenden Massenmesszyklen
- Durch die Analyse des Betriebs- und Programmierstatus, sucht SWAM 5a Dual Channel Monitor die beste mechanische Konfiguration aus, um den Betriebszyklus nach Ende des Stromausfalls wieder korrekt zu starten
- Sobald die richtigen mechanischen Konfigurationen erreicht wurden, startet das Gerät ein automatisches Ausschaltverfahren (siehe Kap. 2.13) und deaktiviert die Kontrollplatte bis zur Wiederherstellung der Stromversorgung

“Stromausfall“-Ereignisse werden mit einer *Warnmeldung* angezeigt und in den *Buffer Data* gespeichert (Warnung 28, siehe Anhang 8)



### 2.13 Selbstabschaltverfahren

Die Art und Weise, wie das Gerät automatisch mit einem möglichen Stromausfall umgeht, hängt von den Betriebsbedingungen des Geräts ab, wenn die Selbstabschaltung eintritt, von der Länge des Stromausfalls, von der Länge oder Art der programmierten Probenahme und Messzyklen und von dem Mindestwert für das Probenvolumen für die Datengültigkeit der Massenkonzentration (Warnung 23, Anhang 8). Die Tabelle unten zeigt alle möglichen Betriebsbedingungen (markiert mit der Variable PF), wenn ein Stromausfall passieren kann:

PF = 0	Gerät im Ready Status
PF = 1	Gerät im Delay Status, lädt die Filter am Ende des Startverfahrens
PF = 2	Gerät im Delay Status, Filter vollständig geladen, Gerät wartet auf Anfang der Blankmessung auf dem ersten Paar der eingesetzten Filter.
PF = 3	Gerät im Delay Status, führt die Blankmessung auf dem ersten Paar der eingesetzten Filter aus
PF = 4	Gerät im Delay Status, Blankmessungen auf dem ersten Filterpaar fertig, Gerät wartet auf das Starten des Probenahmezyklus zur programmierten Datum und Zeit
PF = 5	Gerät im Probenahme Status, Collectmessungen von den Probefiltern in Bearbeitung
PF = 6	Gerät im Probenahme Status, Blankmessung in Bearbeitung
PF = 7	Gerät im Probenahme Status und keine Massenmessungen in Gang
PF = 8	Gerät im Probenahme Status, lädt neue unbenutzte Filter auf die Scheibe
PF = 9	Das Gerät hat den Probenahme- und Messzyklus gestoppt, weil neue unbenutzte Filter fehlen

Unten ist eine kurze Liste mit anderen Variablen die von der SWAM 5a Dual Channel Monitor Software für das Stromausfallmanagement genutzt wird:

- IR*: Unterschied zwischen der Zeit der Stromwiederherstellung und der erwarteten Zeit bis der aktuelle Zustand geändert wird (Variable PF).
- MV*: minimaler Wert des Probenahmenvolumens für die Datengültigkeit der Massenkonzentration.
- T*: Zeit bis Stromversorgung wiederhergestellt ist
- T0*: Anfangszeit des ersten Probenahmezyklus am Ende des Delay Status.
- Ts*: Anfangszeit des Probenahmezyklus der auf den Ersten folgt.
- Ta*: Endzeitpunkt des Probenahmezyklus, der im Gang ist
- ly*: Dauer des Probenahmezyklus
- lr*: verbleibende Zeit  $lr = (Ta - T)$ .
- ld*: Dauer der Blankmessungen im Delay Status.
- lB*: Dauer der Blankmessungen im Probenahme Status.
- lC*: Dauer der Collect-Messungen
- lS*: Anteil der Zeit, der von dem Probenahme- und Messzyklus, der demjenigen folgt, in welches der Stromausfall passierte, abgezogen wird, so dass das Probenahmenvolumens im Folgezyklus  $\geq MV$  ist.

Stromausfallmanagement in Abhängigkeit von dem PF-Variablenwert:

PF Wert	Vorgänge die bei Stromwiederherstellung ausgeführt werden
0	Das Gerät geht zurück in den Status Ready
1	Das Neustartverfahren wird ausgeführt (siehe Anmerkung 1)
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>(T + Id) &gt; (Ta + IS)</math>: Startdatum und -zeit des Probenahmezyklus wird verschoben zu einem Vielfachen von <math>ly</math>.</li> <li>• Wenn <math>(T + Id) \leq (Ta + IS)</math>: geht das Gerät zurück in den Delay Status und führt die Blankmessung aus (siehe Anmerkung 2).</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>(T + Id) &gt; (Ta + IS)</math>: Startdatum und -zeit des Probenahmezyklus wird verschoben zu einem Vielfachen von <math>ly</math> und die Blankmessungen werden wiederholt.</li> <li>• Wenn <math>(T + Id) \leq (Ta + IS)</math>: geht das Gerät zurück in den Delay Status und wiederholt die Blankmessung (siehe Anmerkung 2).</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>T &gt; (Ta + IS)</math>: Startdatum und -zeit des Probenahmezyklus wird verschoben zu einem Vielfachen von <math>ly</math>.</li> <li>• Wenn <math>T \leq (Ta + IS)</math>: geht das Gerät zurück in den Delay Status und startet das Probenahmeverfahren (siehe Anmerkung 2)</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>(T + IC + IB) &gt; (Ta + IS)</math>: wird das Neustartverfahren ausgeführt</li> <li>• Wenn <math>(T + IC + IB) \leq (Ta + IS)</math>: werden die Collect-Messungen wiederholt (siehe Anmerkung 2)</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>(T + IB) &gt; (Ta + IS)</math>: wird das Neustartverfahren ausgeführt</li> <li>• Wenn <math>(T + IB) \leq (Ta + IS)</math>: wird das Neustartverfahren ausgeführt (siehe Anmerkung 2)</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn <math>T &gt; (Ta + IS)</math>: wird das Neustartverfahren ausgeführt</li> <li>• Wenn <math>T \leq (Ta + IS)</math>: startet das Probenahmeverfahren erneut</li> </ul>
8	wird das Neustartverfahren ausgeführt (siehe Anmerkung 1)
9	Das Gerät vollendet das Entladen der Filter der Scheibe

**ANMERKUNG 1: Neustartverfahren**

Alle Filter auf der Scheibe werden entladen (unter Beibehaltung der Einlegereihenfolge), das Datum und die Zeit des Probenahmezyklus werden zu Vielfachen von  $ly$  verschoben, bis die Bedingung  $(T + Id) < T0$  wahr wird, das Gerät tritt in den Delaystatus ein und lädt neue Unbenutzte Filter auf die Scheibe.

**ANMERKUNG 2:**

Wenn ein Teil der Zeit "IS" vom folgenden Probenahmezyklus abgezogen wird, kann ein prozentualer Anteil von der effektiven Probenahmezeit im Vergleich mit der programmierten Zeit höher als 100% in den Aufzeichnungen der Buffer Data angezeigt werden, die zu denen gehören, die bei der Selbstabschaltung auftritt (siehe Anhang 1). Darum wird die Dauer der Probenahme beim folgenden Zyklus kürzer sein, als die programmierte Dauer, aber auf jeden Fall lange genug, um die Datenvalidität der Massenkonzentration im Vergleich zum Probenahmevermögen (Warnung 23) zu garantieren.

## KAPITEL 3

### 3 3. BETRIEBSMODI

Das Gerät hat zwei Betriebsmodi, die vom Operator ausgesucht werden können *Monitor Mode* und *Reference Mode*.

#### 3.1 “MONITOR MODE”

Der *Monitor Mode* ermöglicht die Probenahme von Schwebstaub und Massenbestimmungen auf zwei unabhängigen Linien. Deshalb ermöglicht dieser Modus gleichzeitig zwei PMx-Proben zu ziehen (repräsentativ für zwei unterschiedliche granulometrische Fraktionen) und den zugehörigen Massenkonzentrationswert zu messen, indem das Gerät als zwei “*co-located samplers*” verwendet wird. So ist es möglich, z.B., gleichzeitig die Konzentrationen von PM10 und PM2.5 (PM2.5 und PM1, etc.) zu bestimmen. Außerdem, ermöglicht diese Konfiguration besonders interessante metrologische Auswertungen durchzuführen, z.B.:

- Die Auswertung von Verlust an flüchtigen Materialverlusten dank der Möglichkeit des Erhitzens oder Abkühlens der beiden Probenahmelinien (in diesem Fall ist es notwendig die Zusatzsysteme zum Erhitzen oder Abkühlen für die Linien zu bestellen)
- Die Auswertung der Performance von zwei verschiedenen Probenahmeköpfe

Außerdem ermöglicht das Gerät auch nur eine einzige Linie zu benutzen (A oder B) um die Proben von Schwebstaub zu ziehen. Anhang 10 zeigt einige mögliche Konfigurationen. Um das Gerät im *Monitor Mode* zu starten, siehe Kap 5.8.1 „*Start Probenahme im „Minitor Mode“*“

**ANMERKUNG.** Wir empfehlen im *Monitor Mode* auf den zwei Linien die gleiche Art von Filtermedien zu benutzen, um eine optimale Durchführung der Massenmessungen zu bekommen.

#### 3.2 “REFERENCE MODE”

Im *Reference Mode* wird das Gerät genutzt als hochqualifizierter Referenz-1-Kanal-Monitor. In diesem Modus wird eine Probenahmelinie für die PMx Probeakkumulation und Massenmessungen genutzt, während die andere Linie mit einem absoluten Filter für Schwebstaub (Zubehör) ausgestattet ist, um eine Membran zu erhalten, die als “field blank” dient (von metrologischer Bedeutung für gravimetrische Massenbestimmung und für chemische Spezifikationen). Darum ist während der Massenmessphase neben den Daten bezüglich der „Spyfilter“ auch die Daten bezüglich der Field blank verfügbar. Die Benutzung dieser Daten für das Verfahren der Probenmassenberechnung ermöglicht eine weitere Verbesserung des Messqualitätslevels.

Der Operator kann die Linie, die für die Probenakkumulation genutzt werden soll, genauso wie die Linie die mit dem Absolutenfilter ausgestattet ist, aussuchen. Durch die Benutzung des SWAM 5a Dual Channel Monitor im *Reference Mode* ist es möglich drei verschiedene Konfigurationen auszuwählen:

- 1 Reference Mode Normal
- 2 Reference Mode Split "Constant Flow Rate"
- 3 Reference Mode Split "Constant Stokes Number"

Um das Gerät im *Reference Mode* zu starten, siehe Kap. 5.8.2

### 3.2.1 Referenz Modus Normal

Dieser Modus kann nur genutzt werden, wenn das Gerät mit zwei unabhängigen Probenahmelinien bestückt ist (zwei Probenahmeköpfe). Beide Linien arbeiten mit derselben konstanten volumischen Durchflussrate. Die Linie, die nicht für die Probenakkumulation genutzt wird, muss mit einem absoluten Filter für Schwebstaub ausgerüstet sein (nicht mit eingeschlossen in der Standardausstattung des Geräts).

$$Q_{\text{inletA}} = Q_{\text{inletB}} = \text{konstant}$$

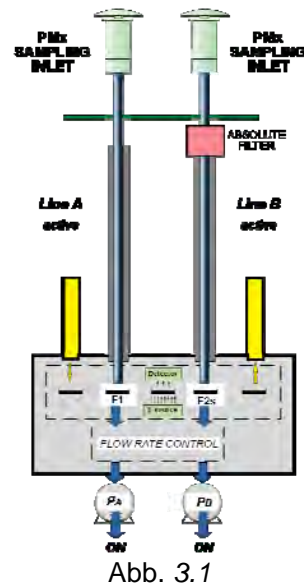


Abb. 3.1

### 3.2.2 Reference Mode Split “constant flow rate”

Diese Konfiguration kann nur genutzt werden, wenn das Gerät mit einem einzigen Probenahmekopf bestückt ist. Hinter dem Probenahmekopf wird der angesaugte Luftstrom, durch eine Mischkammer (nicht enthalten in der Standardausstattung, siehe Anhang 9) aufgeteilt auf die zwei Probenahmelinien.

In dieser Konfiguration arbeiten beide Linien mit einer konstanten volumetrischen Durchflussrate und die Werte von den zwei Durchflussraten sind wie die ihrer Summe, äquivalent zu der Normdurchflussrate des Probenahmekopfs. Die Linie, die nicht für die Probeakkumulation genutzt wird, muss mit einem absoluten Filter ausgestattet sein.

Es ist notwendig, nur die Betriebsdurchflussrate der Akkumulationslinie und die Einlassdurchflussrate am Probenahmeeinlasslevel einzustellen (Normdurchflussrate des Probenahmekopfs). Der Wert der Durchflussrate der Linie, die mit dem absoluten Filter ausgestattet ist, wird automatisch vom Gerät berechnet (siehe Kap. 5.8.3 “Start Probenahme in „Reference Mode Split Constant flow rate““) um die folgenden Bedingungen zu erfüllen.

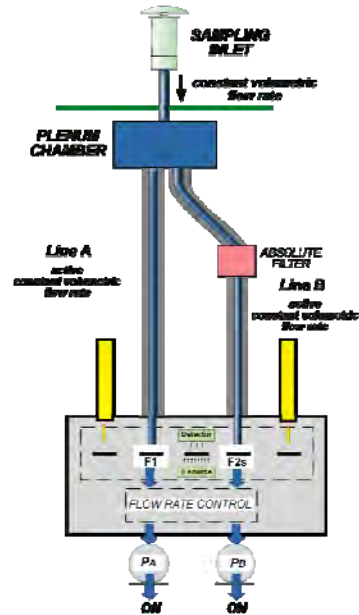


Abb. 3.2

$$Q_{\text{inlet}} = Q_{\text{nominal inlet}} = Q_A + Q_B$$

$Q_A$  = konstanter volumetrische Durchflussrate

$Q_B$  = Ausgleichsdurchflussrate (volumetrisch konstant=

### 3.2.3 Referenz Modus Split “constant Stokes number”

Um eine granulometrisch repräsentative Probe Nutzung zu bekommen, (durch die Akkumulationsmethode) muss die granulometrische Cut-Size am Probenahmeingang konstant sein. Es ist allgemein bekannt, dass die Durchgangseffizienz eines Partikels mit dem aerodynamischen Durchmesser “ $d_a$ ” durch einen Impaktor eine Funktion einer einzigen dimensionslosen Variablen, genannt Stokes-Zahl, ist. Die Gleichung zwischen dem Wert der Variable und dem Wert des aerodynamischen Durchmessers  $d_a = \sqrt{\rho_p} \cdot d_p$  kommt von:

$$Stk = \frac{4 \cdot Q_{nozzle} \cdot d_a^2 \cdot C_c}{9 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d_{nozzle}^3}$$

mit:  $C_c$  ist der Cunningham’sche Korrektionsfaktor;  $Q_{nozzle}$  ist die volumetrische Betriebsdurchflussrate einer einzigen Düse,  $\eta$  ist die Luftviskosität,  $Stk$  ist die Stokes-Zahl,  $d_{nozzle}$  ist der Durchmesser einer Düse.

Daraus folgt, dass das Verhältnis  $\frac{Q_{inlet}}{\eta}$  konstant sein muss, um einen unveränderlichen Schnittdurchmesser “ $d_{50}$ ” (aerodynamische Durchmesser mit 50% Durchgangseffizienz) zu bekommen

*Probenahme bei einer konstanten volumetrischen Durchflussrate, repräsentiert durch den klassischen Betriebsmodus, kann eine fast konstante granulometrische Cut-Size sichern, nur für den Fall, das von vernachlässigbaren Luftviskositätsänderungen während der Probenahme.*

Auf der anderen Seite, wird bei Akkumulationsmethoden die zu messende Größe von der durchschnittlichen Konzentration “ $\bar{C}$ ” von der Schwebstaubmasse in einer Beobachtungszeit „ $T$ “ vertreten und wird durch die Gleichung ausgedrückt:

$$\bar{C} = \frac{1}{T} \int_0^T C(t) dt$$

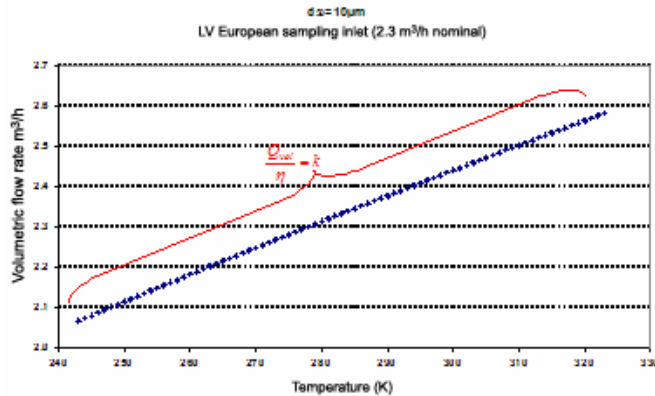
Bei den Akkumulationsmethoden, wird die Abschätzung von der durchschnittlichen Konzentration ausgeführt, durch Benutzung des Werts “ $C^*$ ”, der als Verhältnis zwischen der akkumulierten Probemasse und dem Probenvolumen definiert wird.

$$C^* = \frac{Mass}{Volume} = \frac{\int_0^T C(t) \cdot Q(t) dt}{\int_0^T Q(t) dt}$$

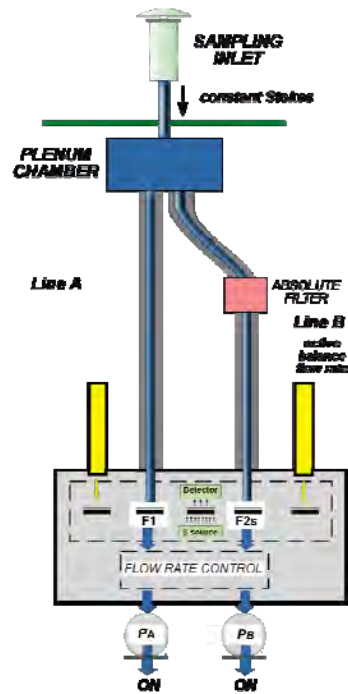
“ $\bar{C}$ ” and “C\*” entsprechen sich nur, wenn die Probeakkumulation auf dem Filter bei einer konstanten volumetrischen Durchflussrate durchgeführt wird.

Der “*Reference Mode Split constant Stokes number*”-Modus ermöglicht es die granulometrische Repräsentativität der Probe (konstante Stokes) und die Akkumulation bei einer konstanten volumetrischen Durchflussrate zu bekommen. Tatsächlich, wird die Luftprobe eines einzelnen Probekopf bei einem Durchflussratenwert gezogen, der eine unveränderliche granulometrische Schnittgröße garantiert.

Hinter dem Probenahmekopf, wird die Probe aufgeteilt zwischen Linie A, betrieben bei einer konstanten volumetrischen Durchflussrate “QA”, und Linie B, betrieben bei einem Durchflussratenwert “QB” (Ausgleichsdurchflussrate) um so zu sichern, dass das Verhältnis zwischen der Eingangsdurchflussrate und der Viskosität der Umgebungsluft konstant ist und äquivalent zu dem Sollwert, welcher die gewünschte granulometrische Cut-Size sicherstellt.



Die Konfiguration der Probenahmelinien des “*Reference Mode Split constant Stokes number*”-Modus wird in Abb. 3.3 gezeigt.



$$Q_{\text{inlet}} = Q_{\text{constant Stokes}} = Q_A + Q_B$$

$Q_A$  = konstante volumetrische Durchflussrate

$Q_B$  = Ausgleichs-Durchflussrate

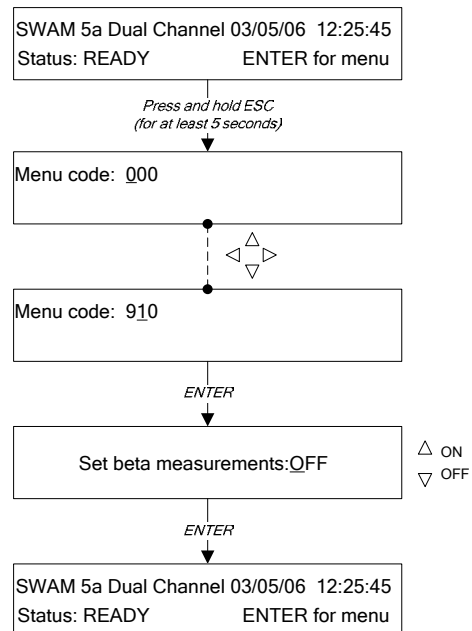
Abb.3.3



### 3.3 "SAMPLER" MODUS MIT DEAKTIVIERTER MASSENBESTIMMUNG

SWAM 5a Dual Channel Monitor kann auch als einfacher Sammler genutzt werden, wenn die Massenmessung ausgeschaltet wird. Für diesen Vorgang folgen sie dem folgenden Verfahren:

- Mit dem Gerät im READY-Status, drücken und halten sie den ESC-Knopf für mindestens 5 Sekunden um Zugang zum *Menu code* zu bekommen (Zugang zu den Hilfstools).
- Wählen sie *code 910* indem sie die Select-Knöpfe benutzen und drücken sie Enter um Zugang zu dem Tool zu bekommen, dass es erlaubt die Massenmessungen zu aktivieren oder zu deaktivieren.
- Benutzen sie die YES/NO-Knöpfe um „ON“ auszuwählen, um die Messungen zu aktivieren oder „OFF“ um sie zu deaktivieren und drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen.



## KAPITEL 4

### 4 4. FILTERMEMBRANMANAGEMENT

SWAM 5a Dual Channel Monitor kann automatisch und kontinuierlich den Ladevorgang der unbenutzten Filter, und die Schritte der Probenahme, Massenbestimmung und Entladung der Filter verwalten. Am Ende von jedem Probenahme- und Messzyklus werden die Probefilter sofort zum Entlademagazin bewegt und sind erreichbar für den Operator. Die maximale Autonomie des Geräts, ohne neue unbenutzte Filter hinzuzufügen, liegt bei 35 Filtern, wenn das Gerät mit dem Standardfilterlademagazin und –Entlademagazin ausgestattet ist (die Autonomie kann 72 Filter erreichen, wenn das Gerät mit dem Lademagazin und Entlademagazin mit 72 Filterhalter ausgestattet ist – optionales Zubehör, siehe Anhang 9).



Es ist jederzeit möglich, neue unbenutzte Filter hinzuzufügen und die benutzten Filter zu entfernen, ohne in den instrumentellen Betriebszyklus einzugreifen.

Die Bestandteile des Filtermembran-Managementtools sind:

- Filterhalter
- Lademagazin "unbenutzte Filter"
- Entlademagazin für "benutzte Filter"

#### 4.1 MODUL “FILTERBEWEGUNG”

Das Modul besteht aus:

- **Rotierende Scheibe** die es ermöglicht 6 Filtermembrane “F”, die 3 Spyfilter “S” und die 2 Referenzaluminiumfolien “R” (siehe Abb. 4.1) aufzunehmen. Auf der Scheibe ist außerdem ein Loch “A” für die Messung des Luft- $\beta$ -Flusses. Die Scheibe wird durch einen Schrittmotor bewegt und Elektronik kontrolliert.
- **Reserve „unbenutzte Filter“**: eine Fläche innerhalb des Geräts, zwischen der Scheibe und dem Laderboden, die 6 Filtermembrane aufnehmen kann.
- **Lademagazin Elektro-pneumatische Kolben** für das Laden und Entladen von Filtern
- **Elektro-pneumatische Filterpresskolben** zur Positionierung der Filter an der Probenahmelinie
- **Sensoren zu Positionierung der Scheibe**
- **Sensoren zur Filteranwesenheit** (ermöglicht es, zu kontrollieren, dass die Filter geladen wurden)
- **Sensoren zur Positionierung des Massenbestimmungssystems**

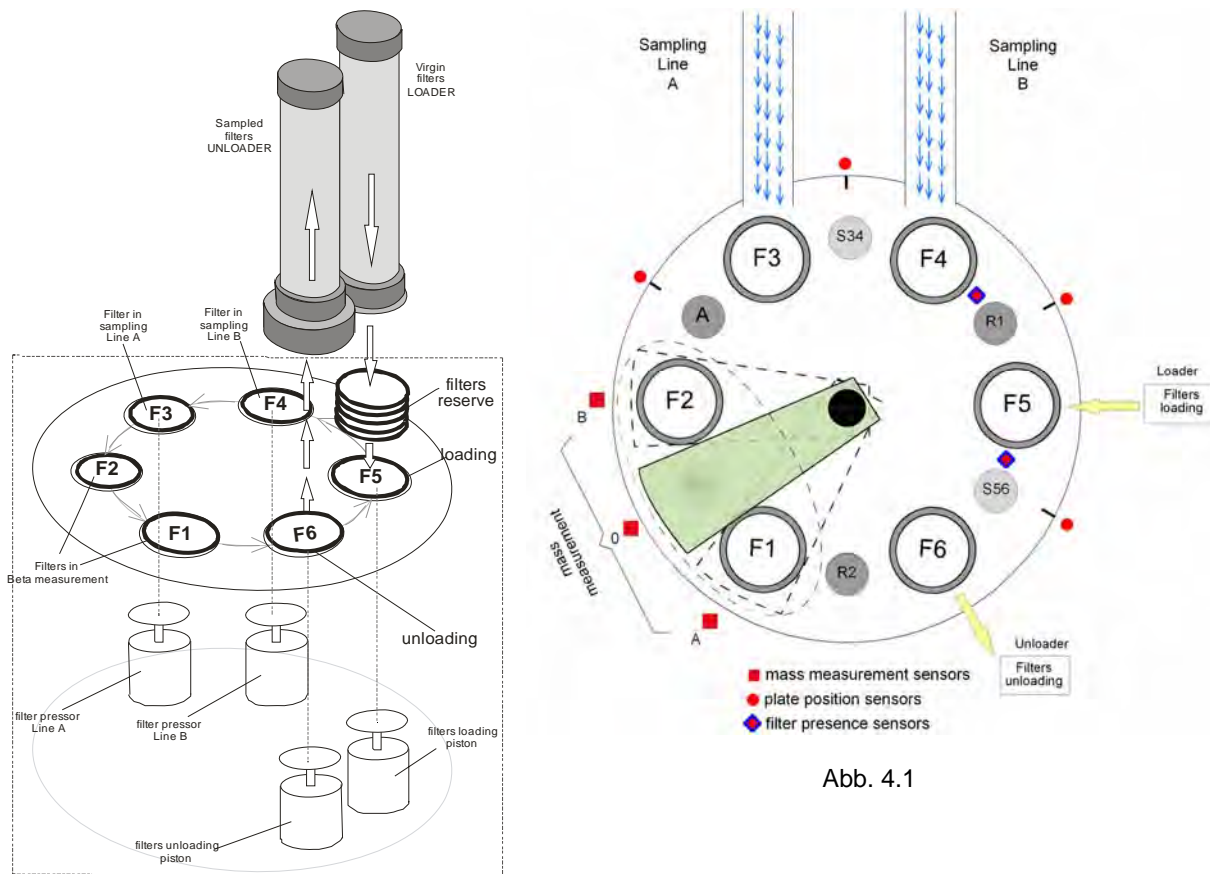


Abb. 4.1

Die Schemata, unten aufgeführt, zeigen eine Darstellung der Bewegungen der Filtermedien. Den Bewegungsabläufen, im Falle eines Startvorgangs geht eine Initialisierungsphase voraus:

- Einfügen der Filtermembran in das Lademagazin (mindestens 8 Filter, siehe Kap 4.8)
- Einfügung und Verschluss des Lademagazins in das Gerät
- automatische Befüllung der Reserve der „unbenutzte Filter“; wenn ein Lademagazin mit dem Gerät verbunden ist, werden die enthaltenen Filter runtergelassen, so dass die ersten 6 Filter die Reserve füllen (siehe Abb. 4.1a).

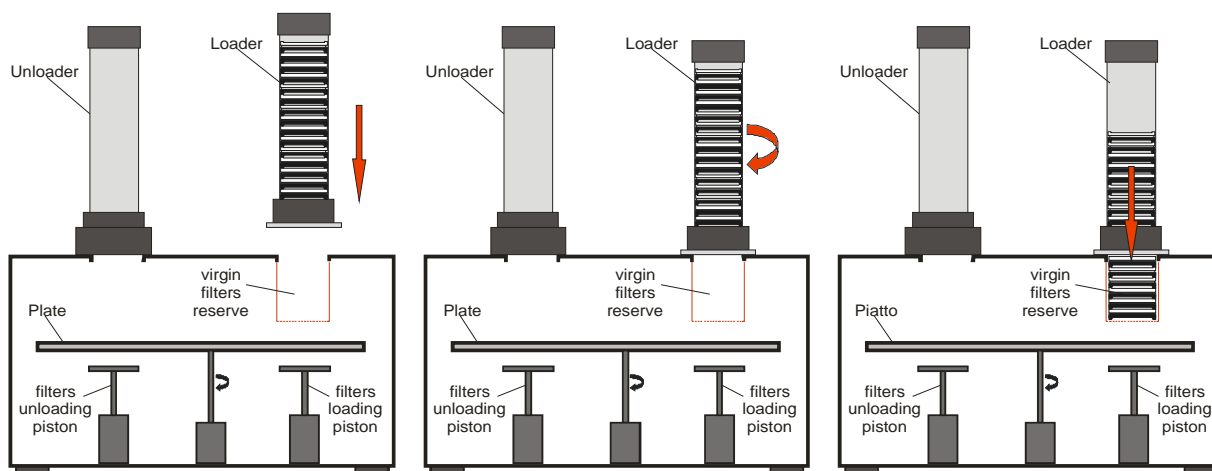


Abb. 4.1a

Nach diesem Schritt ist es möglich, die Probenahmezyklen zu programmieren (siehe Kap 5.8). Nach diesem Programmierungsschritt, bewegt das Gerät in Folge die sechs Filter Membrane der Reserve, von der Reserve zu der Scheibe Während jede Membran zu der Scheibe bewegt wird, wird der Stapel Filter von oben heruntergelassen. Unter dieser Bedingung sind sechs Filter auf der Scheibe und die anderen Filter (mindestens 2) sind in dem Reservelademagazinsystem. Nach der Filterladephase, führt das Gerät die Blank-Messungen auf den Membranen aus, die in den ersten beiden Probenahmezyklen benutzt werden (siehe Anhang 12). Zur programmierten Datum und Zeit startet das Gerät den Probenahmeprozess und führt die Blank-Messungen auf den Membranen aus, die im dritten Zyklus benutzt werden. Am Ende der Probenahme, führt das Gerät die collect-Messungen auf den Membranen aus, die in dem ersten Zyklus genutzt werden und startet gleichzeitig den Probenahmeprozess auf der nächsten Membran. Am Ende der Collect-Messungen werden die beprobten Filter zum Entlademagazin bewegt und exakt so viele unbenutzte Filter von der Reserve zu der Scheibe bewegt, um dort die vorherigen Filter zu ersetzen.

Das Gerät wiederholt das gesamte Set der Vorgänge (siehe Anhang 12) der entladenen, beprobten Filter, unbenutzte Filter werden geladen, Blankmessungen, Probenahme- und collect-Messungen bis die unbenutzte Filter in der Reserve sind. Wenn keine unbenutzte Filter in der Reserve sind, führt das Gerät kein Ladeverfahren aus und lässt die entsprechenden Positionen auf der Scheibe leer. Unter dieser Bedingung startet das Gerät ein Verfahren (siehe Kap. 5.9.2) das es zulässt mit dem Probenahmezyklus fortzufahren, durch Benutzung der Filter auf der Scheibe (2 Zyklen)

Am Ende dieses Verfahren geht das Gerät zurück in den Ready Status (siehe Kap. 5.3) und ist bereit für ein neues Programmierverfahren.

Um das Gerät als kontinuierlichen Monitor zu nutzen (Hauptanwendung), ist es absolut notwendig zu verhindern, dass die Reserve leerläuft, wenn neue unbenutzte Filter auf die Scheibe geladen werden (siehe Kap. 4.6), so dass das Gerät nicht mit dem Endverfahren anfängt. Tatsächlich gibt es während des Endverfahrens keine Möglichkeit den automatischen Stopp der Probenahme- und Messzyklen zu verhindern.

#### 4.2 ZUSAMMENSETZUNG „KOMPLETTER FILTER“

Ein gesamter Filter besteht aus einer Filtermembran, die in einem Filterhalter steckt, dieser besteht aus zwei runden Scheiben, die über eine Druckverbindung die Filtermembran halten

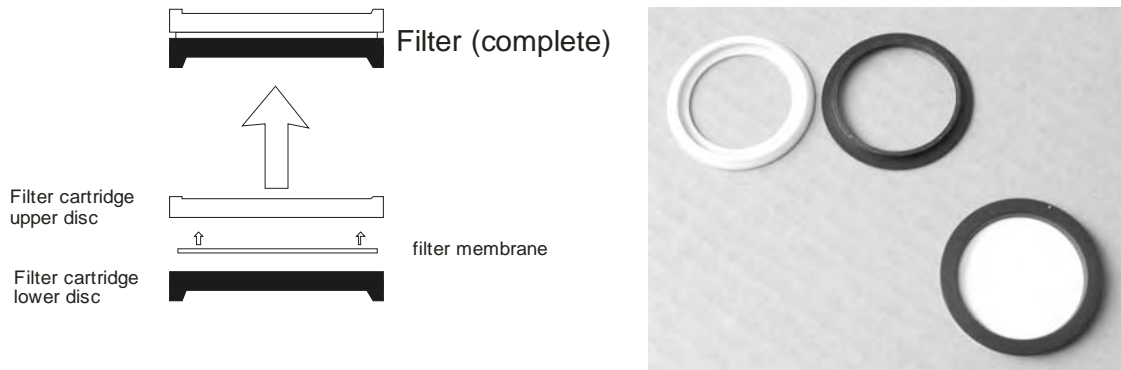


Abb. 4.2

### 4.3 AUSWAHL DES FILTERMEDIUMS

Die Methode für die Auswahl des zu benutzenden Filtermediums (Teflon, Glasfaser, Quarzfaser, etc.) beim SWAM 5a Dual Channel Monitor basieren auf der Optimierung der Durchführung der  $\beta$ -Massenmessung, auf der Auswahl der Probenahmebetriebsbedingungen und auf dem möglichen Bedarf von einer chemischen Analyse der Probe. Es gibt keine Vorgaben in den Massendichtewerten des benutzten Filtermediums, solange sie zwischen 0-9 mg/cm<sup>2</sup> liegen.

In Bezug auf die Optimierung der Massen- $\beta$ -Messung, ist der ausschlaggebende Faktor für die Wahl des Filtermediums verbunden derjenige, der verbunden ist mit seiner strukturellen Homogenität (der Massendichtenwert muss in allen Punkten der Filtermediumsektion, die von dem beta-Fluss passiert wird, homogen sein). Überdies, ist die Homogenität des Filtermediums essentiell um eine gleichförmige Ablagerung des Schwebstaubfilms zu gewährleisten.

Die anderen Faktoren, die die Filterwahl beeinflussen sind: die Probenahmebetriebsbedingungen, die erwartete PM<sub>x</sub>-Durchschnittskonzentration, die strömungs-dynamische Impedanz des Filtermediums und seine chemisch-physikalischen Eigenschaften.

#### Richtlinien

- a. ***SWAM 5a Dual Channel Monitor wird für die Massenkonzentrationsmessungen genutzt (Überwachungsnetzwerke, etc.) bei einer Betriebsdurchflussrate von 2.3 m<sup>3</sup>/h***

Bei diesen Bedingungen empfehlen wir Glasfaserfilter. Zum Beispiel "Whatman Schleicher & Schuell GF10 Ø 47mm" oder Glasfaserfilter mit äquivalenten Homogenitätsmerkmalen. Wir empfehlen die Benutzung dieser Filter, weil sie folgendes besitzen:

- eine passende Trenneffektivität
- einen geringen Druckverlust durch Beladung bei normalen Betriebsbedingungen
- eine hohe Ladekapazität
- eine geringes Hygroskopizitätslevel
- eine passende strukturelle Homogenität
- ein guter mechanischer Widerstand
- geringe Kosten

**b. SWAM 5a Dual Channel Monitor wird benutzt für Massenkonzentrationsmessungen als auch für Probenahme zur chemischen Analyse des Schwebstaub**

In diesem Fall, muss die Wahl des Filtermediums der beste Kompromiss zwischen analytischen Bedürfnissen, Massenmessqualität, Probenahmebetriebsbedingungen und Managementkosten sein.

**PTFE Filter**

Wenn die analytischen Bedürfnisse (ionische Merkmale, Spuren von Metall, etc.) die Benutzung von PTFE-Filtern benötigen, empfehlen wir "PALL Life Sciences Teflo™ Ø 47mm 1µm" oder Filter mit äquivalenten Merkmalen. Tatsächlich, hat dieser Filtertyp eine hohe strukturelle Homogenität. Wir empfehlen nicht den Gebrauch von PTFE-Filter mit einer Porosität höher als 1 µm, auf Grund des Vorhandenseins von Inhomogenität. Die Benutzung von dieser Art von Filtern erfordert eine umsichtige Wahl von strömungstechnischen Betriebsbedingungen, da sie einige Begrenzungen haben, wegen:

- Hohe Druckverlust durch Beladung des Filtermediums bei Standardbetriebsbedingungen
- Geringe Ladekapazität von akkumulierenden Schwebstaub bei optimalen Betriebsbedingungen
- Mögliche Blockade der durchlässigen Struktur der Filter unter Bedingungen, die relativ feucht sind (wegen der hydrophoben Beschaffenheit des Mediums).

Darum muss die Akkumulationdurchflussrate von jeder einzelnen Linie auf ziemlich kleinen Werten gehalten werden (z.B. 1 m<sup>3</sup>/h) und die Länge der Probenahmezyklen muss gewählt werden basierend auf dem erwarteten Durchschnittskonzentrationswert der Schwebstaub während des betrachteten Zeitraums und basierend auf den klimatischen Bedingungen.

Bei diesen Betriebsbedingungen ist das erreichbare Qualitätslevel bei PMx Massenkonzentrationsmessungen gleich oder höher als das mit Glasfaserfiltern bei einer Betriebsdurchflussrate von 2.3 m<sup>3</sup>/h erreichbar wäre.

**Quarzfaserfilter**

Wenn für analytischen Bedarf (organischer und anorganischer Kohlenstoff, etc.) Quarzfaserfilter gebraucht werden, bedenken sie bitte, dass diese einige strukturelle Einschränkungen haben. Insbesondere, haben sie eine geringere Homogenität im Vergleich zu Glasfaserfiltern und PTFE-Filtern, einen geringeren mechanischen Widerstand und ein höheres Hydriskopizitätslevel, welches unter besonderen RH-Bedingungen (Werte nahe an der Sättigung oder extrem niedrige Werte) positive oder negative Ausweichung, in der Bestimmung von Konzentrationswerten von Schwebstaub hervorrufen kann.

Dank der „Spy Filter“ Technik in SWAM5a Dual Channel werden die Massenkonzentrationswerte in guter Qualität erreicht, vorausgesetzt sie wählen Filter mit hoher struktureller Homogenität, wie z.B. „Whatman Schleicher & Schuell QF20 Ø 47mm“ aus. Speziell im „Reference Mode“ (siehe Kap. 3.2) erreicht man einen höheren Qualitätsstand der Massenkonzentrationsdaten dank des Vorhandenseins des Feldblindwerts (dynamischer Spyfilter).

Wegen der Wichtigkeit der benutzten Filtertypen für die Qualität der Leistung des Geräts, kontaktieren sie bitte FAI Instruments srl wenn sie andere Filter als die empfohlenen verwenden.

#### 4.4 AUSWAHL FILTERHALTER ( $\beta$ -äquivalenter Spotbereich)

Die Massenmessungen unter Verwendung der  $\beta$ -Abschwächungsmethode basieren auf der Bestimmung der Oberflächendichte. Diese, mit der gleichen Quantität der gesammelten Schwebstoffteilchen, steht in einem umgekehrten Verhältnis zur nutzbaren Anreicherungsoberfläche. In dem speziellen fall von SWAM 5a Dual Channel ist die nutzbare Messoberfläche ungefähr 2 cm<sup>2</sup> groß.

Aus diesem Grund kann SWAM 5a Dual Channel Monitor Filterhalter mit  $\beta$  äquivalenter Spotbereich von 11.95 cm<sup>2</sup> to 5.20 cm<sup>2</sup> bei einer Betriebsdurchflussrate von 2.3 m<sup>3</sup>/h und von 11.95 bis 2.54 cm<sup>2</sup> bei einer Betriebsdurchflussrate von 1 m<sup>3</sup>/h benutzen. Die Möglichkeit andere  $\beta$  äquivalente Spotbereiche auszusuchen ermöglicht das Signal/Rausch-Verhalten zu optimieren, abhängig von dem zu erwarteten Konzentrationslevel des Probenahmegebiet, der betrachteten Jahreszeit, von der Impedanz und der Ladekapazität des benutzen Filtermediums.

Als Hinweis für Glas- oder Quarzfaserfilter - diese haben eine recht geringe strömungstechnische Impedanz und eine ausreichend hohe Ladekapazität, daher benutzen sie besser, wenn möglich (siehe Tab. 1) geringere  $\beta$  äquivalente Spotbereiche

**Wenn sie, für analytischen Bedarf, Teflonfilter mit einer Durchlässigkeit von 1 $\mu$ m benutzen wollen, müssen sie Filterhalter mit 11.95cm<sup>2</sup>  $\beta$  äquivalenter Spotbereich benutzen.**

**ANMERKUNG:** Beim Gerätestart ist es nötig, die nutzbare Probenahme- und Messoberfläche ( $\beta$ -äquivalenter Spotbereich) des benutzen Filterhaltertyps (siehe Kap 5.5) zu parametrieren.



Filter	Probenahme- durchflussrate [m <sup>3</sup> ]	Erwartete maximale Konzentration [µg/Nm <sup>3</sup> ]	<i>β</i> äquivalenter Spotbereich [cm <sup>2</sup> ]
Glasfaser	1	< 80	2.54
	2.3	< 80	5.20
	2.3	80 ÷ 150	7.07
	2.3	> 150	11.95
Quarzfaser	1	< 80	2.54
	2.3	< 80	5.20
	2.3	80 ÷ 150	7.07
	2.3	> 150	11.95
Teflon	1	--	11.95

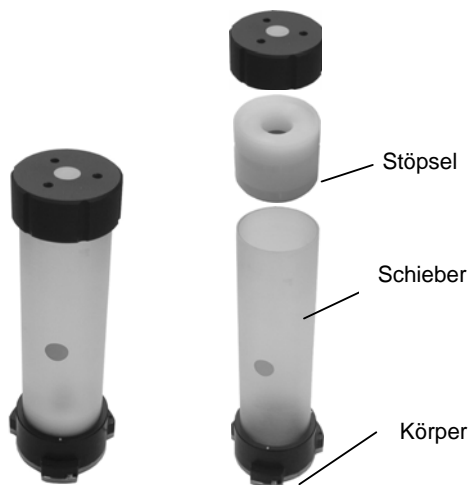
Tabelle 1

Die gezeigten Daten in der Tabelle oben beziehen sich auf einen 24 Stunden langen Probenahmezyklus

#### 4.5 FILTER: LADE- UND ENTLADEMAGAZINE

##### Lademagazin

Das *Lademagazin* besteht aus einem weißen halbdurchsichtigen zylindrischen Körper, einen weißen Kunststoffschieber innerhalb des Lademagazins und einem schwarzen Stöpsel, markiert durch einen gelben Kreis, und passend zu dem gelben Kreis auf dem Lademagazinkörper.

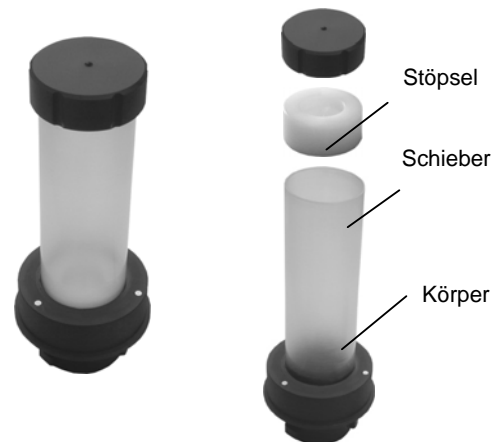


##### ANMERKUNG:

Der Schieber muss in dem Lademagazin mit der hohlen Oberfläche nach oben platziert werden. Er enthält einen Magnet, der ein Zungenrelais steuert, welches das Fehlen von unbenutzten Filtern im Lademagazin anzeigt.

##### Entlademagazin

Das Entlademagazin besteht aus einem weißen halbtransparenten zylindrischen Körper, mit einem weißen Kunststoffschieber und einem schwarzen Stöpsel.



##### ANMERKUNG:

Der Schieber muss in dem Entlademagazin platziert sein, mit der hohlen Oberfläche nach oben.

**WARNUNG:** Tauschen sie nicht die beiden schwarzen Lademagazin- und Entlademagazinstöpsel gegeneinander aus.

#### 4.6 BEMERKUNG ZUR GERÄTEAUTONOMIE

Um die Autonomie der Gerätzyklen festzustellen ist es nötig, an folgendes zu denken:

- Die rotierende Scheibe innerhalb des Geräts (siehe Kap. 4.1) hat 6 Gehäuse
- Die interne Reserve des Geräts (siehe Kap. 4.1) enthält 6 Filter
- Beim ersten Start des Geräts werden 10 Filter vom Lademagazin entnommen, wobei 6 auf die rotierende Scheibe geladen werden, 4 davon in der internen Reserve (siehe Anhang 12)
- Hinzufügen von neuen unbenutzten Filter, ohne die Probenahme- und Messzyklen zu stoppen ist möglich bis das Gerät den Endstatus erreicht (siehe Kap 5.9.2)
- Die maximale Lademagazin und Entlademagazinkapazität beträgt 35 Filter für das Standardlade-/Entlademagazin oder auf 72 Filter für die besonderen Lade-/Entlademagazine (siehe Anhang 9).
- Auf Monitor A&B und im Referenzmodus werden 2 Filter genutzt für jeden Probenahme und Messzyklus (siehe Anhang 12)
- Auf Monitor A- oder Monitor B-Modus wird 1 Filter für jeden Probenahme- und Messzyklus benutzt. Beim ersten Start werden 3 der 6 auf die Scheibe geladenen Filter nicht für die Probenahme genutzt und dienen als zusätzliche Spyfilter (siehe Anhang 12). Diese Filter werden am Ende des Endverfahrens entladen (siehe Kap. 5.9.2) oder wenn der Probenahmezyklus stoppt (Abbruch, siehe Kap 5.9.1)



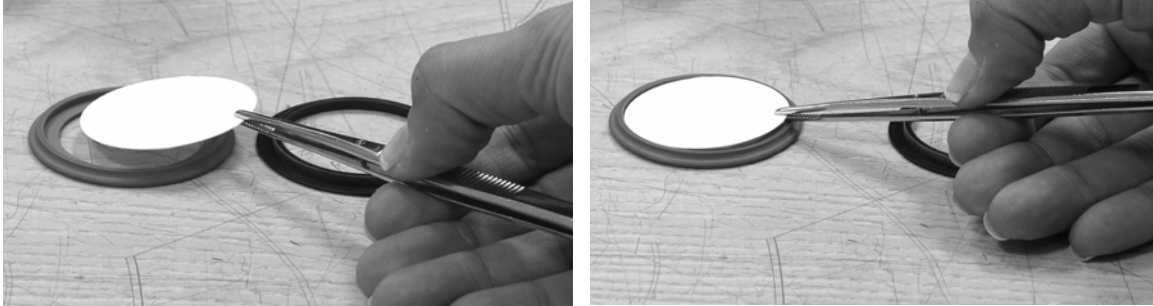
Um die Überfüllung des Entlademagazins zu verhindern, entfernen sie die entladenen Filter, bevor neue unbenutzte Filter hinzugefügt werden und fügen sie so viele Filter hinzu, dass die totale Anzahl an Filtern (Lademagazin, Reserve, Scheibe) nicht die maximale Kapazität des Entlademagazins übersteigt.

Die Tabelle unten zeigt die instrumentelle Autonomie, abhängig vom programmierten Betriebsmodus:

Modus	Anzahl von Ladefiltern	Autonomie ausgedrückt in Tagen, bevor das Gerät in Reserve geht (siehe Anmerkung 1)
Monitor A&B	36	14
	72	32
Monitor A	36	28
	72	64
Referenzmodus	36	14
	72	32

#### 4.7 EINSETZEN DER FILTERMEMBRANEN IN DIE FILTERHALTER

Die Filtermembran muss in das passende Gehäuse der oberen Platte eingesetzt werden.



Sobald die Filtermembran eingesetzt wurde, stecken sie die untere Platte des Filterhalters auf die obere, wie in Abbildungen 4.2a und 4.2b gezeigt. Dann drücken sie mit den Fingern überall am Rand, bis die 2 Platten vollständig aufeinander gedrückt sind.



Abb. 4.2a



Abb. 4.2b



Abb. 4.2c

Sobald die beiden Platten aufeinander gedrückt sind, ist der untere Teil des ganzen Filter hohl (siehe Abb. 4.2d). Beim Einlegen der Filter in das Lademagazin, stellen sie sicher, dass jede Filterhalter mit dem hohlen Teil nach unten zeigt (siehe Kap. 4.5 „Filter: Lade- und Entlademagazine“).

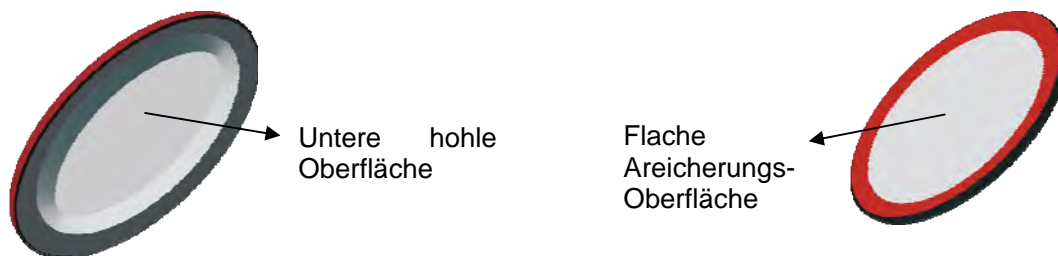


Abb. 4.2d



Abb. 4.2e



Die Farbe der Filterhalterscheiben ist nicht relevant für ihre korrekte Position innerhalb des Lademagazins. FAI Instruments stattet Filterhalter mit unterschiedlichen Farbekombinationen aus (weiß-schwarz, weiß-weiß, etc.). Das wichtige Element für die korrekte Position der Filterhalter ist die Oberflächenform. Der komplette Filter muss in dem Lademagazin mit der hohlen Seite nach unten eingeführt werden, da die hohle Form der unteren Scheibe zu der oberen Oberfläche der Lade- und Entladekolben und des Filterschieber passt (siehe Kap 4.1 und 4.8).

**4.8 EINLEGEN DER UNBENUTZTEN FILTER IN DAS “LADEMAGAZIN”**

Um die unbenutzte Filter in das Lademagazin einzusetzen (nicht austauschbar mit dem Entlademagazin), entriegeln sie das Lademagazin, drehen es gegen den Uhrzeigersinn und stellen sicher, dass jeder Filterhalter in den unteren Teil des *Lademagazins* eingeführt wird mit der hohlen Seite nach unten. Es ist wichtig, die Filtereinlegerichtung zu beachten, wenn man bedenkt, dass sie abhängig von ihrer Startposition innerhalb des Lademagazins geladen werden. In allen Betriebsmodi – außer Monitor Mode Linie A and Monitor Mode Linie B – muss die Filtereinsetzung erfolgen wie in Abb. 4.3 gezeigt (Filter A – Filter B)

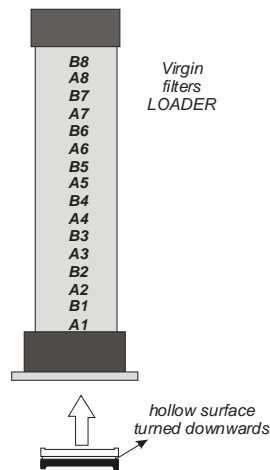


Abb. 4.3

Im *Monitor Mode Linie A* and *Monitor Mode Linie B* muss die Filtereinsetzung erfolgen, wie in Abb. 4.4 gezeigt. Die ersten drei geladenen Filter auf der Scheibe, werden nicht in den Akkumulationsphasen verwendet und dienen als zusätzliche Spylfilter. Alle Filter, die als Nächstes geladen werden, werden für die Probenakkumulation genutzt.

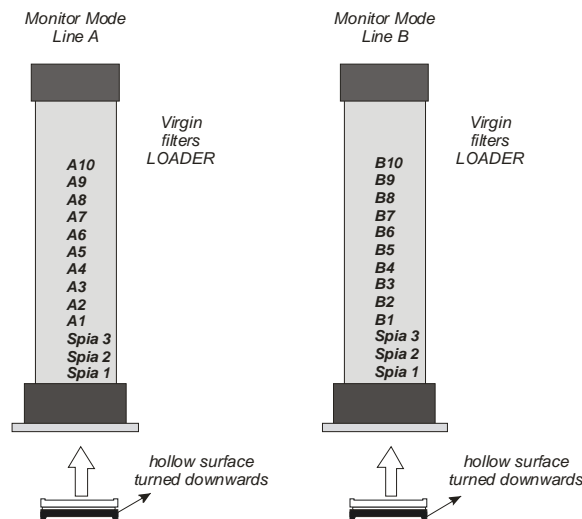


Abb. 4.4

Für das Filtereinlegen in das *Lademagazin* nutzen sie den passenden Zusatz (Abb. 4.5A), geliefert mit dem Gerät. Legen sie die Filterhalter darauf mit der hohlen Seite nach unten und heben sie das *Lademagazin* darauf wie in Abb. 4.5B gezeigt.



Abb. 4.5A



Abb. 4.5B

Wenn das *Lademagazin* nicht leer ist und sie möchten neue unbenutzte Filter, unter Beachtung auf die Ordnung der Filter, die bereits im *Lademagazin* sind hinzufügen empfehlen wir entsprechendes Zubehör zu benutzen (Abb. 4.5 C, nicht enthalten in der Standardausstattung des Geräts) und folgen sie diesem Verfahren:

- 1- Setzen sie das Zubehörteil für das Entriegeln der Filter zusammen, in dem sie den Ring (b) auf das Zubehörteil für das Filtermagazin (a) setzen.
- 2- Setzen sie das *Lademagazin* darauf
- 3- Drehen sie das *Lademagazin* im Uhrzeigersinn, halten sie bei den öffnenden Ring (b) mit der Hand
- 4- Heben sie das *Lademagazin*; achten sie auf den Filterstapel
- 5- Nehmen sie den Schieber (c) heraus und fügen sie neue unbenutzte Filter zu dem Stapel dazu
- 6- Bevor sie die Filter in das *Lademagazin* laden, fügen sie den Schieber wieder hinzu, mit der hohlen Seite nach unten.

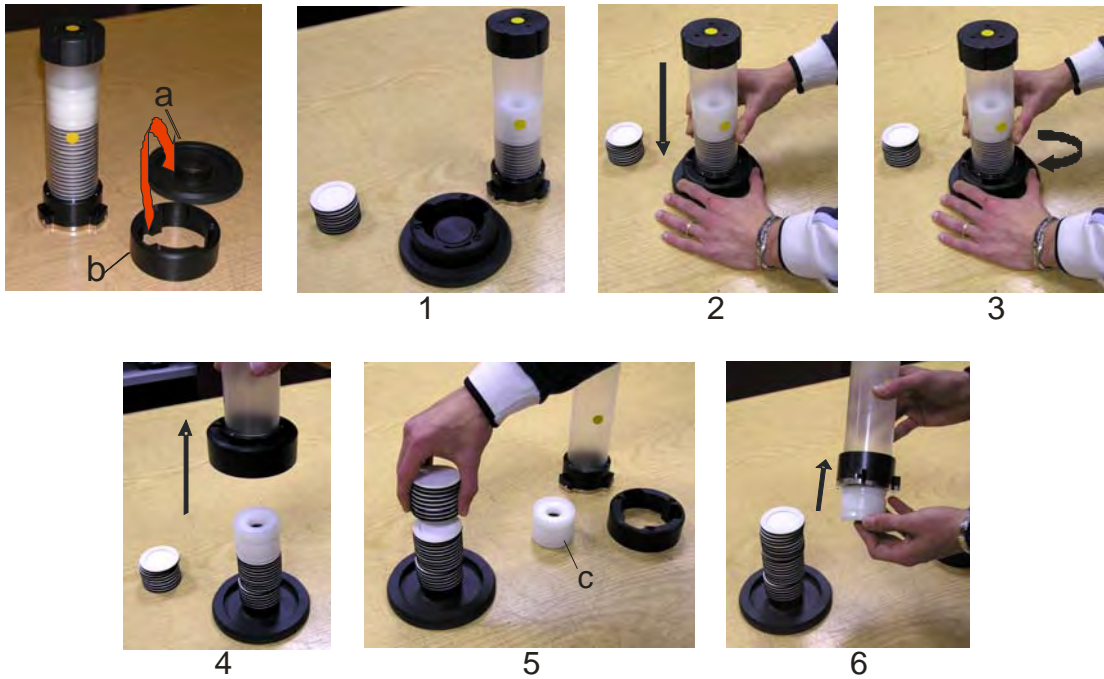


Abb. 4.5C



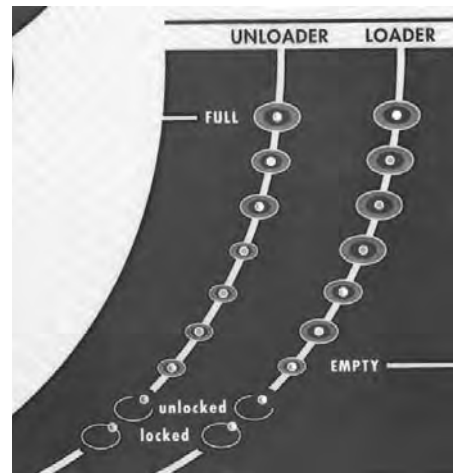
Es ist möglich, neue unbenutzte Filter in das *Lademagazin* hinzuzufügen, sogar während der Probenahme, ohne den Zyklus zu unterbrechen.



Um die Probenahme und Messzyklen zu starten, setzen sie mindestens 8 unbenutzte Filter in das *Lademagazin* ein.

Nachdem die unbenutzten Filter geladen wurden, setzen Sie das *Lademagazin* in den passenden Platz ein (rechts von vorne gesehen), drehen sie es im Uhrzeigersinn mit einer entschlossenen Bewegung, bis sie das Einrasten des mechanischen Blocks hören. Dieser Vorgang öffnet das Verschlusssystem des *Lademagazins*, der die Filter nach unten zu der Probenahmeinheit lässt.

Auf dem *LOADER*-Kontrollfeld leuchtet die grüne LED *locked* auf und gleichzeitig geht die rote LED *unlocked* aus. Unter diesen Bedingungen ist die *EMPTY*-LED aus und der grüne LED, welche die Präsenz von Filtern im *Lademagazin* signalisiert, leuchtet, um darauf hinzuweisen, dass die Filter geladen wurden.



Die gelbe LED auf dem *LOADER*-Kontrollfeld signalisiert, dass die Filter ausgehen. Wenn das *Lademagazin* leer ist, leuchtet die rote *EMPTY*-LED auf.



#### 4.9 ENTNAHME DER FILTERMEMBRANEN AUS DEM ENTLADEMAGAZIN

Am Ende von jedem Probenahme- und Messzyklus, werden sofort die behandelten Filters des Entlademagazins. Die Filter innerhalb des Entlademagazins werden in derselben Ordnung wie in Abb. 4.5D gezeigt, abhängig von dem genutzten Probenahmemodus eingelegt.

In dem Modi *Monitor Mode Linie A* und *Monitor Mode Linie B*, werden die drei Spyfilter nur am Ende der *End-phase* (siehe Kap. 5.9.2) oder am Ende *Abort-verfahrens* entladen (siehe Kap. 5.9.1)

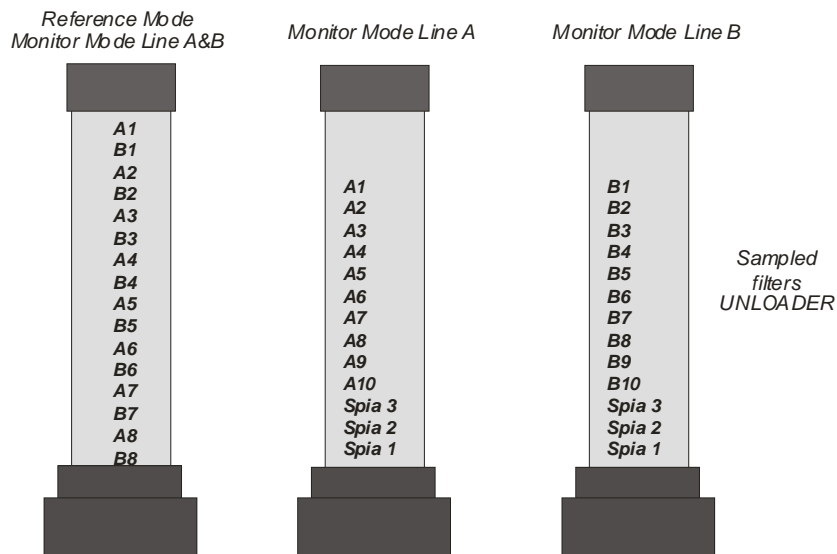


Abb. 4.5D



**Bei jedem Laden der unbenutzten Filter müssen alle Filter, die schon geprobt wurden, entladen werden, um zu verhindern, dass das *Entlademagazin* überladen wird.**

Um die Filter aus den *Entlademagazin* für beprobte Filter herausziehen, folgen sie den folgenden Schritten:

- Entriegeln sie das *Entlademagazin*, indem sie ihn gegen den Uhrzeigersinn drehen
- Kippen sie schnell das Entlademagazin (Abb. 4.6A)
- Halten sie es auf dem Kopf und stellen ihn auf eine Oberfläche (Abb. 4.6B)
- Nehmen sie vorsichtig das Rohr von dem Stöpsel und heben ihn vorsichtig an um den Filterstapel beizufügen (Abb. 4.6C).



Abb., 4.6A



Abb. 4.6B



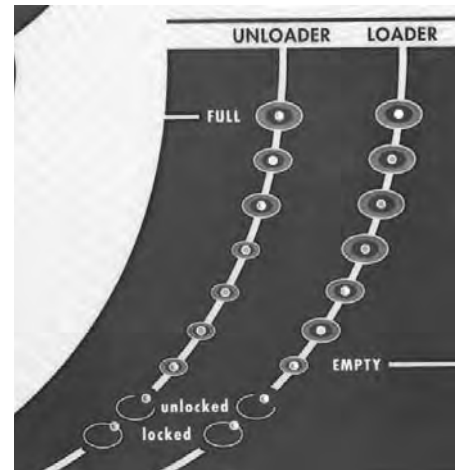
Abb. 4.6C



Bevor wieder neue Filter in den *Entlademagazin* auf den passenden Platz gesetzt werden, stellen sie sicher, dass der Schieber richtig eingesetzt wurde (siehe Abb. 4.6).

Um die beprobten Filter in das *Entlademagazin* auf den richtigen Platz einzusetzen (von vorne gesehen links) drehen sie es im Uhrzeigersinn, bis sie das Einrasten des mechanischen Blocks hören.

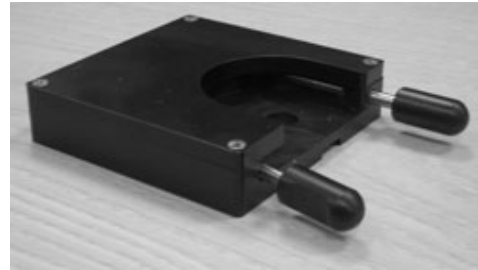
Auf der UNLOADER-Kontrollfeld leuchtet die grüne LED *locked* auf und gleichzeitig geht die rote LED *unlocked* aus. Das UNLOADER-Kontrollfeld zeigt die fortschreitende Füllung des Entlademagazin an, bis die maximale Kapazität erreicht ist, die die rote LED FULL aufleuchten lässt.



Das Entnehmen des *Entlademagazins* für mehr als 10 Sekunden bewirkt, dass das Gerät annimmt, dass alle Filter entladen sind und nach dem Wiedereinsetzen das Magazin als leer betrachtet wird.

#### 4.9.1 Entfernung der Membran aus dem Filterhalter

Um die Filterhalter schnell und einfach zu öffnen, empfehlen wir das passende Gerät von FAI Instruments zu benutzen (**Abb. 4.7**, Zubehör nicht beinhaltet in der Standardaustattung des Geräts – siehe die iListe für optionales Zubehör und Ersatzteile in Anhang 9).



Stecken sie den kompletten Filter in das passende Gehäuse und drücken sie den Hebel, der die beiden Scheiben des Filterhalters trennt.

Abb. 4.7

Um die Filtermembran von dem Filterhalter zu lösen:

Setzen sie die Filterhalter in das passende Gehäuse **mit der beprobten Oberfläche des Filters nach unten**.



Abb. 4.8

Drücken sie feste den Hebel, so dass die beiden Scheiben getrennt werden.



Abb. 4.9

Entfernen sie die obere Scheibe.



Abb. 4.10

Benutzen sie eine Pinzette, um die Filtermembran aus der Filterhalter zu ziehen wie in Abb. 4.11 und 4.12 gezeigt.



Abb. 4.11

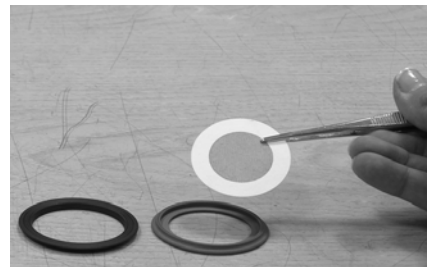


Abb. 4.12

**ANMERKUNG:**

Das Bild der Probe auf dem Filter muss homogen sein und die Umrisse der Probenoberfläche müssen stark umrissen sein (siehe Abb. 4.13, Probe der 7.07cm<sup>2</sup>  $\beta$ -Spotbereich).

Wenn das Probekbild klare Inhomogenitäten hat, weil z.B. Kondensationswasser aufgetreten ist (siehe Abb. 4.14), legen sie das Kondensations sammelsystem trocken (siehe Kap. 8.1.2).

Wenn die Umrisse der Probenoberfläche nicht stark umrissen sind (siehe Abb. 4.15), könnten Probleme mit der Dichtung des Filter-Halter/Filter-Schieber System sein: in diesem Fall kontaktieren sie bitte FAI Instruments srl.

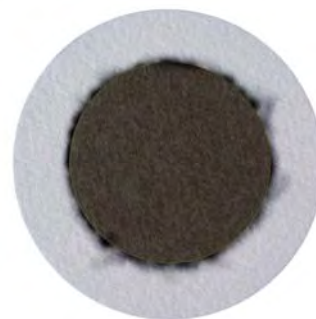
In beiden Fällen (Abb. 4.14 und 4.15) müssen die Daten der Massenkonzentration des Filters als ungültig erklärt werden.



4.13



4.14



4.15

#### 4.10 AUTOMATISCHE KONTROLLEN WERDEN AUF DIE FILTERMEMBRAN GELADEN

Wenn ein Filterhalter, falsch herum oder ohne Filtermembran in das Lademagazin gesteckt wird, geht das Gerät, abhängig von dem programmierten Betriebsmodus wie folgt vor (siehe Kap. 3):

- In den Modi "Monitor Mode Linie A" und "Monitor Mode Linie B" wird der entsprechende Filterhalter entladen und durch eine neue unbenutzten Filter ersetzt (die nächste in die Reserve).
- In den anderen Modi, bei denen beide Linien aktiv sind, wird das betroffene Paar an Filterhaltern ersetzt. Das Entladepaar wird durch eines ersetzt, das in der Reserve stand.

In beiden Fällen wird dieses Ereignis in Buffer Data gespeichert und durch eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 10, siehe Anhang 9).

## KAPITEL 5

### 5 5. PROBENAHMEZYKLEN

#### 5.1 GERÄT: BENUTZER-OBERFLÄCHE



<b>ENTER</b>	Ermöglicht den Dateneingabe und/oder Start von Funktionen
<b>ESC</b>	Ermöglicht zum vorherigen Menü zurückzukehren, bis zur obersten Ebene und löscht numerische Eingaben
<b>YES / NO</b>	Ermöglichen vorgeschlagene Wahlmöglichkeiten zu bejahen oder verneinen, oder Werte auswählen
<b>SELECT</b>	Ermöglicht es, das Menü durchzuscrollen
<b>ESC + NO</b>	Durch das gleichzeitige Drücken der Knöpfe, wird das Gerät zurückgesetzt

5.2 KONTROLLEN UND ANZEIGEN

<b>STATUS</b>	<p>Grüne LED (OK) - keine Unregelmäßigkeiten          Gelbe LED (Warnung) - Alarm-/Warnsituationen          Rote LED (Alarm) - Gerätestörung</p>
<b>SERVICE AIR</b>	<p>Gelbe LED (Überdruck) – Überdruck der Betriebsdruckluft          Grüne LED (OK) – optimale Betriebsdruckluft          Rote LED (Unterdruck) – Druck d. Betriebsdruckluft zu niedrig</p>
<b>BATTERY LEVEL</b>	<p>Grüne LED (OK) – volle Batterie          Rote LED (Low) – leere Batterie</p>
<b>LOADER</b>	<p>Gelbe LED – Fast leeres Filterlademagazin          Aufleuchtende grüne LED – zeigt an, dass die unbenutzten Filter geladen werden          Grüne LED – gefülltes Lademagazin mit unbenutzte Filtern          Grüne LED (verschlossen) – Filterlademagazin richtig eingesetzt          Rote LED (unverschlossen) – Filterlademagazin nicht eingesetzt          Rote LED (VOLL) – volles Entlademagazin für beprobte Filter</p>
<b>UNLOADER</b>	<p>Gelbe LED – volles Entlademagazin für beprobte Filter          Grüne LED – volles Entlademagazin für beprobte Filter ist leer bzw. kann Filter aufnehmen          Grüne LED (verschlossen) – Entlademagazin richtig volles eingesetzt          Rote LED (unverschlossen) – Entlademagazin nicht eingesetzt</p>
<b>PNEUMATIC MODULE</b>	<p>Grüne LED –Pneumatisches Modul richtig eingesetzt          Red LED – Pneumatisches Modul nicht eingesetzt</p>
<b>PUMP A</b>	<p>Grüne LED – Vakuumpumpe Linie A läuft</p>
<b>PUMP B</b>	<p>Green LED – Vakuumpumpe Linie B läuft</p>

### 5.3 BETRIEBSSTATUS

<b>STATUS: READY</b>	Das Gerät ist bereit einen Probenahme- und Messzyklus zu starten. Es ist möglich Daten zu lesen, die Gerät- und Probenahmeparameter zu definieren, Tests und Checks durchzuführen.
<b>STATUS: DELAY</b>	Das Gerät wurde programmiert (start) und wird den Probenahme- und Messprozess zu dem eingestellten Datum und Zeit beginnt. Es ist möglich, die Daten zu lesen und einige instrumentelle Parameter zu modifizieren. Falls notwendig, können sie das Startverfahren anhalten.
<b>STATUS: SAMPLING</b>	Das Gerät nimmt Proben und misst. Es ist möglich, Daten und Informationen bzgl. der Probenahme- und Massenmessung zu lesen. Falls notwendig, können sie das Probenahmeverfahren anhalten.
<b>STATUS: ENDING</b>	Keine Filter im Lademagazin und in der Reserve für die Fortsetzung des programmierten Zyklus, der Probenahme und Messprozess läuft weiter, bis der letzte Filter auf der Scheibe ist.
<b>STATUS: ALARM</b>	Die Gerätefunktionalität wurde herabgesetzt durch eine Unregelmäßigkeit, die eine Unterbrechung des Probenahme- und Messzyklus verursacht. Nachdem die Gründe für die Unregelmäßigkeit entfernt wurden, setzen sie das Gerät zurück, indem sie die zwei Knöpfe ESC + NO [▼] gleichzeitig drücken. So wird das Gerät zurück in den Readystatus gesetzt.
<b>STATUS: TEST</b>	Das Gerät führt die automatischen Test zu dem Servomechanismus und der Sensorfunktionalität, an dem pneumatischen Kreislauf und dem Massenmesssystem, aus.

#### 5.3.1 Gerät in Probenahme

Das Gerät arbeitet in aufeinander folgenden **Zyklen**. Die Dauer eines Zyklus, entspricht der Dauer des ausgeführten Probenahmeprozesses auf jeder Filtermembran (*Timing*: 8-12-24-48-72-96-120-144-168 Stunden).

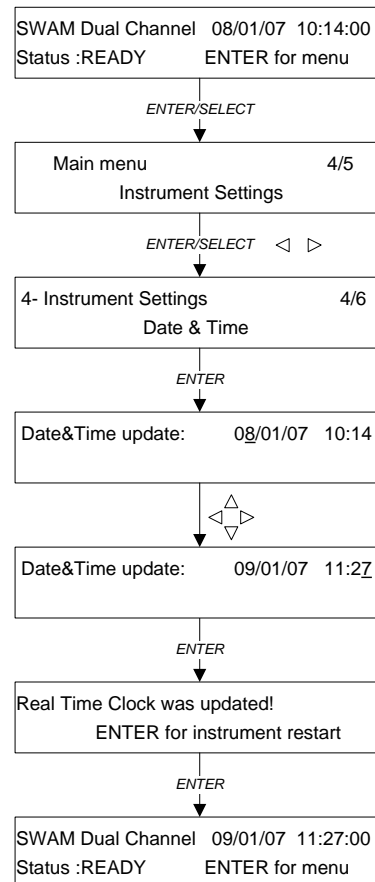
Die Schwebstaubproben werden auf den Membranen gesammelt und der Massenbestimmungsprozess wird anschließend ausgeführt. Während jeder Messung auf einem Membranpaar, befindet sich das darauf folgende Membranpaar in der Probenahme.



### 5.4 DATUMS- UND ZEITEINSTELLUNG

Bevor der Probenahme- und Messzyklus gestartet wird, ist es nötig, Datum- und Zeiteinstellung des Geräts zu aktualisieren. Um Datum und Zeit einzustellen, folgen sie dem untenstehenden Verfahren:

1. Mit dem Gerät im READYstatus, drücken sie ENTER um Zugang zum Hauptmenü zu bekommen.
2. Benutzen sie die Selectknöpfe um das Menü „Instrument Settings“ auszuwählen und drücken ENTER um Zugang zu bekommen.
3. Benutzen sie die Selectknöpfe, wählen sie „Date Time“ aus und drücken ENTER.
4. Benutzen sie die Selectknöpfe, bewegen sie den Cursor zu der zu ändernden Zahl (um eine Zahl des Datums zu verändern, verwenden sie die YES/NO Knöpfe).
5. Sobald das korrekte Datum und Zeit eingestellt wurden, drücken sie ENTER.
6. Drücken sie erneut ENTER um das Update von Datum und Zeit zu bestätigen und warten sie bis das Display wieder das Hauptmenü anzeigt.



Anmerkung: Das Updaten von Datum und Zeit kann nur vorgenommen werden, wenn sich das Gerät im READY-Status befindet.

## 5.5 EINSTELLUNG DER PROBENAHRME- UND MESSPARAMETER (Geräteeinstellung)

Bevor der Probenahmezyklus beginnt, ist es nötig die Parameter, die für Probenahme- und Massenbestimmung relevant sind, einzustellen. Die programmierbaren Parameter in dem Menü *Instrument Setting* (siehe Abb. 5.1) sind:

*Probenahmeparameter für eine einzige Probenahmelinie A und/oder B*

- Betriebsdurchflussrate der Probenahme in m<sup>3</sup>/h (im Bereich 0.8÷2.5 m<sup>3</sup>/h).
- Minimalwert des prozentuellen Verhältnisses " $Q_{operative} / Q_{nominal}$  %" zwischen Betriebs- und Soll-durchflussrate.

Zum Beispiel: Bei einer Soll-Durchflussrate von 2.3 m<sup>3</sup>/h und einem eingestellten Wert von 90 zeigt das Display sowie der Buffer Data eine Warnmeldung, sobald die Betriebsdurchflussrate unter 2.07 m<sup>3</sup>/h fällt (Warnung 6, siehe Anhang 8).

- Minimaler und maximaler Filterdruckverlust in kPa (im Bereich 0÷60 kPa). Das Erreichen des minimalen und maximalen Verlusts während des Probenahmezyklus wird angezeigt und in *Buffer Data* gespeichert mit der Warnmeldung (Warnungen 4.5.7.8 – siehe Anhang 8). Um die Unversehrtheit des durchlässigen Stützgewebes des Filterpaares zu erhalten, stoppt das Instrument automatisch die Absaugpumpe, wenn der Filterdruckverlust niedriger als 4 kPa bei einem Durchflussratenwert von 2,3 m<sup>3</sup>/h ist. Eine richtige Wahl des zu programmierenden Grenzwertes muss auf der Analyse von vorherigen Felddatenwerten basieren. Normalerweise ist es notwendig, um den maximalen Filterbelag zu programmieren, sich daran zu erinnern, dass der Wert von dem Konzentrationswert, den meteorologischen Probenahmebedingungen, dem Filtermediumtyp und dem eingesetzten  $\beta$ -äquivalenter *Spotbereich* abhängig ist.
- Nutzbare Probenahme und Messoberfläche, abhängig von Filterhaltertyp der auf der Probenahme Linie eingesetzt wird. (siehe Kap. 4.4)

*Gemeinsame Geräteparameter für zwei Probenahmelinien*

- Temperaturwert wird für die Berechnung des Normvolumens (im Bereich: 248.0÷323.0 K Werkseinstellung: 273.0 K).
- Druckwert wird für die Berechnung des Normvolumens (im Bereich 80.0÷104.0 kPa Werkseinstellung: 101.3 kPa).
- Temperaturwert, genutzt für Impaktordimensionierung um den gewünschten Soll-Cutdurchmesser zu bekommen "*Split temperature reference*" (im Bereich: 100.0÷333.0 K). Die genaue Einstellung von diesem Wert ist wesentlich, wenn SWAM 5a Dual Channel Monitor im "Reference mode Split Constant Stokes Number" Modus genutzt wird. Durch Benutzung der Standardprobenahmeköpfe, hergestellt von FAI Instruments S.r.l., ist es nötig die „Split Temperature Reference“ auf 293 K zu setzen. Wenn sie andere Probenahmeköpfe verwenden, wenden sie sich bitte an den Hersteller, um den korrekten Wert zu programmieren.

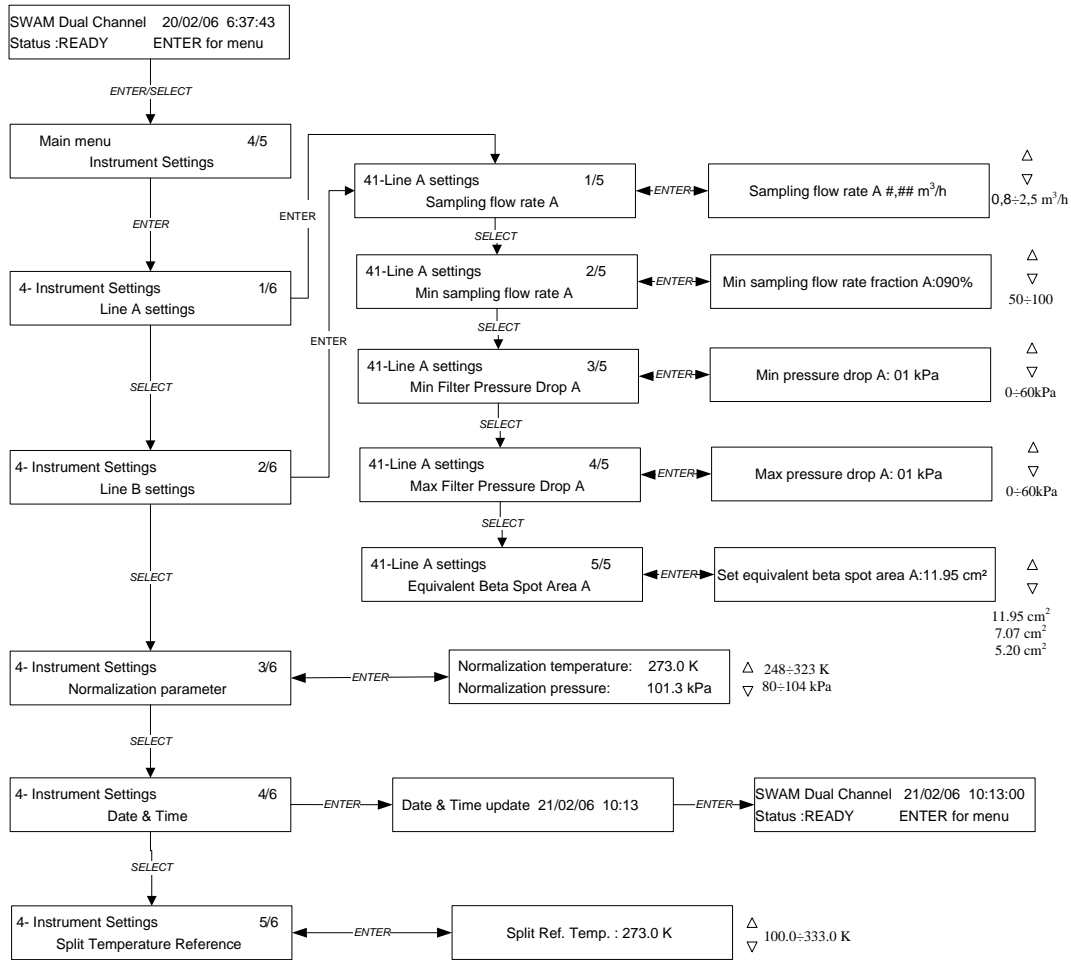


Abb. 5.1



Wenn ein Sensor für die Temperaturmessung nicht angeschlossen oder gestört ist, wird das Gerät 293K als voreingestellten Wert benutzen (Warnung 24, siehe Anhang 8). Wenn sie diesen Temperaturwert modifizieren wollen, kontaktieren sie bitte FAI Instruments s.r.l.

Um den Wert anzuzeigen, siehe Anhang 2.



Um den Short Message Service zu aktivieren (siehe Kap. 6.5), stellen sie die Telefonnummern von „Benutzer“ und „Operator“ ein, bevor sie den Probenahme- und Messzyklus beginnen.

## 5.6 EINSETZEN ODER AUSTAUSCHEN DER REFERENZALUMINIUMFOLIEN

Bevor der Probenahme- und Messzyklus gestartet wird, ist es nötig sicherzustellen, dass die zwei Aluminiumreferenzmembrane R1 und R2, mit bekannter Oberflächenmassedichte, sich innerhalb des Geräts befinden. Wenn sich R1 und R2 nicht innerhalb des Geräts befinden, oder wenn sie ersetzt werden müssen, folgen sie bitte dem untenstehenden Verfahren:

1. Mit dem Gerät im READY-Status drücken Sie für mindestens 5 Sekunden den ESC-Knopf und Zugang zum Menu code zu bekommen (Zugang zu Hilfstools)
2. Benutzen sie die SELECT-Knöpfe um den Code 92C auszuwählen, drücken sie ENTER um Zugang zu dem Tool für das R1 oder R2 Membraneinsetzen oder –entfernen, zu bekommen.
3. Entnehmen Sie das Entlademagazin für die Probefilter um Zugang zu den Referenzmembranhäusen auf der Scheibe zu bekommen.
4. Benutzen sie die YES/NO-Knöpfe, wählen sie den Code der Referenzmembran, die sie einfügen oder entfernen wollen aus (R1 oder R2), und drücken Sie ENTER. Das Gehäuse auf der drehenden Scheibe, des ausgesuchten Filterhalter wird in die Position, entsprechend zu der Öffnung für den Einsatz des Entlademagazins. Durch Benutzung der SELECT-Knöpfe ist es möglich, kleine Scheibenbewegungen, mit oder gegen den Uhrzeigersinn, zu machen (Der Center-Indikator kann Werte zwischen "<5" and "5>" haben).
5. Filterhalter, die die Referenzmembran enthält, durch Benutzung des passenden Hilfsmittels, einsetzen oder entfernen, werden mit dem Gerät geliefert (siehe Abb. 5.3, 5.4, 5.5 – Zubehör nicht in der Standardausstattung des Geräts enthalten. Für eine Liste für optionales Zubehör und Ersatzteile siehe Anhang 9)
6. Wiederholen sie die Schritte 4 und 5 des Verfahrens für das Einsetzen und das Entfernen von der zweiten Membran.
7. Drücken sie ESC um zum Hauptfenster zurückzukehren.

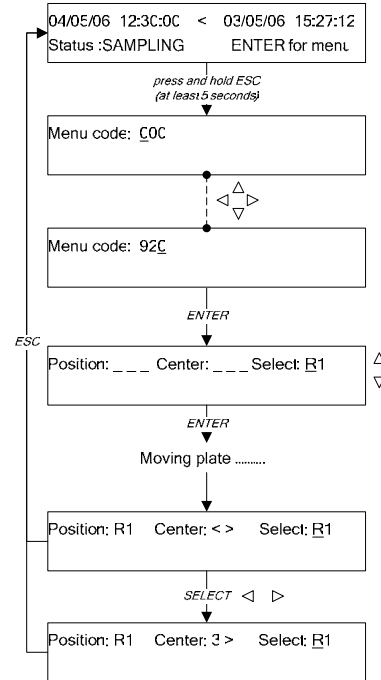


Abb. 5.2



Abb. 5.3



Abb. 5.4



Abb. 5.5

## 5.7 SPYFILTER MONTAGE UND EINSETZEN

Bevor der Probenahme- und Messzyklus gestartet wird, ist es notwendig sicherzustellen, dass die drei Spyfilter S12 S34 S56, die vom Gerät während des Massenbestimmungsverfahrens genutzt werden, sich innerhalb des Geräts befinden (siehe Kap 2.5.2 "Massenbestimmungsverfahren").

Diese Filter müssen vom selben Typ sein, wie die Filter, die für die Probenahme verwendet wurden. Wenn es nicht möglich ist, die passende Membran in den vorgesehenen Filterhalter einzuführen, setzen Sie keinen Spyfilter mehr ein. Das Gerät wird automatisch mit diesem Umstand fertig. Um die Spyfilter zu montieren und einzusetzen, folgen sie diesem Verfahren:

### Spyfiltermontage

Um die Spyfilter zu montieren, benutzen sie die passende Hilfsausrüstung (Abb. 5.6, nicht enthalten in der Standardausstattung des Geräts) und folgen dem Verfahren:

**Schritt 1:** Legen sie die Filtermembran, von der sie den Spyfilter bekommen wollen auf die weiße Auflage und drücken sie es mit der passenden Stanze.

**Schritt 2:** Extrahieren sie die so erhaltene Membran mit reduziertem Durchmesser und setzen sie es in den Aluminiumfilterhalter.

**Schritt 3:** Schließen sie die Filterhalter mit dem Klemmschlüssel.

**Schritt 4:** Benutzen sie die Pinzette, nehmen sie den Spyfilter und setzen ihn in das Gerät ein.

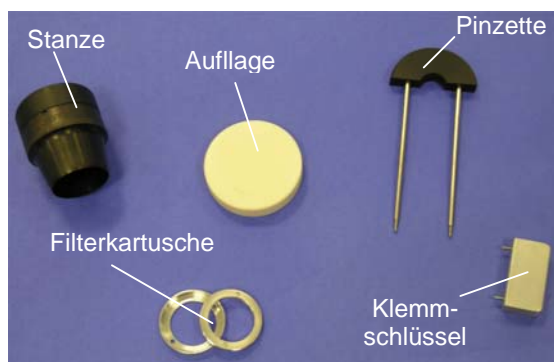


Abb. 5.6



Schritt 1



Schritt 2



Schritt 3



Schritt 4

Einsetzen und Entfernen von Spyfiltern

1. Mit dem Gerät im READY-Status, drücken und halten sie den ESC-Knopf für mindestens 5 Sekunden um Zugang zum *Menu code* zu bekommen (Zugang zu den Hilfstoils)
2. Benutzen sie die SELECT-Knöpfe um den Code 920 auszuwählen, drücken sie ENTER um Zugang zu dem Tool für das Einsetzen/Entfernen der S12 S34 S56 Membran zu bekommen.
3. Trennen sie den EntLademagazin für die Probefilter um Zugang den Spyfilterngehäusen auf der Scheibe bekommen
4. Benutzen sie die YES/NO-Knöpfe, wählen sie den Code des Spyfilters, den sie einfügen oder entfernen wollen aus (S12 – S34 – S56), und drücken sie ENTER. Das Gehäuse auf der drehenden Scheibe, des ausgesuchten Filterhalter wird in die Position, entsprechend zu der Öffnung für den Einsatz des Entlademagazins. Durch Benutzung der SELECT-Knöpfe ist es möglich, kleine Scheibenbewegungen, mit oder gegen den Uhrzeigersinn, zu machen (Der *Center*-Indikator kann Werte zwischen “<5” and “5>” haben).
5. Setzen sie die Filterhalter ein oder entfernen sie diese, indem sie die passende Pinzette benutzen, die dem Gerät beigefügt ist (siehe Abb. 5.8)
6. Wiederholen sie die Schritte 4 und 5 des Verfahrens für das Einsetzen und das Entfernen von der zweiten Membran.
7. Drücken sie ESC um zum Hauptfenster zurückzukehren

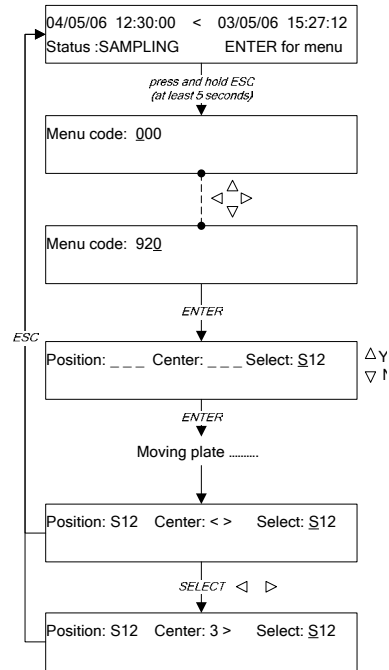


Abb. 5.7



Abb. 5.8

### 5.8 START DER PROBENAHEME

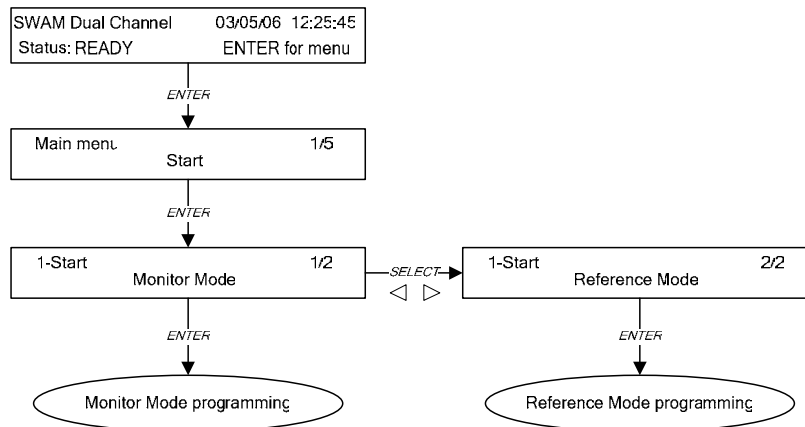
Bevor der Probenahmeprozess (abhängig von dem ausgewählten Betriebsprobenahmemodus) gestartet wird, (siehe Kap 3 „Betriebsmodi“), ist es nötig:

- Sicherzustellen, dass alle Geräteeinheiten richtig miteinander verbunden sind.
- Das Entlademagazin in das passende Gehäuse einzusetzen und sicherzustellen, dass es korrekt verriegelt ist (siehe Kap. 4.9 “Entnahme der Filtermembranen aus dem Entlademagazin”)
- Das Gerät anzuschalten, indem der Hauptnetzschalter auf die Position ON gestellt wird
- Zu Überprüfen, dass die grüne Statusleuchten auf der Frontplatte leuchtet (STATUS – SERVICE AIR – BATTERY LEVEL)
- Zu Überprüfen, dass kein Filter im Entlademagazin ist und wenn doch, dass diese entfernt werden müssen, und das Entlademagazin wieder in seinem Gehäuse verriegelt wird
- Sicherzustellen, dass die Referenzaluminiumfolien und die Spyfilter in das Gerät eingesetzt wurden (siehe Kap 5.6 “Einsetzen oder Austauschen der Referenzaluminiumfolien” und 5.7 “Spyfilter Montage und Einsetzen”)
- Überprüfen, dass die Filter richtig im Lademagazin eingesetzt ist (siehe Kap. 4.8)
- Das Lademagazin im richtigen Gehäuse eingesetzt ist, und sicher gestellt, dass es richtig verriegelt ist (siehe Kap 4.6 “Bemerkung zur Geräteautonomie”)
- Die Probenahme- und Messparameter eingestellt sind (siehe Kap 5.5 “Einstellung der Probenahme- und Messparameter (Geräteeinstellung)“)

**ANMERKUNG:** Wenn der programmierte  $\beta$ -äquivalenter Spotbereich sich von den verwendeten Filterhalter unterscheidet, wird SWAM 5a Dual Channel Monitor trotzdem die programmierten Probenahme- und Messzyklen ausführen, aber die Endmassenberechnung wird falsch sein, da das Gerät einen nutzbaren Probenahmeflächenwert verwendet, der sich von den anderen unterscheidet als der echte ist (siehe Kap. 2.5.3 “Massenbestimmung der Probe”)

Wir beschreiben untenstehend das Programmierverfahren, das genutzt wird, um den Probenahmeprozess zu starten, basierend auf dem gewählten Betriebsmodus *Monitor Mode* oder *Reference Mode* (siehe Kap 5.8 “Start der Probenahme”).

Die Auswahl des Probenahmebetriebsmodus muss vom *Startmenü* aus beginnen.

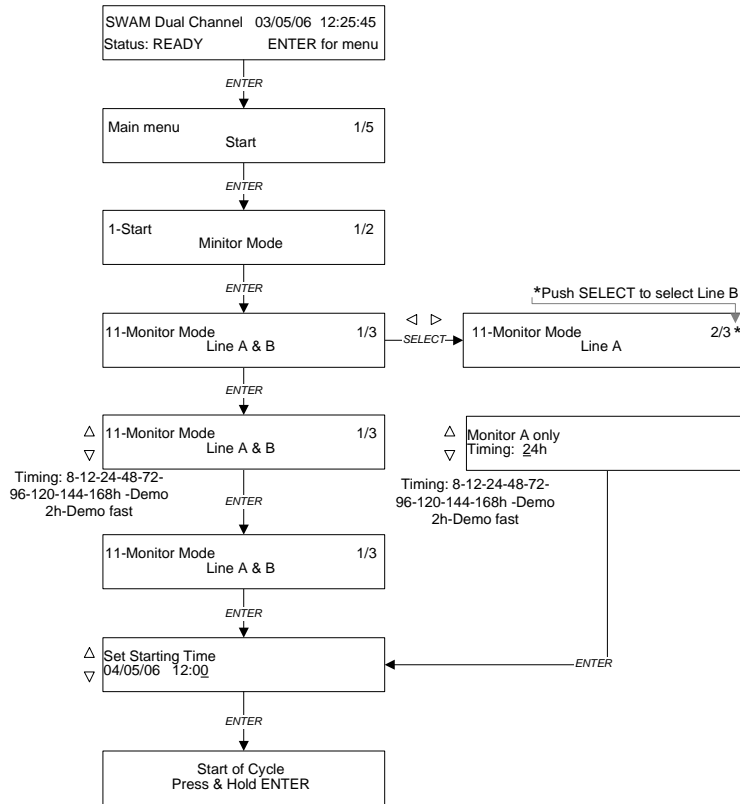




### 5.8.1 Start Probenahme im "Monitor Mode"

Um das Gerät im Monitor Mode zu starten:

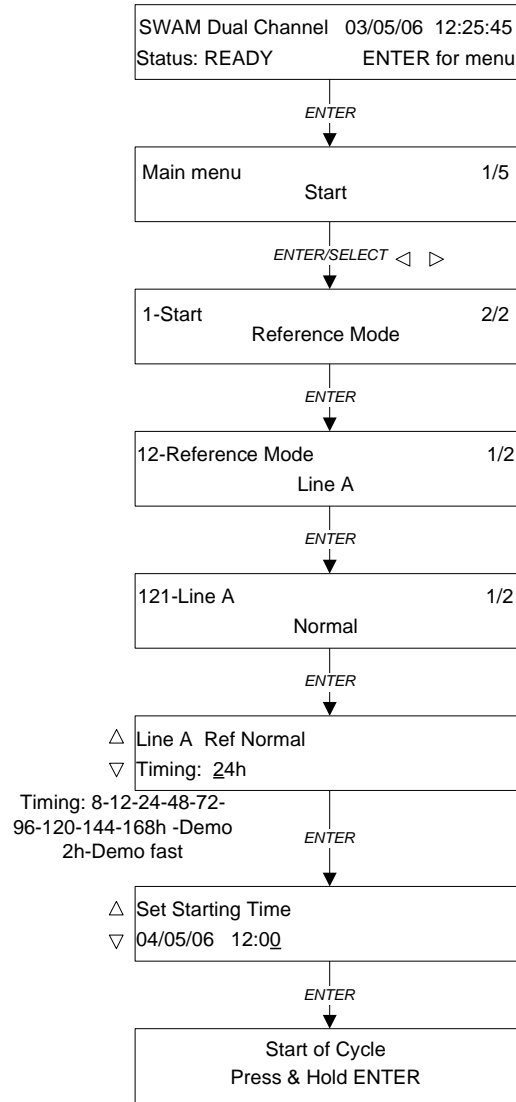
- 1 Vom Hauptfenster des Geräts im READY-Status, drücken sie ENTER um Zugang zum Start-Menü zu bekommen.
- 2 Vom Start-Menü drücken sie ENTER um Zugang zum Untermenü zu bekommen, wählen sie *Monitor Mode* aus und drücken ENTER
- 3 Nutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie die Option *LinieA&B*, wenn sie beide Linien benutzen wollen, oder wählen sie die Option *LinieA* oder *LinieB*, wenn sie wollen, dass die Probe auf einer einzigen Filtermembran akkumuliert wird (A bzw. B), und drücken ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
- 4 Benutzen sie die YES/NO-Knöpfe, bestimmen sie die Probenahmezeit und drücken ENTER zum bestätigen
- 5 Stellen sie das Probenahmedatum und –zeit ein, indem sie die SELECT-Knöpfe nutzen (das Display wird die erste mögliche Probenahmezeit anzeigen) und drücken ENTER zum bestätigen
- 6 Drücken und halten sie für ein paar Sekunden ENTER um das Startverfahren abzuschließen



### 5.8.2 Start Probenahme im “Reference Mode Normal”

Um das Gerät im *Reference Mode Normal* zu starten:

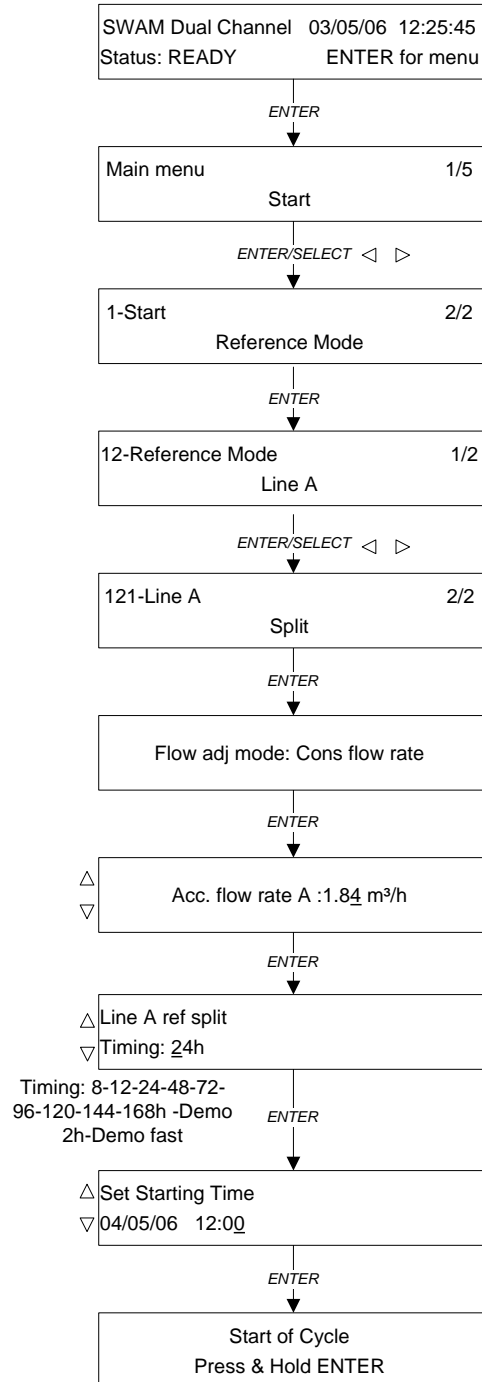
- 1 Von dem Hauptfenster, mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie ENTER um Zugang zum *Start*-Menü zu bekommen
- 2 Vom Startmenü aus drücken sie ENTER um Zugang zum Untermenü zu bekommen. Nutzen sie die SELECT-Knöpfe um *Monitor Mode* auszuwählen und drücken sie ENTER zum bestätigen
- 3 Benutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie die Linie die für die Probenakkumulation genutzt werden soll (Linie A oder Linie B) und drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
- 4 Drücken sie ENTER um den *normalen* Probenahmemodus auszuwählen (möglich sind die Modi Normal und Split)
- 5 Mit den YES/NO-Knöpfen bestimmen sie das *Timing* und drücken ENTER zum Bestätigen für die Probenahme
- 6 Stellen sie das Startdatum und Zeit der Probenahme ein, indem sie die SELECT-Knöpfe nutzen (das Display zeigt die erste mögliche Startzeiten) und drücken sie ENTER zum bestätigen.
- 7 Drücken und halten sie den ENTER-Knopf für einige Sekunden, um das Startverfahren abzuschließen



### 5.8.3 Start Probenahme in “Reference Mode Split Constant flow rate”

Um das Gerät im *Reference Mode Split* “Constant flow rate” zu starten:

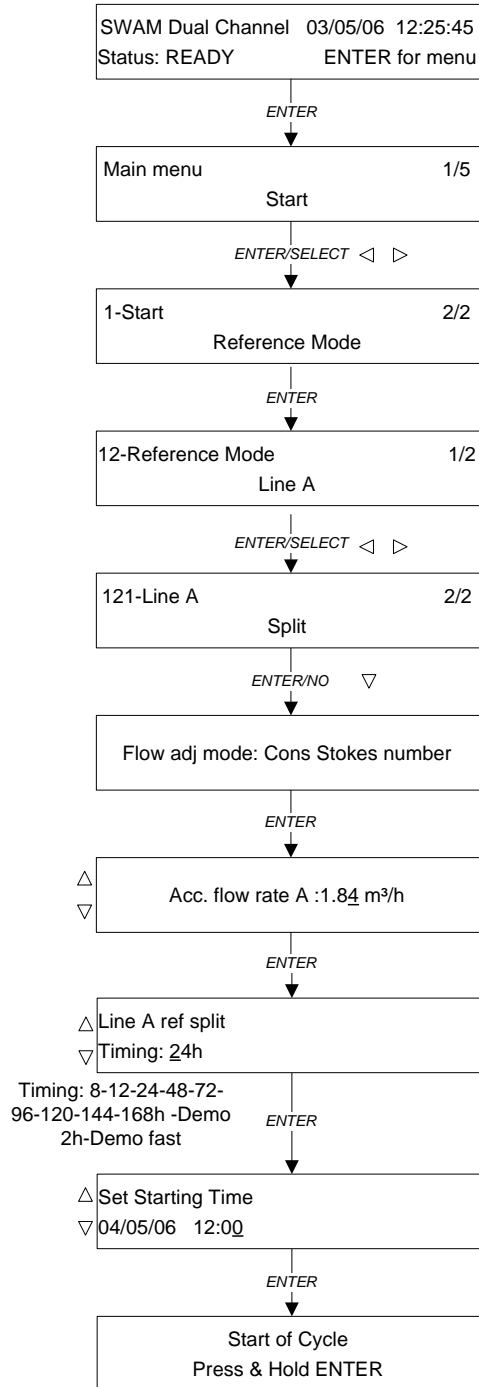
- 1 Von dem Hauptfenster, mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie ENTER, um Zugang zum Start-Menü zu bekommen
- 2 Vom Startmenü aus drücken sie ENTER, um Zugang zum Untermenü zu bekommen. Nutzen sie die SELECT-Knöpfe um *Reference Mode* auszuwählen und drücken sie ENTER zum Bestätigen
- 3 Nutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie die Linie, die für die Probenakkumulation genutzt werden soll aus (*Linie A* oder *Linie B*) und drücken sie ENTER, um die Wahl zu bestätigen
- 4 Um den *Split*-Modus zu wählen (Normal- und Splitmodus sind möglich), drücken sie SELECT und dann ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
- 5 Um die Option „Constant Flow Rate“ auszuwählen (Alternative zu „Constant Stokes number“), drücken sie ENTER
- 6 Nutzen sie die YES/NO-Knöpfe um den Durchflussratenwert der Akkumulationslinie zu bestimmen, und drücken ENTER zum bestätigen
- 7 Mit den YES/NO-Knöpfen bestimmen sie das *Timing* der Probenahme und drücken ENTER zum Bestätigen
- 8 Stellen sie das Startdatum und Zeit der Probenahme ein, indem sie die SELECT-Knöpfe nutzen (das Display zeigt die erste mögliche Startzeit an) und drücken sie ENTER zum bestätigen.
- 9 Drücken und halten sie den ENTER-Knopf für einige Sekunden um das Startverfahren abzuschließen



### 5.8.4 Start Probenahme in “Reference Mode Split Constant Stokes number”

Um das Gerät im *Reference Mode Split* “Constant Stokes number” zu starten:

- 1 Von dem Hauptfenster, mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie ENTER, um Zugang zum Start-Menü zu bekommen
- 2 Vom Startmenü aus drücken sie ENTER um Zugang zum Untermenü zu bekommen. Nutzen sie die SELECT-Knöpfe um *Reference Mode* auszuwählen und drücken sie ENTER zum bestätigen
- 3 Nutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie die Linie, die für die Probeakkumulation benutzt werden soll aus (*Linie A* oder *Linie B*), und drücken sie ENTER um die Wahl zu bestätigen
- 4 Um den *Split*-Modus (Normal- und Splitmodus sind möglich) drücken sie SELECT und dann ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
- 5 Um die Option „Constant Stokes“ auszuwählen (alternative zu „Constant flowrate“) drücken sie SELECT und bestätigen ihre Wahl durch das drücken von ENTER
- 6 Nutzen sie die YES/NO-Knöpfe um den Durchflussratenwert der Akkumulationslinie zu bestimmen, und drücken ENTER zum bestätigen
- 7 Mit den YES/NO-Knöpfen bestimmen sie das *Timing* der Probenahme und drücken ENTER zum Bestätigen
- 8 Stellen sie das Startdatum und Zeit der Probenahme ein, indem sie die SELECT-Knöpfe nutzen (das Display zeigt die erste mögliche Startzeit an) und drücken
- 9 Drücken und halten sie den ENTER-Knopf für einige Sekunden um das Startverfahren abzuschließen

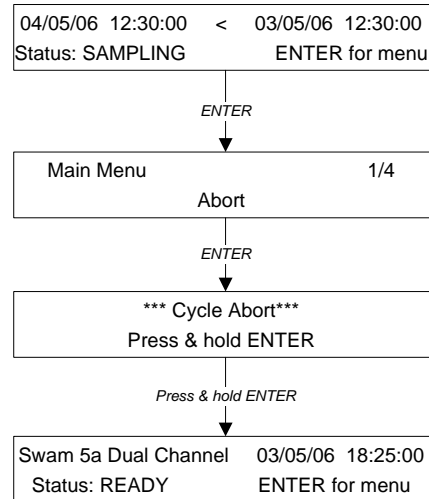


## 5.9 STOPP DER PROBENAHEME

### 5.9.1 Manueller Abbruch, mittels „Abort“-verfahren

Um die Probenahme- und Messzyklen anzuhalten, wählen sie *Abort* vom Hauptmenü aus und drücken und halten für einige Sekunden den ENTER-Knopf. Das Gerät hält die Probenahme an und entlädt die Filter von der Scheibe. Wenn sie auch die Filter in der Reserve und dem Lademagazin entfernen wollen, nutzen sie das *Entladeverfahren* (siehe Kap 5.10 „Filterentfernung „Unloading“-Verfahren“).

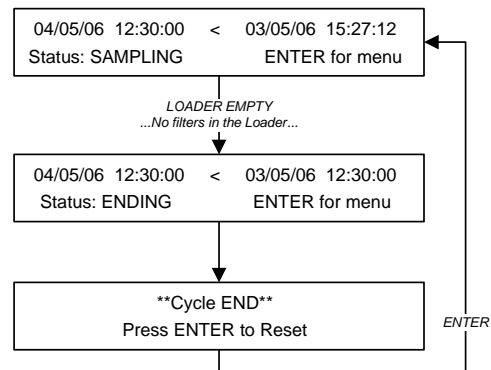
**Anmerkung:**  
**Eine Warnmeldung wird in der Bufferaufzeichnung angezeigt, entsprechend des gestoppten Probenahme- und Messzyklus.**



### 5.9.2 Automatischer Abbruch des Probenahmezyklus aufgrund Filtermangels “ENDING”

Wenn während der Probenahme- und Messzyklen die unbenutzten Filter in dem Lademagazin und in der Reserve ausgehen (Loader: EMPTY) geht das Gerät automatisch in den ENDING-Status. Die Probenahme- und Messprozesse laufen weiter mit allen Filtern auf der Scheibe, Nach dem letzten Filter stoppt das Gerät. Dann wird es nötig sein, neue unbenutzte Filter in dem Lademagazin einzusetzen und das Probenahmestartverfahren zu wiederholen.

**Anmerkung:**  
**Der Zugang zum Endstatus verhindert, dass neue unbenutzte Filter auf die Scheibe geladen werden.**



### 5.10 FILTERENTFERNUNG “Unloading”-Verfahren

Um alle Filter innerhalb des Geräts zu entfernen (von der rotierenden Scheibe, der Reserve und vom Lademagazin), nutzen sie das **“Filters unloading”**-Verfahren, verfügbar in dem Menü *“Instrument tools / Mechanics direct control”* (siehe Abb. 5.9)

In diesem Fall, wird die Reihenfolge der entladenen Filter nicht mit der Füllordnung des Lademagazins übereinstimmen.

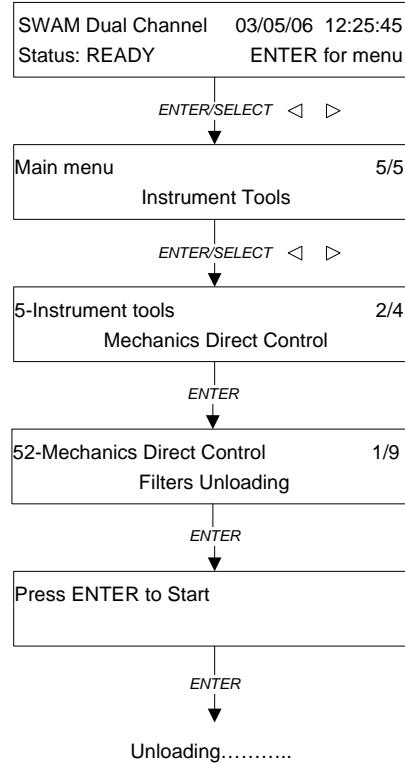


Abb. 5.9

### 5.11 “RESET”-VERFAHREN

Wenn ein “reset” des Geräts nötig ist, drücken sie gleichzeitig für mindestens 3 Sekunden ESC und NO auf dem Frontbedienfeld. Am Ende des Reset-Verfahren geht das Gerät in den Ready-Status.



Abb. 5.10

## KAPITEL 6

### 6 6. PROBENAHE- UND MESSDATEN

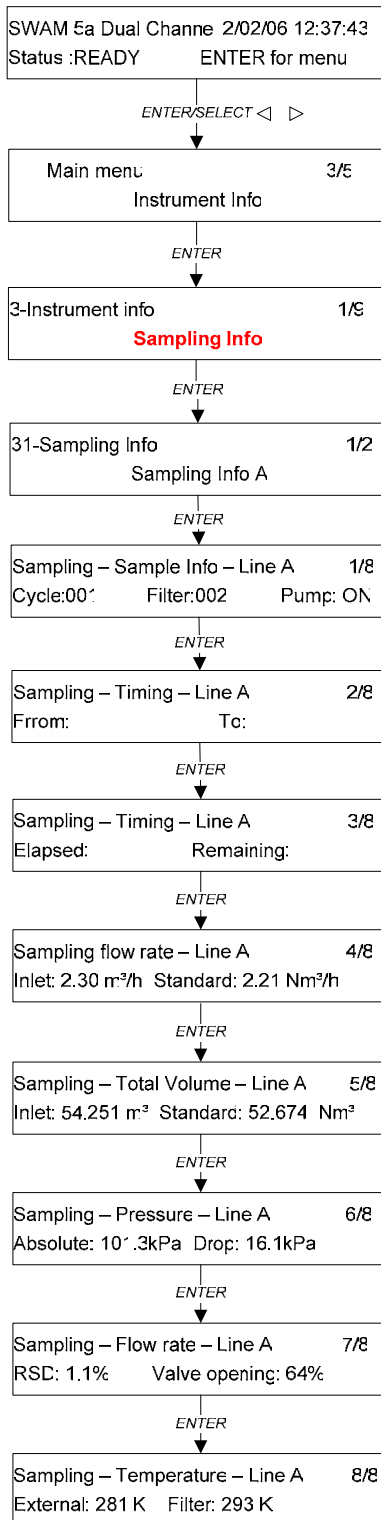
#### 6.1 VERFÜGBARE INFORMATIONEN WÄHREND DES PROBENAHEPROZESSES (Geräteinfo)

Während der Probenahme- und Messzyklen, sind die folgenden Informationen über das Menü *Instrument Info* erreichbar:

- *Sampling Info* Informationen über den laufenden Probenahmezyklus
- *Beta Info* Informationen über die Massenmessungen
- *Test Info* Informationen über die pneumatischen Tests, Massenbestimmungssystem und Stromversorgung
- *Program Info* Informationen über die programmierten Probenahme- und Messzyklen
- *System Info* Informationen über die allgemeinen Arbeitsbedingungen des Geräts
- *Warnings Info* Informationen über mögliche Warnmeldungen
- *OPC Info* Informationen über die optionale Einheit "Optical Particle Counter"
- *About* Informationen über die Gerät-Managementsoftware
- *GSM signal* Informationen über das GSM Modem

Das Schema auf den folgenden Seiten zeigt die Struktur der Hauptuntermenüs im *Instrument Info*-Menü.

### 6.1.1 Probenahmeinfo



Verfügbare Information über die laufende Probenahme:

#### Sample Info

- Cycle: Nummer des laufenden Zyklus
- Filter: Nummer des Filters in der Probenahme
- Pump: Vakuumpumpenstatus (On/Off)

#### Timing

- From: Startdatum und –zeit der Probenahme
- To: Enddatum und –zeit der Probenahme
- Elapsed: verstrichene Zeit
- Remaining: verbleibende Zeit

#### Sampling flow rate

- Inlet: Betriebsdurchflussrate am Einlass
- Standard: Betriebsdurchflussrate umgerechnet auf die programmierten Standardbedingungen (Werkseinstellungen 273.1 K und 101.3 kPa)

#### Total Volume

- Inlet: gesamtes Probenvolumen
- Standard: gesamtes Probevolumen umgerechnet auf die programmierten Standardbedingungen (Werkseinstellungen: 273.1 K und 101.3 kPa)

#### Pressure

- Absolute: Atmosphärendruck
- Drop: Druckabfall des Filtermediums

#### Sampling flow rate

- RSD: Variable, die die Stabilität der Einlassdurchflussrate beschreibt.
- Valve opening: Prozentuale Öffnung des Regulierventils

#### Temperature

- External: Außentemperatur
- Filter: Temperaturwert auf der Akkumulationsfläche

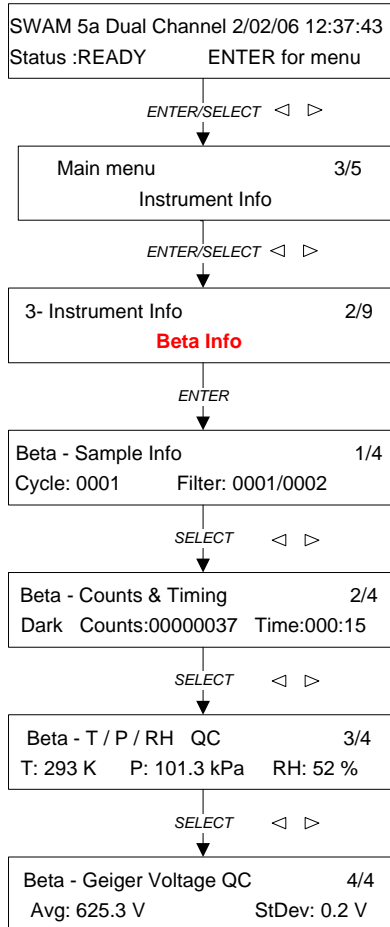
Anmerkung 1: wenn aufgrund eines Stromausfalls während der Blankmessung, die Probenahme nicht zum programmierten Datum



---

und Zeit beendet wird, wird die Nachricht "over time" anstelle der verbleibenden Zeit angezeigt.

### 6.1.2 Betainfo



Verfügbare Informationen über die laufenden Massenbestimmungen. Wenn das Gerät keinen Messvorgang ausführt, sind einige Informationen nicht verfügbar.

#### Sample Info

- Cycle: Nummer des laufenden Zyklus
- Filter: Identifikationsnummer der zu messenden Filter (z.B. 0001/0002 = filters 1 und 2)

#### Counts & Timing

- Counts: Momentanwert der Counts pro Minute
- Time: verbleibende Messzeit

None= keine Filter werden gemessen  
 Dark= Messung des Hintergrundrauschens  
 Air= Messung Zählrate "Luft"  
 CountA= Messung der Filter A Position  
 Ref= Spyfilter-Messung  
 CountB= Messung der Filter B Position

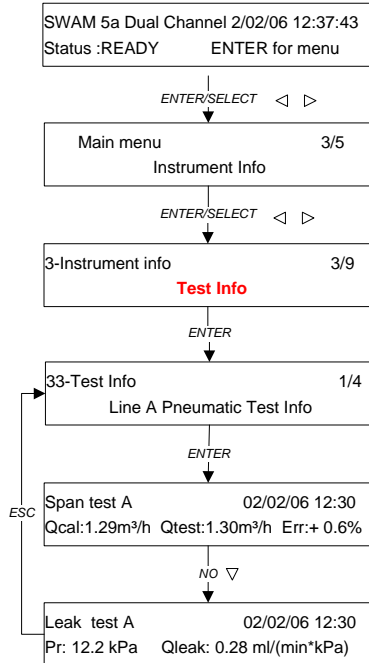
#### Beta – T/P/RH QC

- T: Temperatur im Bereich der Messung
- P: Druck im Bereich der Messung
- RH: relative Feuchtigkeit innerhalb des Geräts

#### Beta – Geiger Voltage QC

- Avg: durchschnittlicher Wert der Geigerdetektor Hochspannung
- StDev: Standardabweichung der Stromversorgungs-Hochspannungsmessungen

### 6.1.3 Test-Info



Verfügbare Informationen im SAMPLING-Status über die automatischen Tests, die vom Gerät ausgeführt werden

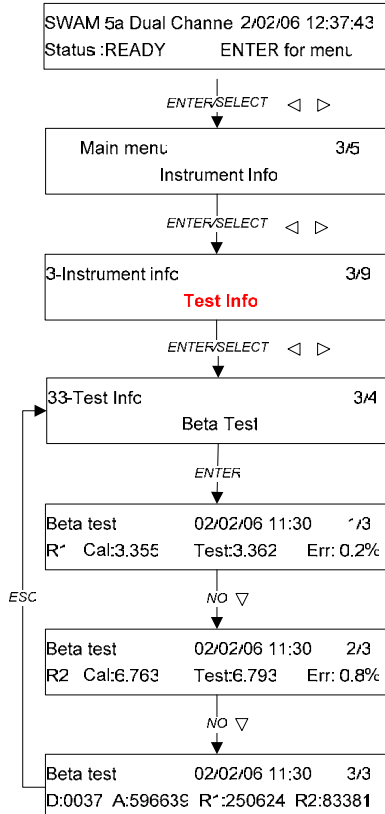
*Linie A/B pneumatic test Info:* zeigt die Probenahmelinie an, auf die sich der Test bezieht (siehe Kap. 7.1.1 und 7.1.2)

*Span test A/B:*

- Testdatum und -zeit
- Qcal: Referenzdurchflussratenwert
- Qtest: gemessener Durchflussratenwert
- Err: prozentuale Abweichung

*Leak test A/B:*

- Testdatum und -zeit
- Pr: Restdruck
- Qleak: genaue Leckrate

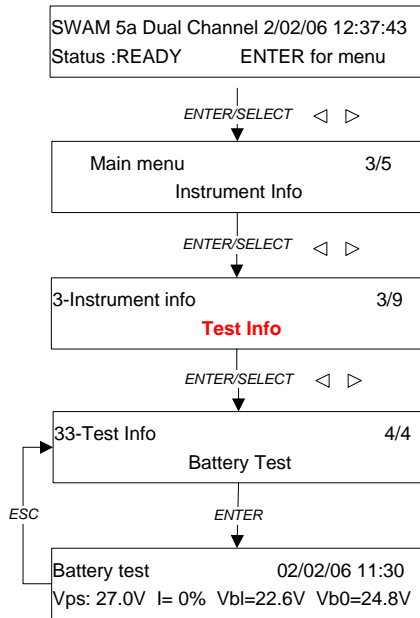


Verfügbare Informationen im SAMPLING-Status über die automatischen Test, die vom Gerät durchgeführt werden

*Beta test:* enthält Informationen über die automatischen Tests zur Überprüfung der Kalibrierung des Massenbestimmungssystems (siehe Kap. 7.2.2)

*Beta test:*

- Testdatum und -zeit
- R1: Nummer der Referenzaluminiumfolie, auf die die Daten verweisen  
Cal: Sollwert der Massenoberflächendichte  
Test: Wert der Massenoberflächendichte gemessen während des Tests  
Err: prozentuale Abweichung zwischen zwei Werten
- R2: Nummer der Referenzaluminiumfolie, auf die die Daten verweisen  
Cal: Sollwert der Massenoberflächendichte  
Test: Wert der Massenoberflächendichte gemessen während des Tests  
Err: prozentuale Abweichung zwischen zwei Werten
- D: Hintergrund Wert der Radioaktivität
- A: "Luft" Zählrate
- R1: Membran R1 Zählrate
- R2: Membran R2 Zählrate

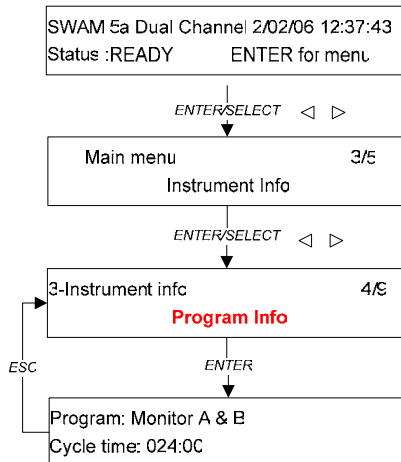


Verfügbare Informationen im SAMPLING-Status über die automatischen Tests, die das Gerät ausführt

*Battery test:* enthält Informationen über den automatischen Test zur Statusüberprüfung der Floating batteries (siehe Kap. 7.3)

- Testdatum und -zeit
- Vps: Gerätinterne Arbeitsspannung
- I: Batterieladerate
- Vbl: Last Batteriespannung
- Vb0: Batteriespannung Nulllast

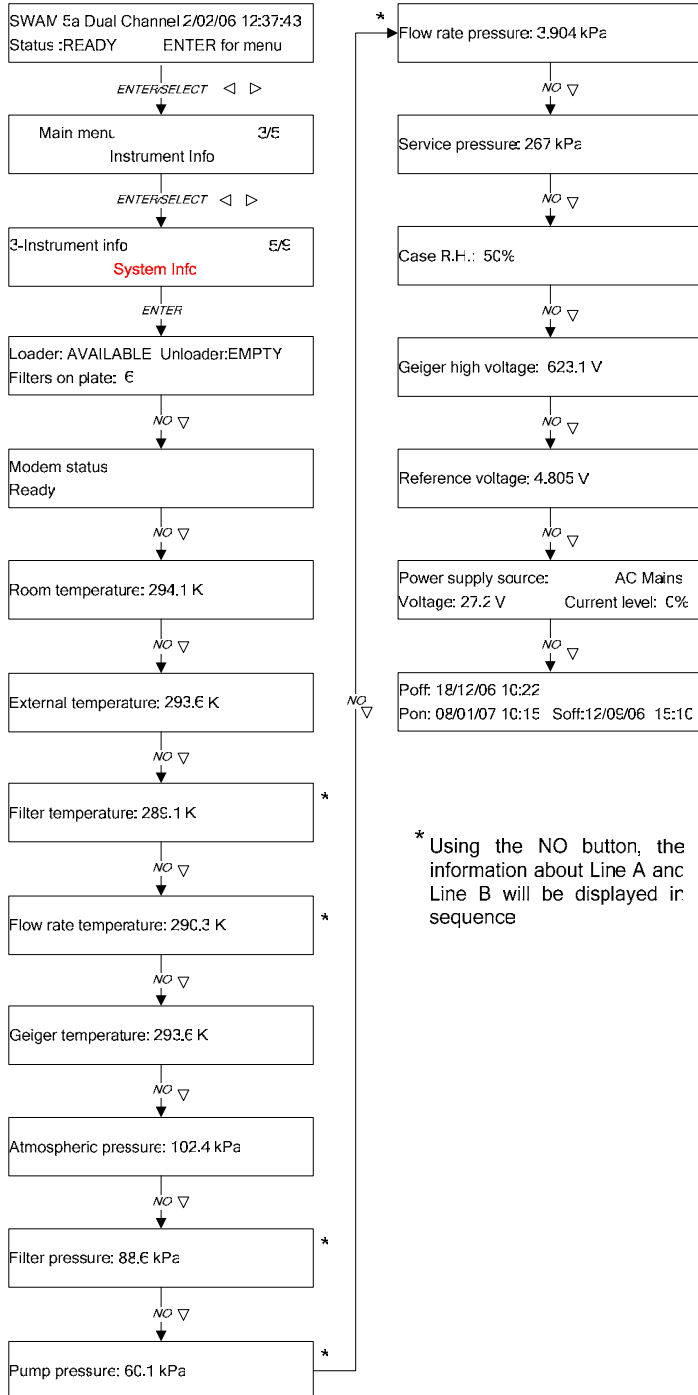
### 6.1.4 Programm Info



Verfügbare Informationen im SAMPLING-Status über die programmierten Probenahme- und Messzyklen

- Programm: programmierter Betriebsmodus
- Zykluszeit: Probenahme- und Messzyklusdauer

### 6.1.5 Systeminfo



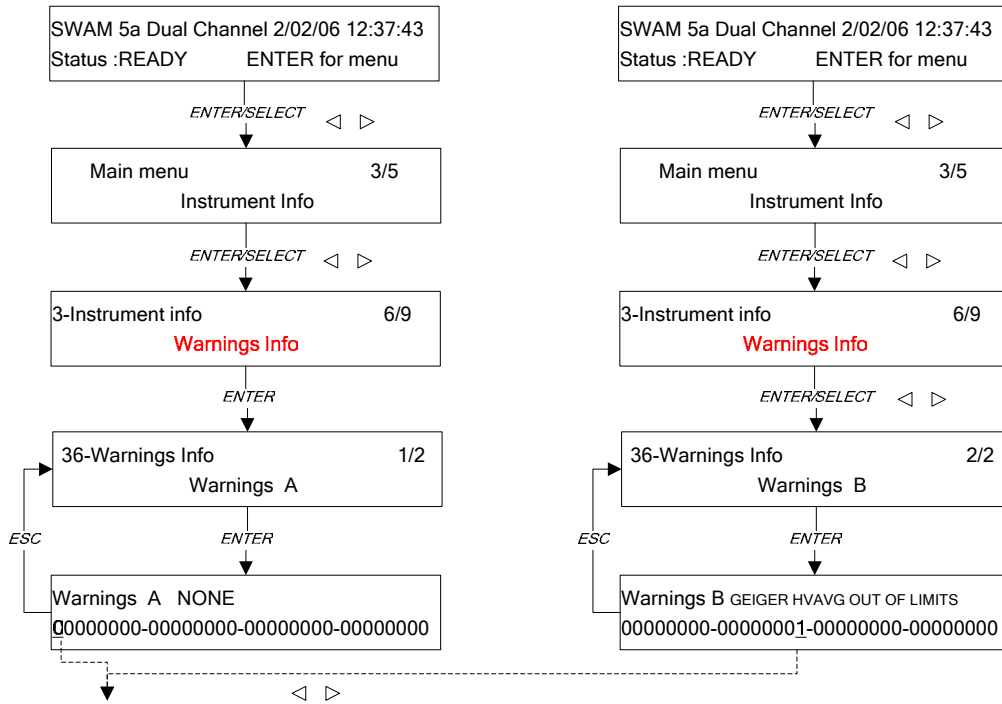
### Verfügbare Information im SAMPLING-Status

- Loader: Status des Lademagazin
- Unloader: Status des Entlademagazins
- Filters on plate: Anzahl der Filter auf der Scheibe
- Modem status: GSM Modemstatus
  - Ready (=bereit)
  - Not ready (=nicht bereit)
- Room temp.: Raumtemperatur
- External temp.: externe Temperatur
- Filter temp.: Temperatur im Bereich der A oder B Akkumulationsfläche
- Flow rate temp.: Temperatur der Probeluft auf Linie A oder B
- Geiger temp.: Temperatur des Geigerdetektors
- Atmospheric press.: Atmosphärendruck
- Filter press.: Druckwert im Bereich der A oder B Akkumulationsfläche
- Pump press.: Druck der Vakuumpumpe A or B
- Flow rate press.: Druck der Probeluft auf Linie A oder B
- Service press.: Servicedruck
- Case RH: relative Feuchtigkeit, innerhalb des Geräts
- Geiger high voltage: Hochspannungswert des Geigerdetektor
- Reference voltage: interne Referenzspannung
- Power supply source:
  - AC Mains = Netzbetrieb
  - DC Battery = Batteriebetrieb
- Poff: Stromversorgung aus
- Pon: Stromversorgung zurücksetzen
- Sof: automatische Abschaltung aufgrund von erschöpften Batterien
- Son: Einschaltung nach automatischer Abschaltung

\* Using the NO button, the information about Line A and Line B will be displayed in sequence

### 6.1.6 Warninfo

Verfügbare Informationen im *SAMPLING*-Status über Warnungen verbunden mit zwei Probenahmelinien (für die Warnmeldungsbedeutung, siehe Anhang 8):



Using the SELECT buttons, it is possible to move the cursor along the Warnings string. Positioning the cursor on an active bit of the string, the word NONE will be replaced by the Warning corresponding to the selected bit

**Anhang 5 zeigt die komplette Struktur des Menüs "Instrument Info"**

## 6.2 GESPEICHERTE INFORMATIONEN IM BUFFER DATA

Am Ende von jedem Probenahme- und Messzyklus werden alle Informationen, die für die gesamte Beschreibung nützlich sind, im Buffer Data des Geräts gespeichert. Der Buffer ist in Aufzeichnungen aufgeteilt, die mit fortlaufenden Zahlen von 000 bis 720 (max. Kapazität) gekennzeichnet werden; jede Aufzeichnung enthält die Probenahme- und Messdaten bezüglich einer Probenahmelinie.

**Anmerkung: Der Buffer hat eine zyklische Struktur. Darum werden die Aufzeichnungen, startend mit 0, überschrieben, sobald die maximale Kapazität (720 Aufzeichnungen) erreicht wird.**

Untenstehend finden sie eine synthetische Liste von Informationen, die in jeder Aufzeichnung die im Buffer gespeichert ist, enthalten sind (für die komplette Liste der Felder und ihres Formats, siehe Anhang 1):

### Allgemeine Informationen

- Identifikationsnummer der Aufzeichnung
- Datum und Zeit von Beginn und Abschluss eines Probenahmezyklus
- Identifikationsnummer des Probenahmezyklus
- Probenahmelinie, zu der die Informationen der Aufzeichnung verweisen

### Pneumatische und Geräteinformationen entsprechend eines einzelnen Probenahme- und Messzyklus

- Mögliche Abschaltdauer (Zeit, der Betriebsbatterie aufgrund des Stromausfalls aktiv wird, siehe Anhang 13)

Im Falle des Abschaltens, aktiviert das Gerät eine Warnmeldung (Warnung 29). Während die Batterie arbeitet, sind die Absaugpumpen nicht in Betrieb. Darum wird die effektive Probenahmedauer kürzer sein als die programmierte.

- Ergebnis des automatischen Tests der Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs "Automatic Leak Test", welcher am Anfang des Probenahmezyklus ausgeführt (siehe Kap 7.1.1)

Wenn das Testergebnis außerhalb des programmierten Limits liegt [5 ml/(min\*kPa)], wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 12, Anhang 8)

- Ergebnis des automatischen Tests der Kalibrierung des Messsystems für die Betriebsdurchflussrate „Automatic Span Test“ welcher zu Beginn des Probenahmezyklus ausgeführt wird.(siehe Kap 7.1.2)

Wenn die Testergebnisse außerhalb des programmierten Limits liegt [ $\pm 4\%$ ] wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 13, Anhang 8)

- Wert des gesamten Probevolumens und des Normvolumens bei programmierten Standardbedingungen (Werkseinstellungen: 273.1 K und 101.3 kPa)

Die Temperatur- und Druckwerte, die vom Gerät genutzt werden, um die die Standardbedingungen zu bestimmen, können vom Operator programmiert werden bevor der Probenahme- und Messzyklus gestartet wird, (siehe Kap. 5.5)

- Prozentanteil der effektiven Probenahmezeit verglichen mit der programmierten

Die effektive Probenahmedauer verglichen mit der programmierten ist nützlich für die Bestimmung der Repräsentativität der Schwebstaubprobe, die auf dem

- Filtermedium akkumuliert wurde. Wenn diese Dauer kleiner ist als die programmierte, wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 23, Anhang 8)
- Externe Temperaturwerte während des Probenahmevorgangs (Minimal-, Durchschnitts- und Maximalwert)
  - Temperaturwert im Bereich Akkumulationsfläche (Minimal-, Durchschnitts- und Maximalwert)

Die Verfügbarkeit der Minimal-, Durchschnitts- und Maximaltemperaturwerte, im Bereich der Probenakkumulationsfläche, ist hilfreich für die Auswertung der Proberepräsentativität und die möglichen Verluste von flüchtigen Materialien.
  - Atmosphärendruckwerte (Minimal-, Durchschnitts- und Maximalwert)
  - Wert der „RDS“-Variable, die die Stabilität des Durchflussratewerts am Probenahmekopf beschreibt (siehe Kap 2.4)
  - Start-, End- und maximaler Wert des Filterdruckverlusts (siehe Kap. 2.4 und 5.5)
  - Maximale Differenz zwischen der externen Temperatur und der Temperatur im Bereich Probenakkumulationsfläche
  - Datum und Zeit des maximal gemessenen Temperaturunterschied
  - Dauer der Zeit, wenn ein Temperaturunterschied den Wert 5 K überschritten hat
  - Durchschnittswert des Unterschieds zwischen der externen Temperatur und der Temperatur auf der Akkumulationsfläche

### **Informationen zur Massenbestimmung der einzelnen Probenahme- und Messzyklen**

- Wert des Hintergrundrauschens “Dark”

Wenn der Wert des  $\beta$ -Elektronenfluss gemessen vom Geiger-Müller-Detektor mit abgeschirmter Quelle außerhalb des Intervalls 1÷150 Zählungen pro Minute liegt (siehe Kap 2.6.2), wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 19, Anhang 8)
- “Air-Counts“-Wert (siehe Kap. 2.6.2)

Die Messungen des  $\beta$ -Elektronenfluss geben nützliche Informationen für die Bestimmung des möglichen langsamen Kriechverhaltens bei der Geiger-Müller-Antwort, wenn das Filtermedium zwischen Quelle und Detektor zwischengeschaltet ist.
- Wert des  $\beta$ -Elektronenfluss durch den Spyfilter, gemessen in der *Blank*session

Dieser Wert muss zwischen 20000cpm und dem Wert der „air counts“ liegen (Warnung 17, Anhang 8)
- Temperatur, Druck und relative Feuchtigkeit im Bereich der Messfläche während der *Blank*session
- Geiger-Müller-Hochspannungswert (siehe Kap 2.6.2)

Als Sicherheit für die korrekte Funktionalität des Detektors, muss dieser Wert zwischen 610 V ÷ 640 V liegen und die verbundene Standartabweichung muss kleiner als 1 V sein (Warnung 15 und 16, Anhang 8)
- Wert des  $\beta$ -Elektronenfluss, verbunden mit der Präsenz natürlicher Radionuklide in der Schwebstaubprobe akkumuliert auf dem Filter



- 
- Wert des  $\beta$ -Elektronenfluss durch den Spfilter, gemessen in der *Collect*-Session und damit verbundene Standardabweichung
  - Wert des  $\beta$ -Elektronenfluss gemessen durch die Probefilter während der *Collect*-Session
  - Temperatur, Druck und relative Feuchtigkeit im Bereich der Messfläche während der *Collect*-Session
  - Geiger-Müller-Hochspannungswert (siehe Kap 2.6.2)
  - Wert der Probenmasse und damit verbundene Unsicherheit
  - Wert der Konzentration unter Standard- und aktuellen Bedingungen

**Informationen über Qualitätskontrollen**

- Warnungen bzgl. des Probenahme- und Messzyklus

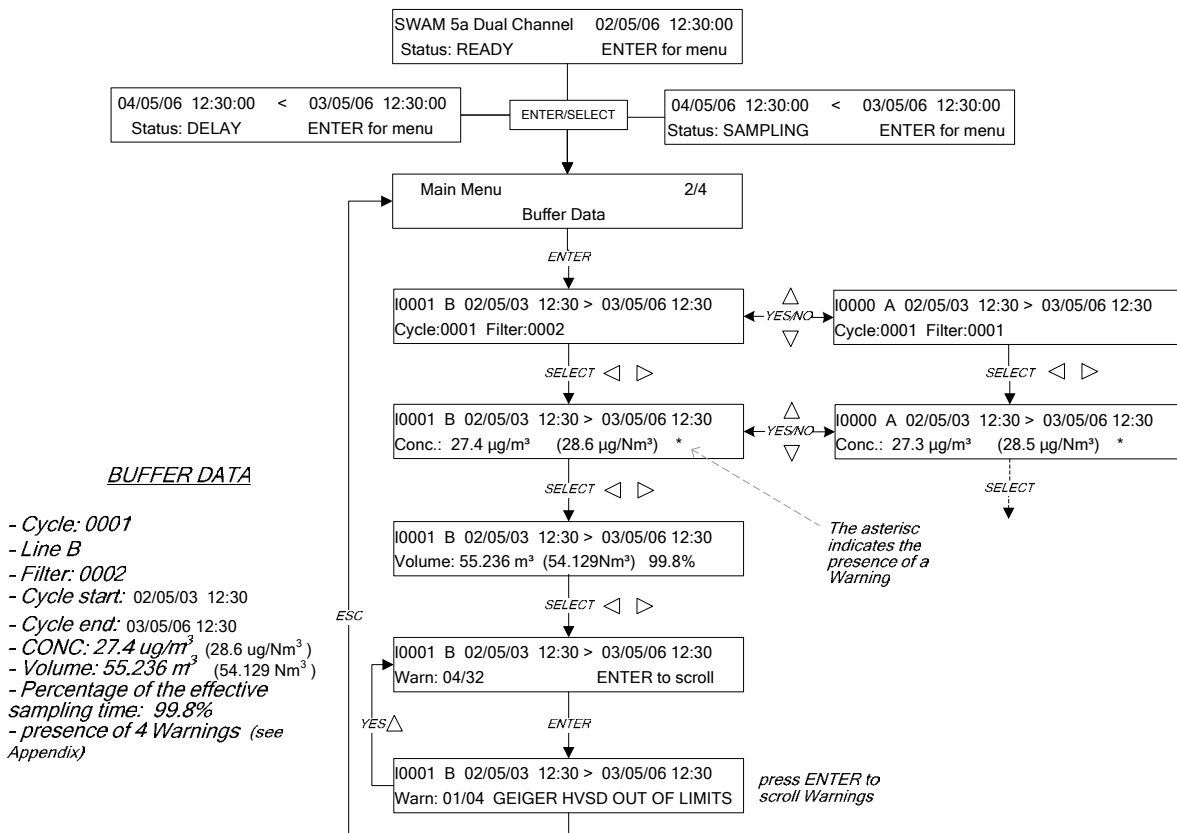
### 6.2.1 Zugang zum Buffer Data über Display

Die Hauptinformationen, die in der Buffer Data enthalten sind, sind auch auf dem Display des Geräts lesbar.

Das untenstehende Schema zeigt, wie man Zugang zu den Informationen des Buffer Data von jedem der drei Stati beginnt READY, DELAY und SAMPLING bekommt.

Von diesem Menü können sie automatisch die Informationen, passend zu der letzten gespeicherten Aufzeichnung, sehen (im Beispiel I0001).

Um die Informationen jeder einzelnen Anmerkung durchzusehen, nutzen sie die „Select“-Knöpfe. Um die angezeigten Aufzeichnungen zu wechseln, nutzen sie die „YES/NO“-Knöpfe.



### 6.3 VERBINDUNG ZU EINEM EXTERNEN PC UND DOWNLOAD DER BUFFER DATA

Alle Funktionen des Geräts können durch einen externen PC gesteuert werden. Um den PC an das Gerät anzuschließen, müssen die 9-Pligen Stecker an der Rückseite des Geräts und ein Kabel für die RS232 serielle Schnittstelle benutzt werden.

Durch Benutzung eines externen PC, ist es auch möglich, den Inhalt der Buffer Data anzuzeigen und mit dem folgenden Verfahren runterzuladen:

1. Verbinden sie das Gerät mit einem PC über die RS232 serielle Schnittstelle
2. Starten sie auf dem PC eine serielle Kommunikationssoftware (z.B. Windows Hyperterminal)
3. Stellen sie sicher, dass die Software folgendermaßen konfiguriert ist:
  - emulation                   ANSI
  - port speed                 19200 Baud
  - data bit                    8
  - parity                     None
  - stop bit                    1
  - flow control               None
4. Stellen sie sicher, dass die Kommunikationssoftware läuft
5. Geben sie den Befehl **42xxx**, wobei xxx [0÷720] der Code für Aufzeichnung des Probenahme- und Messzyklen darstellt und drücken *Enter*. Die Antwort wird der folgende Buffer data sein, entsprechend der angeforderten Aufzeichnung vorausgehend ein = und getrennt durch ein Komma, (siehe das Beispiel unten)

**Anmerkung:** Der Buffer hat eine zyklische Struktur, darum werden die Aufzeichnungen beginnend mit Nr. 0 überschrieben, sobald die maximale Kapazität (1500 Aufzeichnungen) erreicht ist.

Andere nützliche Befehle

- |           |  |                                   |
|-----------|--|-----------------------------------|
| <b>40</b> | Informationen über ältere Aufzeichnungen | Index, Cycle, Filter, Check, ecc. |
| <b>41</b> | Informationen über neuere Aufzeichnungen | Index, Cycle, Filter, Check, ecc. |

**Anhang 2 zeigt die gesamte Liste mit PC-Befehlen**

BEISPIEL: Command: 42002

Response:

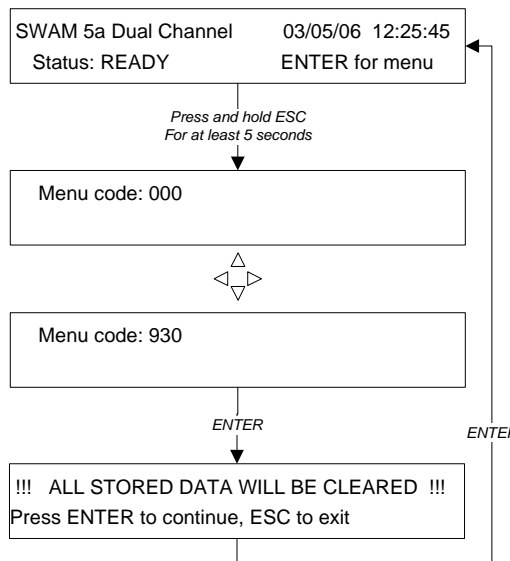
```
=0002,27/01/200612.00,28/01/200612.00,2,3,A,0.00,0.58,0.2,26.63,25.778,96.7,279.8,281.8,283.5,287.8,288.6,291.8,100.9,101.3,101.2,0.4,18,20.1,21,9.3,27/01/200617.24,011:33,6.8,24,721565,114860,152,104547,294.7,100.9,624.7,26,141,114181,179,100992,293.7,101.3,624.6,41,440,0,16.5,17,0000000
```

Siehe **Anhang 1 Buffer Data Structure**

### 6.4 BUFFER DATA AUF NULL SETZEN

Um alle Daten, die in der Buffer Data gespeichert sind zu löschen (in jedem Gerätestatus), drücken und halten sie den ESC-Knopf für 5 Sekunden um Zugang zum *Menu Code* zu bekommen (Zugang zu den Hilfstools). Wählen sie *Code 930*, indem sie die SELECT-Knöpfe benutzen und drücken ENTER um den Inhalt der *Buffer Data* zu löschen.

**ANMERKUNG:** Nach diesem Verfahren, ist es nicht mehr möglich die Informationen über Probenahme- und Messzyklen wiederherzustellen.



### 6.5 SMS-Service

SWAM 5a Dual Channel Monitor ist mit einem "SMS"-Service ausgestattet, der es ermöglicht Echtzeit-Informationen wie die Gerätebetriebsbedingungen und Konzentrationswerte, auf ihrem Handy zu empfangen. Die Tabelle unten listet alle Informationen auf, die zu zwei unterschiedlichen Telefonnr. "Operator" und „User“, geschickt werden können:

Informationen die auf das Handy des „Operator“ geschickt werden	Informationen die auf das Handy des „User“ geschickt werden
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geräte-ID und Seriennummer</li> <li>• Versanddatum und -zeit der SMS</li> <li>• ALARM Meldungen, die den Probenahme- und Messzyklus stoppen (siehe Anhang 7)</li> <li>• Lademagazin in Reserve (weniger als 6 Filter übrig)</li> <li>• Volles EntLademagazin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geräte-ID und Seriennummer</li> <li>• Versanddatum und -zeit der SMS</li> <li>• Gemessene Konzentrationswerte (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>) auf beiden Probenahmelinien</li> <li>• Warnmeldungen (8 hexadezimale Ziffern) siehe Anhang 8</li> </ul>

Um zwei Telefonnummern einzustellen, die die SMS bekommen, folgen sie dem Verfahren:

- “Operator’s” Telefonnr. einstellen

- Im "Status READY", vom Hauptmenü gehen sie ins Menü *Instrument Settings / SMS Cell Number's*
- Wählen sie *Operator's Cell Number* aus
- Benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Telefonnr. einzugeben mit Internationaler Vorwahl (z.B. +39 #####)
- Drücken sie ENTER zum bestätigen oder drücken sie gleichzeitig beide SELECT-Knöpfe um die eingegebene Nummer zu löschen

- “User’s”Telefonnr. einstellen

- Im "Status READY", vom Hauptmenü gehen sie ins Menü *Instrument Settings / SMS Cell Number's*
- Wählen sie *User's Cell Number* aus

- Benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Telefonnr einzugeben mit Internationaler Vorwahl (z.B. +39 #####)
- Drücken sie ENTER zum bestätigen oder drücken sie gleichzeitig beide SELECT-Knöpfe um die eingegebene Nummer zu löschen

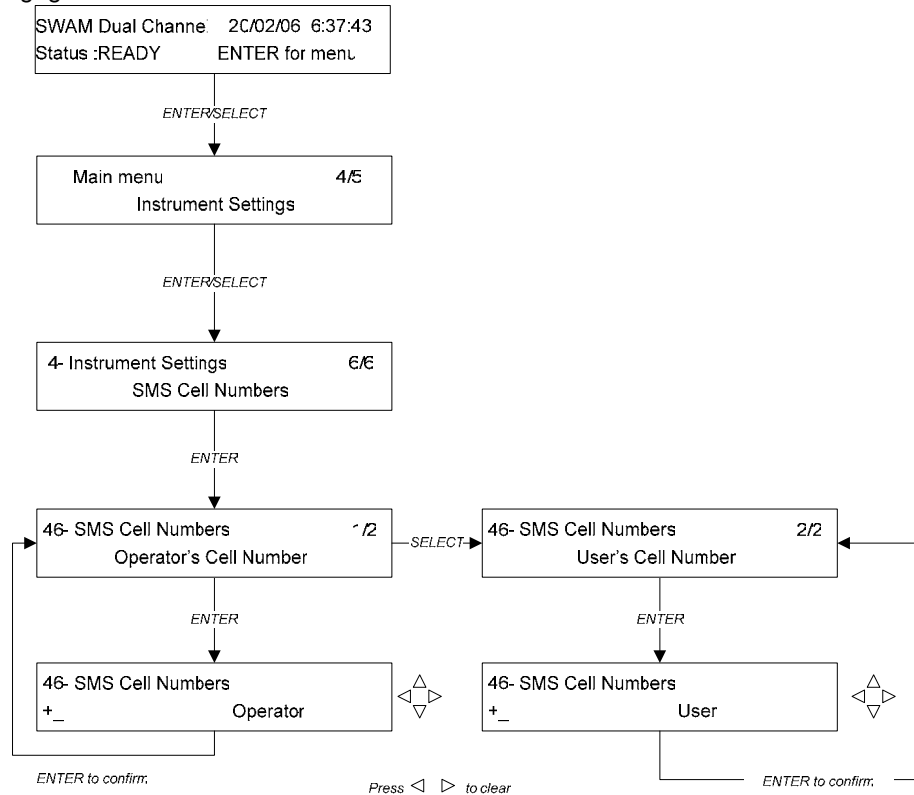


Abb. 6.2



Um SMS zu ermöglichen, stellen sie "User-" und "Operator"-Telefonnummern ein, bevor sie den Probenahme- und Messzyklus beginnen.

## KAPITEL 7

### 7 7. TEST- UND QUALITÄTSKONTROLLEN

Das Gerät vollzieht Test- und Qualitätskontrollen um hohe Qualitätsstandards der Probenahme- und Messdaten sicherzustellen

Die verfügbaren Tests betreffen das pneumatische System, das Massenbestimmungssystem, das Strom-versorgungssystem, das GSM Modem und sie können sowohl automatisch durch das Gerät oder manuell durch den Operator durchgeführt werden.

Die Qualitätskontrollen, die automatisch vom Gerät ausgeführt werden, betreffen die Sensoren, die Mechanik, das Durchflussratenmess- und Kontrollsystem, das Massenbestimmungssystem, die Gerätstromversorgung und das Filter-membranmanagement. Abb. 7.1 zeigt einen Probenahme- und Messzyklus mit den Hauptqualitätskontrollen.

Sowohl die Qualitätskontrollen als auch die Tests können Warn- und Alarmmeldungen erzeugen, die angezeigt und im *Buffer Data* des Geräts gespeichert werden.

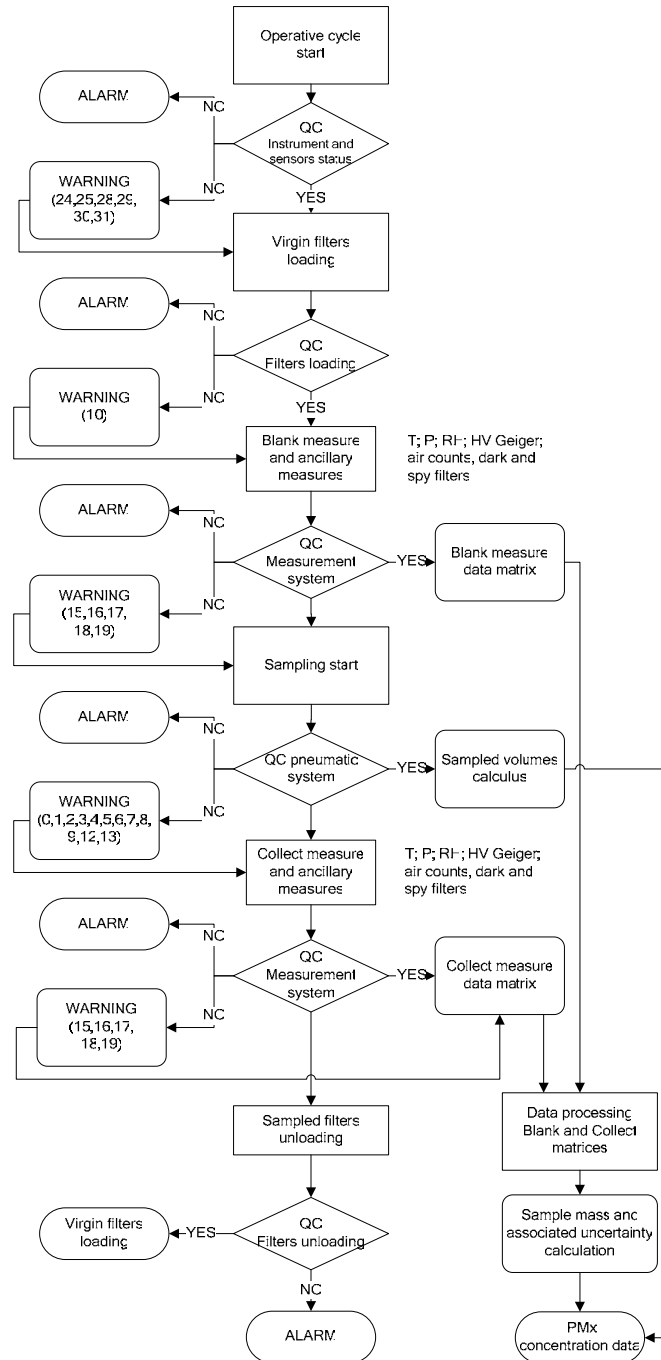


Abb. 7.1

## 7.1 KONTROLLE DER KALIBRIERUNG UND DICHTIGKEIT DES PNEUMATISCHEN KREISLAUFS

Gemäß dem unten beschriebenen Verfahren, ist es möglich vom Menü *Instrument Tools* die Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs (*Leak Test*) und die Kalibrierung des Regulatorsystems der Betriebsdurchflussrate (*Span Test*) zu überprüfen.

### 7.1.1 Leak test

Zwei verschiedene Arten der Überprüfung der Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs sind möglich: *Auto Leak Test* und *Manual Leak Test*. Der *Auto Leak Test* ermöglicht die Überprüfung die Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs hinter der Akkumulationsfläche (ein Magnetventil schließt den pneumatischen Kreislauf um den Leaktest auszuführen). Der *Manual Leak Test* ermöglicht die Überprüfung der Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs als Ganzes (hier inklusive der Probenahmelinie) oder Teilen davon (unter Verwendung der Werkzeuge für den Gerätetest, die nicht in der Standardaustattung des Geräts enthalten sind – siehe Anhang 9).

Um das Ausmaß der möglichen Verluste zu bestimmen, wird eine Gleichung genutzt, die den Gleichgewichtsstatus eines idealen Gases in einem System mit bekanntem Volumen beschreibt. Die Folge der Vorgänge, die das Gerät ausführt, ist:

- Leak Magnetventil schließt sich ( nur im *Auto Leak Test*) – siehe Abb. 7.2
- Blindfilter wird geladen (nur im *Manual Leak Test*), siehe Abb. 7.3
- Vervollständigen des Filterlademagazin (nur im *Manual Leak Test* für gesamte Probenahmelinie) siehe Abb. 7.4
- Vakuumpumpe schaltet sich an, bis der minimale Innendruck “ $P_r$ ” erreicht wurde (Restdruck)
- Vakuumpumpe schaltet sich aus, der Innendruck “ $P_l(t)$ ” wird ansteigen, abhängig von dem Ausmaß der möglichen Verluste
- Durch Verwendung der Idealgas-Gleichung, bestimmt das Gerät den Massenverlust:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP}{dt}$$

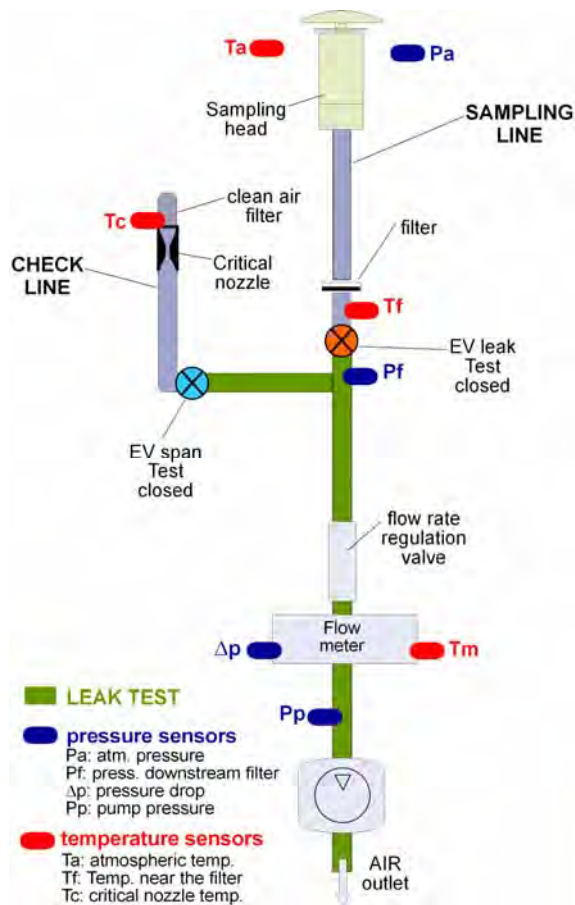
Der Wert des Verlusts, ausgedrückt in ml/min unter Standardbedingungen ( $T=273\text{ K}$   $P=101.3\text{ kPa}$ ), ist bestimmt, wenn der Druck des pneumatischen Kreislaufs äquivalent zu dem Restdruck ist. Darum ist der Massenflusswert, verbunden mit dem Verlust proportional kleiner und kann durch die Gleichung berechnet werden:

$$Q_{leak}^{op} = Q_{leak}^r \cdot \left( \frac{P_a - P_l}{P_a - P_r} \right) = \left( \frac{Q_{leak}^r}{P_a - P_r} \right) \cdot (P_a - P_l)$$

Unter Beachtung des pneumatischen Kreislaufs des Geräts, ist es möglich anzunehmen, dass der Massenverlust proportional zum Druckunterschied zwischen Umgebung und pneumatischen Kreislauf ist. Sobald der Atmosphärendruck und der Innendruck bekannt sind, ist es möglich, den Verlustwert in Betriebsbedingungen zu berechnen, wenn der Wert des Terms  $\left(\frac{Q_{leak}^r}{P_a - P_r}\right)$  bekannt ist. Aus diesem Grund gibt das Gerät am Ende des Tests den Wert dieses Terms (specific leak), einfach dargestellt als “ $Q_{leak}$ ” und ausgedrückt in ml/(min\*kPa) aus.

z.B., angenommen:  $Q_{leak} = 0.57 \text{ ml/min kPa}$  ;  $P_a=101.5 \text{ kPa}$ ;  $P_r=93.1\text{kPa}$ ;  $Q_{leak}^{op} = 4.79 \text{ ml/min}$

Abb. 7.2, 7.3 and 7.4 zeigen Leak Test-Arten, die im Gerät umgesetzt werden:



### Auto Leak Test

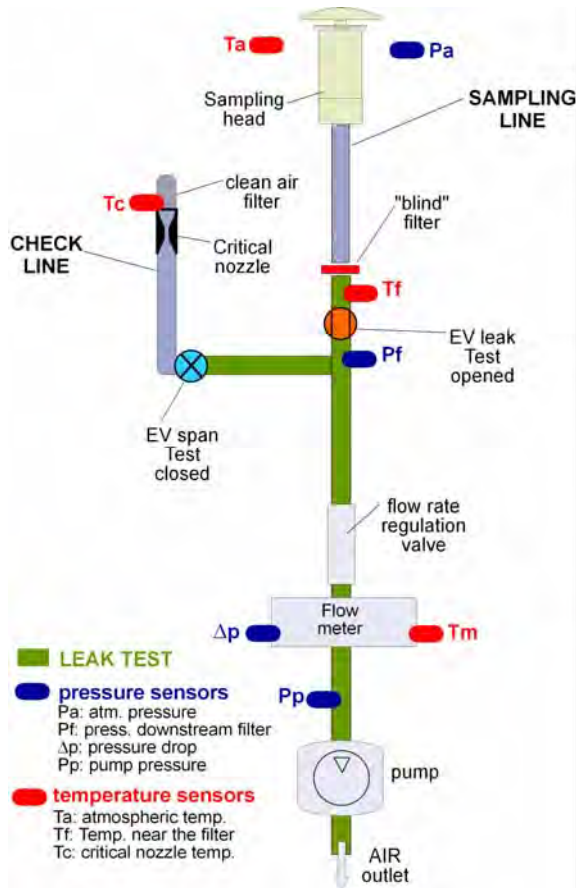
Er ermöglicht die Überprüfung die Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs hinter der Akkumulationsfläche

Konfiguration:

- EV leak: geschlossen
- EV: span geschlossen

Abb. 7.2





### Manual Leak Test mit „Blind“-Filterhalter

Ermöglicht die Überwachung die Dichtigkeit des pneumatischen Kreislaufs zwischen der Vakuumpumpe und der Akkumulationsfläche, um zusätzlich auch die Dichtigkeit des Filterpressers zu überprüfen (siehe Kap. 4.1)

Konfiguration:

- EV leak: offen
- EV: span geschlossen
- Blindfilter

Abb. 7.3

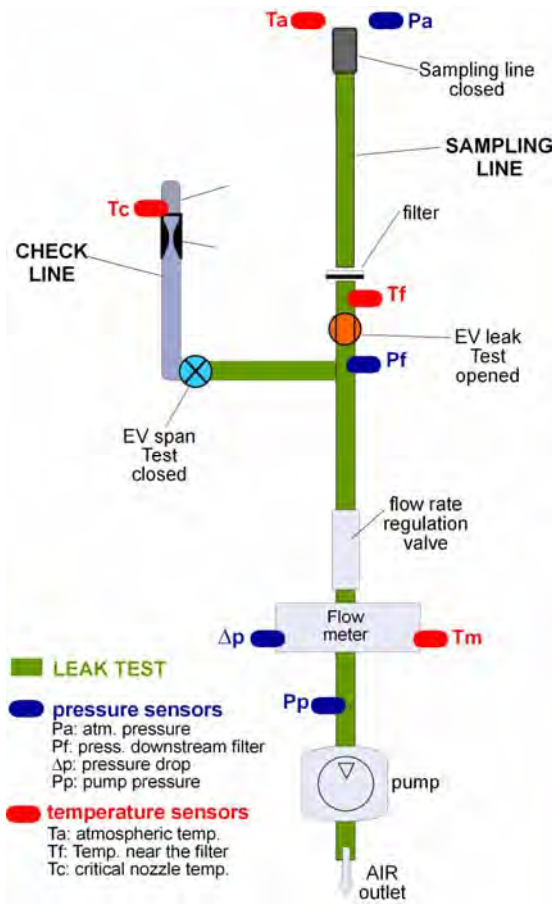


Abb. 7.4

### Manual Leak Test Probenahmlinie

Ermöglicht die Überprüfung der Dichtigkeit des gesamten pneumatischen Kreislaufs, inkl. Der Kupplungsverbindung zwischen Filterpresser und externe Probenahmlinie

Konfiguration:

- EV leak: offen
- EV: span geschlossen
- Betriebsfilter
- Teil zum Abschluss der Linie

Auto Leak Test Linie A/B Startprozedur

Um den Test zu starten (siehe Abb. 7.5)

1. vom READY-Status aus drücken sie ENTER und dann SELECT um das Fenster "Instrument Tools" angezeigt zu bekommen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum Menü "Instrument Tools" zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das Menü „Test“ auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die zu testende Linie für den pneumatischen Kreislauf auszuwählen  
*Linie A pneumatic test*  
*Linie B pneumatic test*
5. Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. Drücken sie ENTER um den Test zu starten

Am Ende des Tests zeigt das Gerät automatisch den Wert des Restdrucks "P<sub>r</sub>" [kPa] und des spezifischen Lecks "Q<sub>leak</sub>" [ml/(min\*kPa)] an

**Wenn der spezifische Leckwert höher als 5 ml/(min\*kPa) ist, wird automatisch eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 12, siehe Anhang 8), wenn es höher als 10 ml/(min\*kPa), wird automatisch eine Alarmmeldung angezeigt.**

**ANMERKUNG:**

Unter Betriebsbedingungen wird dieser Test zu Beginn von jedem Probenahmezyklus automatisch vom Gerät ausgeführt, und die Ergebnisse werden im *Buffer Data* gespeichert (siehe Kap 6 "Probenahme- und Messdaten") und sind verfügbar in dem Menü *Instrument Info*.

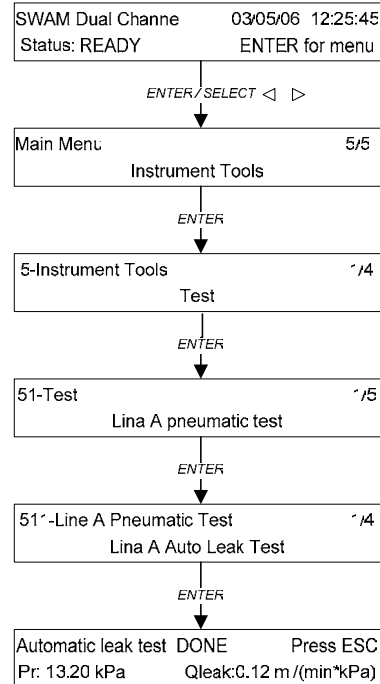


Abb. 7.5

Manual Leak Test Linie A/B Startprozedur

Bevor das Verfahren gestartet wird, muss sich das Gerät im READY-Status befinden, es ist notwendig das Entladeverfahren auszuführen (siehe Kap. 5.10) um sicherzustellen, dass keine Filter im Gerät vorhanden sind.

Um den Test zu starten (siehe Abb. 7.6):

1. vom READY-Status aus drücken sie ENTER und dann SELECT um das Fenster "Instrument Tools" angezeigt zu bekommen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum Menü "Instrument Tools" zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das Menü „Test“ auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die zu testende Linie für den pneumatischen Kreislauf auszuwählen  
*Linie A pneumatic test*  
*Linie B pneumatic test*
5. Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. Drücken sie SELECT um "Linie A Manual Leak Test" auszuwählen und drücken ENTER zum bestätigen
7. Öffnen sie das Lademagazin und setzen sie die Blindfilterhalter ein (Zubehör nicht in der Standardausstattung des Geräts enthalten, siehe Abb. 7.6a) mit der hohlen Oberfläche nach unten
8. Verschließen sie das Lademagazin
9. drücken sie ENTER um den Test zu starten der Wert des Restdrucks " $P_r$ " [kPa] und des spezifischen Lecks " $Q_{leak}$ " [ml/(min\*kPa)] wird angezeigt
10. drücken sie ENTER um den Test zu beenden

Wenn sie die Dichtigkeit des pneumatischen Systems überprüfen wollen, hier inklusive des pneumatische Ausdehnung die enthalten ist im Filtermedium, folgen sie dem Verfahren in Abb. 7.6 indem sie die „Blindfilterhalter“ durch einen „vollständigen Filter“ (von der selben Art, wie die Filter die für die Probenahme genutzt wurden) und schließen sie den Probenahmelinieneingang mit dem passenden Stecker für den Leaktest (nicht enthalten in den Standardausstattung des Geräts - Abb. 7.6b, 7.6c). In diesem Fall ist es notwendig zu bedenken, dass das Volumen des pneumatischen Kreislaufs im Gerät (1,3 Liter) niedriger ist als die reale (es ändert sich je nach pneumatischer Konfiguration des Geräts an der

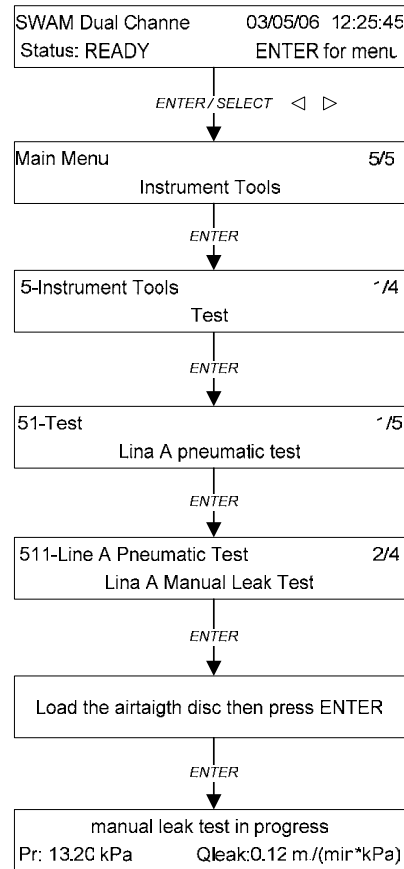


Abb. 7.6

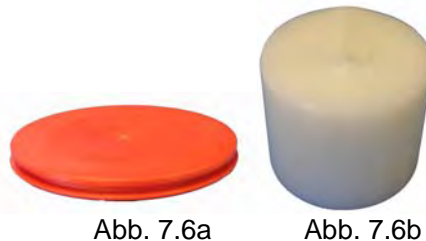


Abb. 7.6c

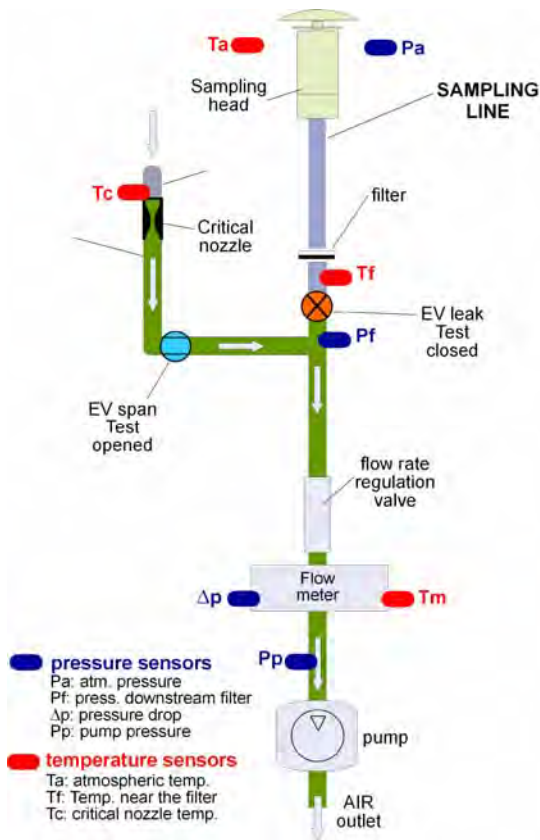
Probenahmestelle)

Wenn der spezifische Leckwert höher als 15 ml/(min\*kPa), wird automatisch eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 12, siehe Anhang 8, wenn dieser Wert höher als 30 ml/(min\*kPa) ist, wird automatisch eine Alarmmittlung angezeigt.

### 7.1.2 Span test

Dem Gerät stehen zwei verschiedene Verfahren für die Unsicherheitskontrolle der Betriebsdurchflussratenmessung zu Verfügung: ein automatisches Verfahren (*Auto Span Test*) und ein manuelles Verfahren (*Manual Span Test*).

Die automatische Sequenz der Vorgänge, die das Gerät ausführt, bei der Ausführung des *Auto Span Test* (siehe Kap. 2.4) ist folgendermaßen:



- Öffnen des Span-Magnetventils und Schließen des Leakventils
- Absaugpumpe schaltet sich ein
- Automatische Überprüfung des Erreichens der kritischen Druckbedingungen, durch Vergleichen der gemessenen Werte des Drucks hinter "Pf" und vor "Pa" der Düse (siehe Anmerkung 1)
- Anzeigen und Speichern des Referenzdurchflussratenwert " $Q_{cal}$ " angegeben in Nm<sup>3</sup>/h bei der programmierten Temperatur und Druckbedingungen
- Anzeigen und Speichern des Durchflussratenwerts " $Q_{test}$ " (angegeben in Nm<sup>3</sup>/h) bestimmt durch das Durchflussratenmesssystem
- Berechnung und Anzeigen der prozentualen Abweichung " $ERR\%$ " zwischen den Werten " $Q_{cal}$ " und " $Q_{test}$ ".

**ANMERKUNG:** um die Testlinie vor Verunreinigungen zu bewahren, ist in dem pneumatischen Modul des Geräts ein Luftfilter vor der kritischen Düse platziert.

Der *Manual Span Test* ermöglicht die Kalibrierung des Durchflussratenmesssystems auszuführen und zu überprüfen. Um diesen Test auszuführen, ist es notwendig ein Durchflussmesser als Referenz Sekundärtransferstandard zu benutzen. Durch Regulierung der Durchflussratendüse, ist es möglich jede Betriebsbedingung einzustellen. Für jede gewählte Betriebsbedingung ist es möglich dem jeweiligen Wert der Referenzdurchflussrate

sowohl den zugehörigen Wert der „z“-Variable (siehe Kap. 2.4 *“Kalibrierung des Durchflussraten-Steuerungs und –Messsystem und Qualitätskontrollen”*) sowie den vom Gerät gemessenen Durchfluss (Überprüfung der Kalibrierung) zuzuordnen.

Auto Span Test Startprozedur

1. Mit dem Gerät im READY-Status drücken sie ENTER und dann SELCT bis das Menü “Instrument tools” angezeigt wird. Dann drücken sie ENTER.

2. drücken sie ENTER um Zugang zum Menü “Test” zu bekommen

3. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die pneumatische Kreislauflinie auszuwählen, die getestet werden soll.

*Linie A pneumatic test*  
*Linie B pneumatic test*

4. drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen

5. Benutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie “Linie A Auto Span Test” oder “Linie B Auto Span Test” aus und drücken ENTER um den Test zu starten

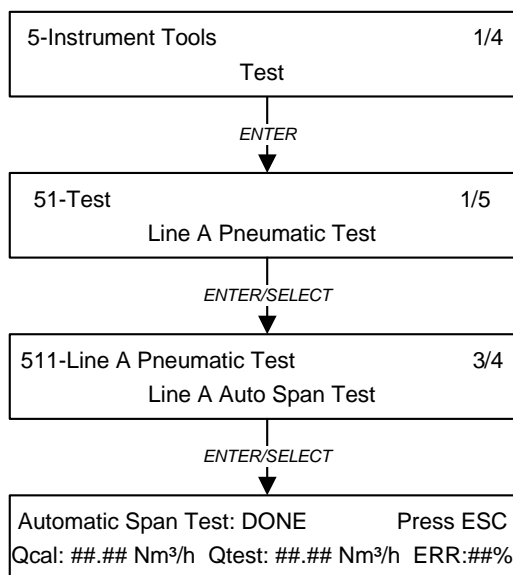


Abb. 7.7

Das Display zeigt die Werte von “ $Q_{test}$ ”, “ $Q_{cal}$ ” und die prozentuale Abweichung “ERR%” an

**Wenn die prozentuale Abweichung vom Startwert der Kalibrierung außerhalb des Intervalls  $\pm 4\%$  liegt, wird eine Warnmeldung automatisch angezeigt (Warnung 13, siehe Anhang 8), wenn die prozentuale Abweichung um  $\pm 10\%$ , außerhalb des Intervalls liegt, wird automatisch eine Alarmmeldung angezeigt.**

**ANMERKUNG 1:**

In Betriebsbedingungen wird dieser Test automatisch zu Beginn von jedem Zyklus durchgeführt und das Ergebnis im *Buffer Data* gespeichert.

**ANMERKUNG 2:**

Die Anzeige Err:+99.9% bedeutet, dass die Düse die “kritischen Bedingungen” nicht

---

erreicht hat. Das bedeutet, dass der Test nicht ausgeführt wurde.

Manual Span Test Startprozedur für die Überprüfung der pneumatischen Kalibrierung

Für dieses Verfahren ist es notwendig, das Gerät von der Probenahmelinie zu trennen, um das Flowmeter unter Nutzung des Adapters einzusetzen (Zubehör nicht in der Standardaustattung des Geräts enthalten).



Bevor der Test gestartet wird, ist es nötig:

- Sicherzustellen, dass keine Filter mehr im Gerät und im Lademagazin sind (siehe *Entladeverfahren*, Kap 5.10)
- Das Referenzgerät mit dem Probennehmer durch den Adapter zu verbinden, so dass derselbe Luftfluss durch die beiden Geräte fließt.

Wenn sie das das Flowmeter mit dem Eingang der Probenahmelinie verbinden wollen beachten sie bitte, dass der Wert der volumetrischen Flowrate  $Q_i$  der während des Tests auf dem Display auftaucht, sich auf die Temperaturbedingungen innerhalb des Aufbauraums bezieht. Die Bedingungen entsprechen nicht notwendigerweise den äußeren Bedingungen. Darum empfehlen wir den Standarddurchflussratenwert  $Q_s$  für den Test zu nutzen.



Verbinden sie das Flowmeter mit dem Gerät, trennen sie den Probenahmekopf von der Probenahmelinie und nutzen sie den passenden Adapter für die externe Flowratenkalibrierung (Zubehör nicht in der Standardaustattung des Geräts enthalten).



Der manuelle Test kann vom Display im READY-Status gestartet werden, indem sie das Menü *Instrument Tools / Test* nutzen und dem folgendem Verfahren folgen:



1. Mit dem Gerät im READY-Status drücken sie ENTER und dann SELCT bis das Menü "Instrument tools" angezeigt wird. Dann drücken sie ENTER.
2. Drücken sie ENTER um Zugang zum Menü "Test" zu bekommen
3. Benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die pneumatische Kreislauflinie auszuwählen, die getestet werden soll.

*Linie A pneumatic test*  
*Linie B pneumatic test*

4. Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
5. Benutzen sie die SELECT-Knöpfe, wählen sie "Linie A Auto Span Test" oder "Linie B Auto Span Test" aus und drücken ENTER
6. Setzen sie einen kompletten Filter in das Lademagazin und drücken ENTER um den Ladeprozess zu vervollständigen
7. Drücken sie ENTER um die Pumpe zu starten
8. Stellen sie die Ventilöffnung so ein, bis der Durchflussratenwert der vom Referenzgerät angezeigt wird, sich beim gewünschten Wert  $Q_{i\text{ ref}}$  stabilisiert. Um den gewünschten Durchflussratenwert zu erreichen, benutzen sie die Auswahlknöpfe: mit dem rechten „SELECT“-Knopf stellen sie den **St** Parameter ein, mit den „YES“ und „NO“-Knöpfen bestimmen sie den Durchflussratenwert der Ventilöffnung ein.

**St:** **H** (hoch) / **M** (mitte) / **L** (niedrig), zeigen die Ausdehnung des Regulierintervals, durch das es möglich ist den gewünschten Durchflussratenwert zu bestimmen

**V:** zeigt die Regulierventilposition, verglichen mit der Nullposition

**Qs:** zeigt den gemessenen Durchflussratenwert bei Standardbedingungen

**Qi:** zeigt den volumetrischen Einlassdurchflussratenwert, berechnet mit dem Temperaturwert, gemessen durch das Gerät im Installationsraum

9. Wiederholen sie diesen Vorgang für mindestens 3 verschiedene Punkte der Ventilregulierskala (wir empfehlen die ganze Ventilbereichsweite abzudecken)

Drücken sie ESC, um den Test anzuhalten.

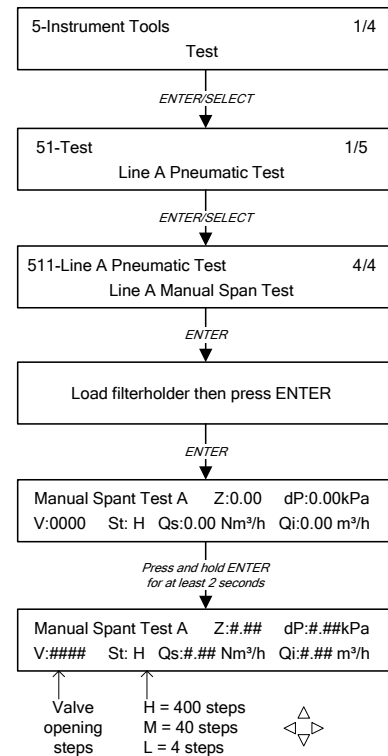


Abb. 7.8

## 7.2 ÜBERPRÜFUNG DER KALIBRIERUNG DES MASSENBESTIMMUNGSSYSTEM (Beta Span Test)



In Beziehung zum Umsetzungslevel der Messtechnik im Gerät **sind keine periodischen Kalibrierungen nötig** aber im Fall von Messsystemversagens erfordern die Ersetzung von einem oder mehr Bestandteilen (Geiger-Müller-Detektor und ähnliche Elektronik).

Aus diesem Grund behält die während des Abnahmetests ermittelte Kalibrierfunktion ihre Gültigkeit über das komplette Leben des GM Detektors  
Im Betrieb ist die korrekte Umsetzung des Messverfahren und die Beständigkeit der garantiert durch die umgesetzten Qualitätskontrollen (siehe Kap 2.6.2 "Automatischer Kalibriercheck und Qualitätskontrollen").

Das Gerät kann automatisch eine  $\beta$  Kalibrierüberprüfung ausführen (*Beta span test*) durch abwechselnde Messungen des  $\beta$ -Fluss in der Luft und des  $\beta$ -Fluss, der durch die Referenz-Aluminiummembrane fließt. Die Massendichtewerte von zwei Membranen, berechnet während des Tests, werden verglichen mit den Sollwerten. Der Test gibt die berechneten Massendichtewerte und prozentuale Abweichungen von den verschiedenen Sollwerten an.

### 7.2.1 Starten des Tests (STATUS: Sampling)

Zu Beginn jedes Betriebszyklus führt das Gerät automatisch den *Beta span test* durch (siehe Kap 2.6.2 "Automatischer Kalibriercheck und Qualitätskontrollen")

Es ist möglich, den *beta span test* während des normalen Probenahme- und Messzyklus durchzuführen, ohne den Betriebszyklus zu stoppen. Wenn sie dem Verfahren, dass unten beschrieben ist, folgen, ist es möglich zu Beginn des folgenden Massenbestimmungszyklus zu entscheiden, ob das Gerät den *beta span test* ausführen muss oder nicht.

- Mit dem Gerät im SAMPLING-Status, drücken und halten sie den ESC-Knopf für mindestens 5 Sekunden um Zugang zum *Menu code* zu bekommen (Zugang zu Hilfstools).
- Wählens sie *code 951* mit Hilfe der Select-Knöpfe und drücken ENTER, um Zugang zum Tool zu bekommen, das ermöglicht den *beta span test* zu Beginn der folgenden Probenahme aktivieren oder deaktivieren.
- Nutzen sie die YES/NO-Knöpfe um „ON“ oder „OFF“ zum Aktivieren bzw. Deaktivieren und drücken ENTER um die Wahl zu bestätigen. **Bei „ON“ wird der *beta span test* nur zu Beginn des Probenahmezyklus ausgeführt, der auf den aktuellen Probenahmeprozess folgt.**

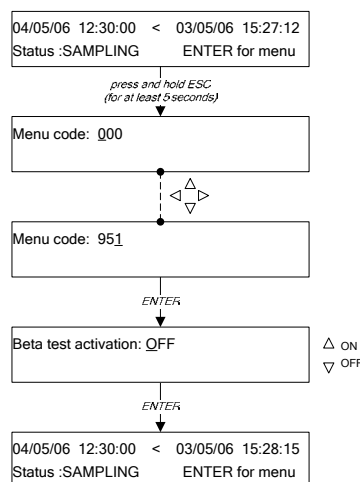


Abb. 7.9

**ANMERKUNG:** Der Test benötigt 40 Minuten, die die programmierte Probenahmezeit (*Timing*) für den aktuellen Zyklus herabsetzt.

### 7.2.2 Starten des Tests (STATUS: Ready)

Bevor der Test ausgeführt wird, stellen sie sicher, dass die Referenzmembran wie erforderlich in dem das Geräts eingesetzt wurden (siehe Kap 5.6 "Einsetzen oder Austauschen der Referenzaluminiumfolien").

Um den Test zu starten:

1. Mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie erst ENTER und dann SELECT bis das Menü "Instrument Tools" angezeigt wird
2. Drücken sie ENTER, um Zugang zum Menü zu bekommen
3. Drücken sie erst ENTER, und dann SELECT bis das Menü „Beta Span Test“ angezeigt wird.
4. Drücken sie ENTER, um den Test zu starten

Zu Beginn des Tests zeigt das Display die Counts bezüglich der Hintergrund-Radioaktivität (/D), der Luft (A), den Referenzmembranen Ra und R2 an.

Am Ende des Tests werden die folgenden Parameter für beide Referenzmembranen angezeigt:

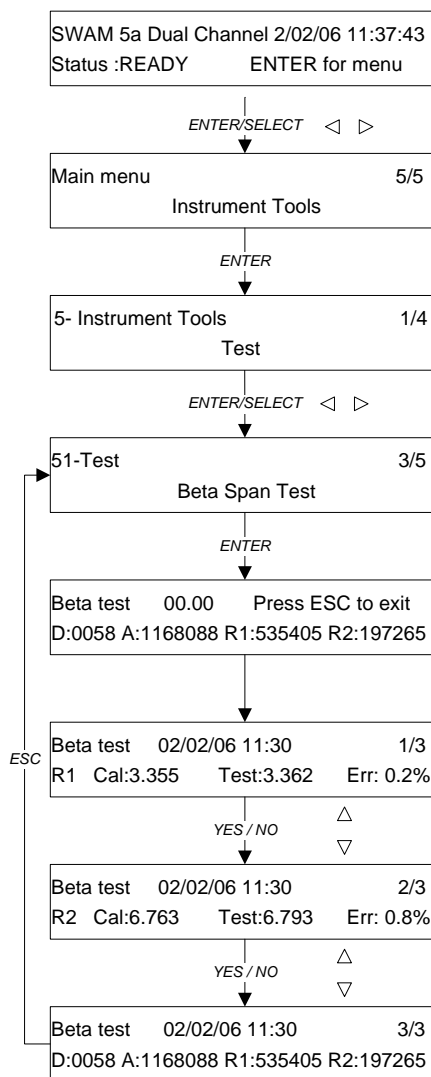
Cal: Wert der Masseneroberflächendichte der Referenzmembran (mg/cm<sup>2</sup>)

Test: Wert der Masseneroberflächendichte der Membran, geschätzt vom Gerät (mg/cm<sup>2</sup>)

Err: prozentualer Fehler

**ANMERKUNG:** Während des Tests, wird der effektive Wert der gemessenen Counts des Geiger-Müllers angezeigt. Am Ende des Tests werden die korrekten Counts der G.M. Totzeit gespeichert und angezeigt. Der Wert der genutzten Totzeit ist der, der vom G.M. Produzent geliefert wird (da die Kalibrierfunktion empirisch ist, ist bei einem effektiven Wert der Totzeit der verschieden von dem vom Produzent gelieferte Wert ist, nicht die Qualität der Massenmessungen beeinflusst.)

**Wenn die prozentuale Abweichung (Err) zwischen der Soll-Oberflächenmassendichte und der gemessene Wert für eine oder beide Referenzmembran  $\pm 5\%$  außerhalb des Intervalls liegt, wird automatisch eine Warnmeldung aktiviert (Warnung 14, siehe Anhang 8).**



### 7.3 BATTERIETEST

Um den Ladestatus der Notstandbatterien zu überprüfen, folgen sie dem folgendem Verfahren:

1. Mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie erst ENTER und dann SELECT bis das Menü "Instrument Tools" angezeigt wird
2. Drücken sie ENTER, um Zugang zum Menü zu bekommen
3. Drücken sie erst ENTER und dann SELECT bis das Menü „Battery Test“ angezeigt wird.
4. Drücken sie ENTER um den Test zu starten

Das Display zeigt Werte der folgenden Parameter:

**Vps:** zeigt die interne Betriebsspannung des Geräts

**I:** zeigt die aktuelle Batterieladerate

**Vb1:** zeigt die Lastbatteriespannung

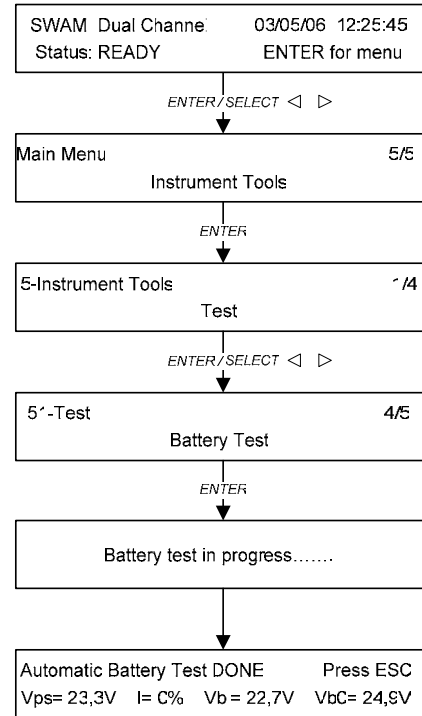
**Vb0:** zeigt die Nullbatteriespannung

Wenn das Gerät den Test nicht übersteht (die Batterieladung ist unzureichend um sicherzustellen, dass das Gerät arbeitet), werden die rote LED "Batterieladung niedrig" und die gelbe LED „Warnung“ auf dem vorderen Bedienfeld aufleuchten.

**ANMERKUNG:**

Dem Gerät ist es auch möglich automatisch, den Batteriehochspannungstest während der Probenahme- und Messzyklen durchzuführen.

Wenn die Batteriehochspannung zu niedrig ist und nicht fähig ist, sicherzustellen, dass das Gerät arbeitet, wird eine Warnmeldung angezeigt und im Buffer Data gespeichert werden (Warnung 28, siehe Anhang 8).



### 7.4 MODEM SIGNAL

Das Gerät kann mit einem Modem (PSTN, ISDN, GSM, GPRS) ausgestattet werden, dass eine komplette Geräterfernbedienung ermöglicht und im Besonderen:

- die Betriebsparameter zu bestimmen
- Zugang zu den Probenahme- und Messdaten zu haben
- Die mechanische Funktionalität zu überprüfen
- Zugang zu den „Überwachungsfiles“ zu bekommen
- Automatisch diagnostische SMS des Geräts zu erhalten

Für die Verbindung mit dem Modem muss ein serielles RS232 Kabel benutzt werden, dass für einen 9 poligen Stecker [**Modem**] passend, der auf der Rückseite des Geräts platziert ist.

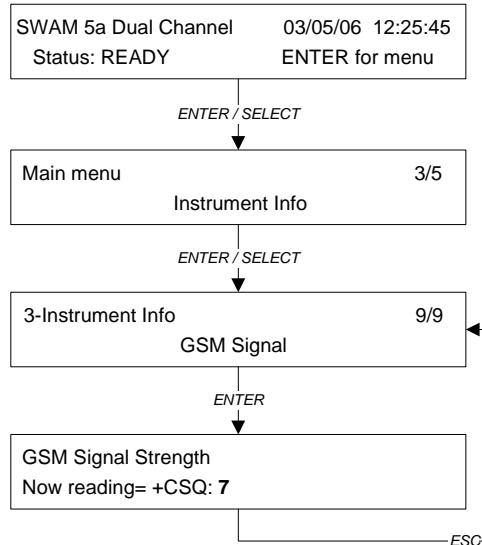
Es ist möglich direkt auf dem Display die Signalstärke des Modems zu überprüfen:

1. Mit dem Gerät im READY-Status, drücken sie erst ENTER und dann SELECT bis das Menü "Instrument Info" angezeigt wird.
2. Drücken sie ENTER um Zugang zum Menü zu bekommen
3. Drücken sie SELECT bis „GSM Signal“ angezeigt wird
4. Drücken sie ENTER um den Test zu starten

Der Signalintensitätswert wird angezeigt und einmal pro Sekunde aktualisiert und ein Geräusch wird gesendet:

- Signal zwischen 0-10 (unzulängliches Signal)
- Signal zwischen 10- 98 (Betriebsbereich)
- Signal 99 (kein Signal)

**ANMERKUNG:** Wir empfehlen das GSM Modem so zu platzieren, dass ein Signal > 15 erreicht wird.



### 7.5 SMS TEST

Der *SMS Test* ermöglicht es die korrekte Arbeit des Short Message Service, der SMS zu den Handynummern des Operators und Benutzers schickt, zu überprüfen, welche vorher einprogrammiert wurden (siehe Kap. 6.6 “*SMS Service*”).

Um den Test auszuführen, folgen sie dem folgendem Verfahren:

1. Vom Hauptmenü im *READY*-Status drücken sie *ENTER* und wählen das Menü *Instrument Tools* aus, indem sie die *SELECT*-Knöpfe benutzen
2. Drücken sie *ENTER* um Zugang zum Testmenü zu bekommen
3. Drücken sie erneut *ENTER* und wählen sie *SMS Test* aus, indem sie *SELECT*-Knöpfe benutzen
4. drücken sie *ENTER* und, benutzen die *SELECT*-Knöpfe, wählen den Benutzer zudem die Meldung geschickt werden soll (*Operator* oder *User*). Drücken sie erneut *ENTER* um ihre Wahl zu bestätigen.

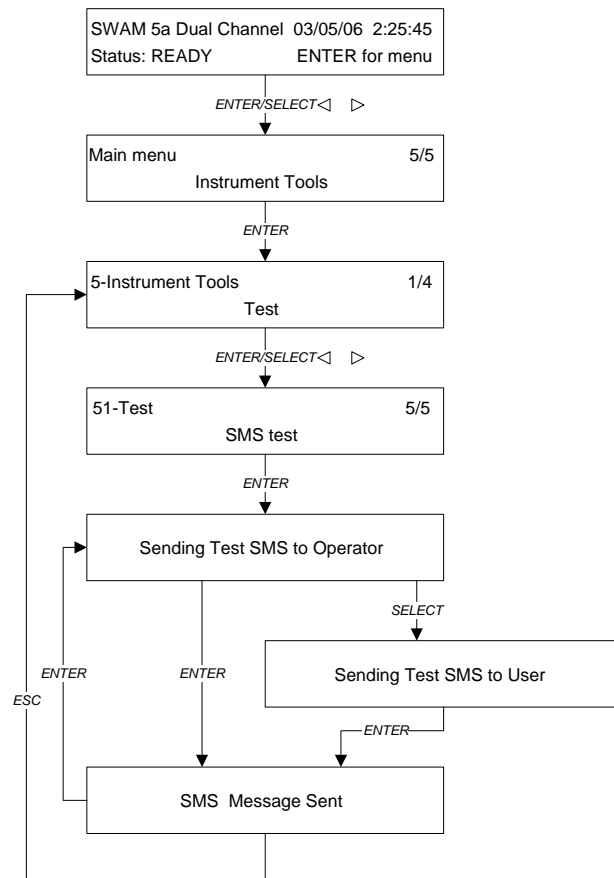


Abb. 7.10

Wenn der Benutzer keine SMS erhält, überprüfen sie:

- ob das GSM Modem richtig installiert ist (siehe Kap. 7.4)
- der Modemtest die richtigen Ergebnisse bringt
- die GSM Kartenverträge (Modem und Operator) nicht ausgelaufen sind

### 7.6 VOLLER MECHNIKTEST

Der vollständige Test der Mechanik ermöglicht die Überprüfung der Funktionalität aller Servomechanismen, die in dem Betriebszyklus des Geräts involviert sind.

Damit der Test gesichert ist, stellen sie sicher, dass wenigstens ein Filter im Lademagazin ist. Um den Test zu starten, beachten sie das Verfahren das in Abb. 7.11 gezeigt wird.

Nachdem der *Full Mech Test* (siehe Abb. 7.11) ausgewählt wurde, ist es möglich, zu entscheiden, ob die Testergebnisse an einen externen PC, der mit einer RS232 seriellen Schnittstelle angeschlossen ist, zu schicken (*Monitor on Serial Ext? YES or NO.*)

Der Test dauert solange bis alle Filter im Lademagazin entladen wurden. Trotzdem ist es möglich den Test durch ESC zu stoppen.

Wenn der Test die richtigen Resultate gibt, erscheint **Err:00** auf dem Display. Wenn während des Tests anormale Arbeitsbedingungen entdeckt werden, werden die dazugehörigen Fehlermeldungen angezeigt, mit denen die involvierten Servomechanismen und ihre Unregelmäßigkeit identifiziert werden können.

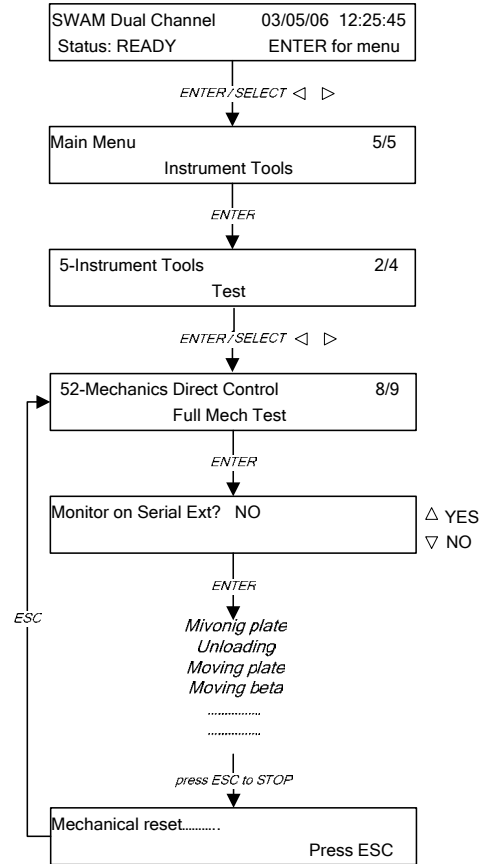


Abb. 7.11

## 7.7 NULL TEST: Offset Überprüfung

Der Null Test kann ausgeführt werden, um die Response des Massenbestimmungssystems zu überprüfen, wenn Schwebstaub in der Probe aus dem Probenahmeffluss entfernt wurde. Unter diesen Bedingungen sind die gemessene Masse und daher auch der relative „erwartete“ Konzentrationswert gleich Null.

1. Verbinden sie den Absolutfilter (Abb. 7.12 Gerät nicht in der Standardaustattung des Geräts enthalten) mit den Probenahmelinien anstelle der Probenahmeköpfe, unter Verwendung des Adapter „a“ (Abb. 7.13). Eine andere Möglichkeit ist es den Absolutfilter direkt mit dem Gerät zu verbinden durch unter Verwendung des Adapters „b“ (Abb. 7.14)

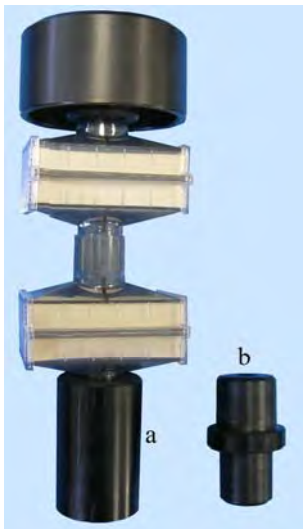


Abb. 7.12



Abb.7.13



Abb.7.14

2. Montieren und laden sie in das Gerät eine passende Anzahl an Filtern, indem sie Filtermembrane in der gleichen Größe verwenden, wie die, die bei den Probenahmen benutzt werden wie „Beta-äquivalente Spotbereiche“ von 5.20 cm<sup>2</sup>, 7.07 cm<sup>2</sup> oder 11.95 cm<sup>2</sup>.
3. Starten sie das Gerät in „Monitor Mode Linie A&B“ und stellen sie es auf 12 Stunden „Timing“
4. Am Ende des programmierten Probenahmezyklus, laden sie die „Buffer Data“ herunter (siehe Anhang 1 und 2).
5. Die Massen- und Konzentrationswerte werden während des Tests bestimmt, zusammen mit den aktuellen Volumendaten, die in den Spalten 47, 49 und 19 im Buffer Data gespeichert werden (siehe Anhang 1)

Es wird erwartet, dass die erhaltenen experimentellen Masse und Konzentrationswerte um den Wert Null gestreut sind und sowohl negative als auch positive Werte annehmen können.



## KAPITEL 8

### 8 8. WARTUNG

#### 8.1 PRÄVENTIVE ROUTINEWARTUNG

Zur präventiven Wartung gehört ein Routinesystemmanagement, inklusive Säuberungsprozeduren am Gerät und all die Überprüfungen, die der Betreiber während des normalen Gerätbetriebszyklus ausführt.

Die empfohlenen Überprüfungen und präventiven Wartungseingriffe sind in der Tabelle unten aufgelistet:

<b>Aktion</b>	<b>Wiederholung</b>
Probenahmekopf säubern und fetten	(halb-)monatlich
Probenahmelinie entleeren	Dreimonatlich
Prüfung der Probenahmelinie	Dreimonatliche
Überprüfung des Öllevel und der Betriebsluftkompressorfilter	Halbjährlich
Ersatz von Teilen der Vakuumpumpe unter Verwendung des Wartungskits (nicht im Lieferumfang enthalten)	Jährlich

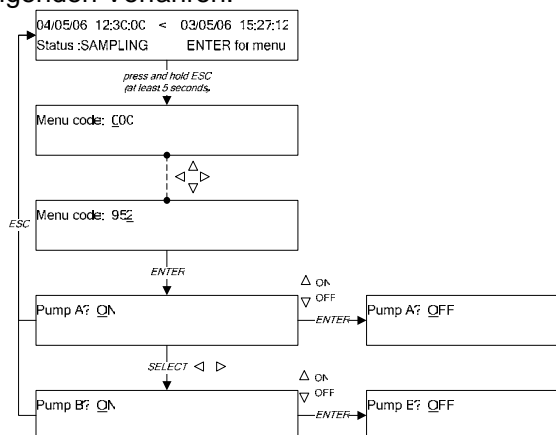
Die Betriebsbedingungen des Geräts können über die Zeit sehr verschieden sein. Darum empfehlen wir die Wartungsarbeiten zu geeigneten Intervallen durchzuführen, die den Realbedingungen entsprechen, unter der Berücksichtigung der Empfehlungen der Tabelle als Leitfaden.

### 8.1.1 Probenahmekopf säubern

Die Säuberung der Probenahmeköpfe kann ausgeführt werden, wenn das Gerät im Ready-, Probenahme- oder Endstatus ist. Wenn das Gerät im Probenahme oder Endstatus ist, ist es notwendig erst die Vakuumpumpen auszuschalten, bevor der Probenahmekopf von der Probenahmelinie entfernt wird.

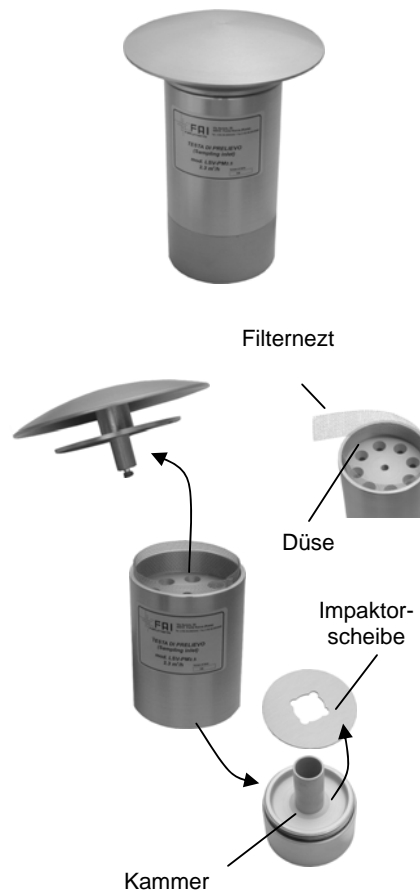
Um die Pumpen auszuschalten, folgen sie dem folgenden Verfahren:

- Vom Hauptfenster aus drücken und halten sie den ESC-Knopf für mind. 5 Sekunden um Zugang zum *Menu code* zu bekommen (Zugang zu Hilfstools)
- Wählen sie Code 952 aus indem sie die Select-Knöpfe verwenden und drücken ENTER um Zugang zu dem Gerät für die Pumpenkontrolle zu bekommen
- Wählen sie die gewünschte Pumpe zum ausschalten, indem sie die Select-Knöpfe benutzen
- Drücken sie NO um OFF auszuwählen
- Drücken sie ENTER um das Ausschalten der Pumpe zu bestätigen



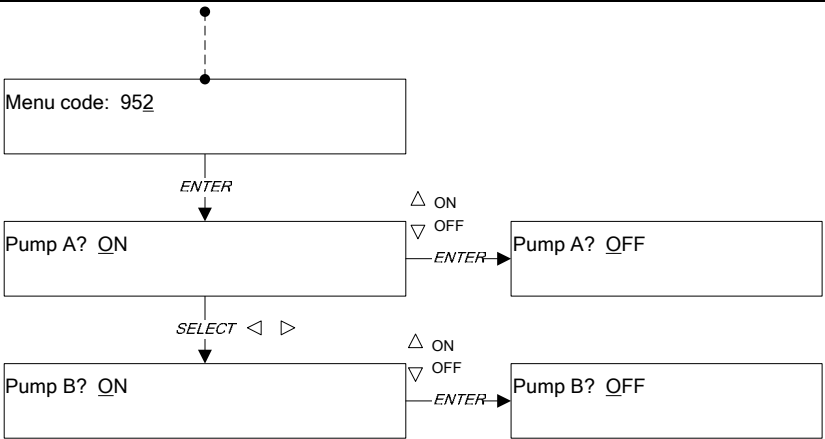
Nachdem die Pumpen ausgeschaltet sind, ist es möglich, mit der Entfernung und der Säuberung der relativen Probenahmeköpfe zu fortfahren:

- Entfernen sie den Probenahmekopf, nehmen sie ihn von der Probenahmelinie
- Zerlegen sie den Probenahmekopf
- Entfernen sie sorgfältig die Staubablagerungen von der Impaktorscheibe und die Kondensation, die in der Kammer darunter akkumuliert ist
- Säubern sie alle Komponenten mit Wasser und einem leichtem Spülmittel
- Trocknen Sie sie mit einem sauberen Tuch und blasen sie Druckluft durch die Düsen
- Tragen sie wieder eine Schicht Fett auf die Impaktorfläche auf
- Entfernen sie Insekten und Pflanzenteile vom Filternetz
- Überprüfen und ersetzen sie ggf. die zwei haltenden o-Ringe für die Verbindung Probenahmekopf-Probenahmelinie und fetten sie diese ein
- Setzen sie den Probenahmekopf wieder zusammen



**ANMERKUNG:** Der Säuberungseingriff muss wenigstens monatlich erfolgen. Ein richtiger Eingriffsplan muss die erwarteten Konzentrationslevel und die granulometrische Cut-Size des genutzten Probenahmekopfs beachten.

Nachdem der Probenahmekopf wieder zusammengebaut ist, nutzen sie das Tool für die Pumpenkontrolle um die Pumpen wieder anzuschalten

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wählen sie die gewünschte Pumpe aus indem sie die Select-Knöpfe benutzen</li> <li>- Drücken sie YES um ON auszuwählen</li> <li>- Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen und die Pumpen anzuschalten</li> </ul>	 <pre> graph TD     Start(( )) -.-&gt; Menu[Menu code: 952]     Menu -- ENTER --&gt; PumpA[Pump A? ON]     PumpA -- ENTER --&gt; PumpA_OFF[Pump A? OFF]     PumpA -- "SELECT &lt; &gt;" --&gt; PumpB[Pump B? ON]     PumpB -- ENTER --&gt; PumpB_OFF[Pump B? OFF]     </pre>
---	--

**ANMERKUNG.** Zu Beginn von jedem Probenahme- und Messzyklus und nachdem die beprobten Filter entladen wurden (am Ende der Collect-Massenbestimmungssession), werden die Absaugpumpen automatisch aktiviert.

### 8.1.2 Kondensationsentwässerung der Probenahmelinie

Dreimonatlich, und unter bestimmten Umweltbedingungen mit einer hohen Kondensationsmenge, empfohlen wird die Probenahmelinie wie folgt zu entwässern:

- Stellen sie einen kleinen Behälter in die Nähe des Abflusstöpsel
- Entfernen sie den Abflusstöpsel
- Entfernen sie die angesammelte Kondensation
- Stecken sie den Stöpsel zurück an seinen Platz



Abb. 8.1



Abb. 8.2

### 8.1.3 Inspektion der Probenahmelinie

Wir empfehlen dreimonatlich die Probenahmelinien wie folgt zu überprüfen:

- Schalten sie das Gerät aus
- Entfernen sie die Wärmeisolationsschutzhülle und entfernen sie die Probenahmeeinheit von der Probenahmelinie
- Entfernen die alle möglichen Insekten und Pflanzenreste vom Filternetz, welches an der Probenahmelinie unter der Luftergangsschutzhülle platziert ist
- Stellen sie sicher, dass keine Wassereinbrüche in der Probenahmelinie und besonders im Gerät, wegen des Kondensationsphänomens, verursacht werden.
- Trocknen und entfernen Sie möglichen Ablagerungen von der Oberfläche
- Überprüfen, fetten, und falls nötig, ersetzen sie die zwei fixierenden O-ringe der Hülle auf der die Gelenkkupplung platziert ist
- Verbinden sie die Probenahmeeinheit wieder mit der Probenahmelinie und setzen sie die Wärmeschutzhülle ein



***Im Falle von Wassereinbrüchen innerhalb des Geräts, fragen sie nach einem direkten Eingreifen eines FAI Instruments Technikers.***

### 8.1.4 Überprüfung des Betriebsluft Kompressors

Halbmonatlich ist es nötig den Betriebsluftkompressor zu überprüfen und zu kontrollieren, und im Besonderen:

- Überprüfen sie das Öllevel, und wenn nötig, füllen sie es auf
- Überprüfen sie den Zustand der flexiblen Luftanlegers
- Überprüfen sie die Luftfilter und reinigen diese, wenn nötig



***Um Ölverluste während der Kompressorwartung zu vermeiden, kippen sie ihn nicht und drehen ihn nicht um.***

### 8.1.5 Vakuumpumpenwartung

Jährlich ist es notwendig die Vakuumpumpenteile zu ersetzen, indem sie das Ersatzteilkit benutzen, dass vom Hersteller empfohlen wird (siehe Anhang 9 „Optional accessories and spare parts list“).



***Folgen sie den Anweisungen des Pumpenherstellers sorgfältig.***

## 8.2 REPARATUREN

Mit Reparaturen meinen wir alle Eingriffe, die nötig sind, um zum normalen Gerätezustand nach Versagen oder nach langen Phasen der Inaktivität zurückzukehren.



### **WARNUNG:**

**Nur technisch qualifiziertes und autorisiertes Personal kann das Gerät öffnen und Zugang zu den internen Teilen bekommen.**

**Das Gerät enthält gefährliche Hochspannung und eine radioaktive Quelle.**



**Wartungsreparaturen können nur ausgeführt werden von:**

- **Qualifizierten Technikern**, die Gerätewartungsreparaturen auf Basis von detaillierten technischen Instruktionen während eines entsprechenden Trainingskurs erhalten haben, durchführen können
- **FAI Instruments s.r.l. Technischer Unterstützungsservice**
- **Autorisierte technische Unterstützungszentren**



**Gerätemodifikationen und –Transformationen sind verboten. Im Falle von Modifikationen und Transformationen muss der Benutzer die volle Verantwortung für alle folgenden Konsequenzen übernehmen.**

**Im Falle von Modifikationen, empfehlen wir den Hersteller zu informieren, damit die Garantie erhalten bleibt.**

### 8.3 LAGERUNG UND ENSORUNG

Im dem Fall, dass das Gerät temporär gelagert wird, deaktivieren sie das System und kleben sie passende "OUT OF SERVICE MATERIAL" Markierungen/Schilder.

Das Gerät, wenn möglich in seiner Originalverpackung, muss drinnen in horizontaler Lage gelagert, keine anderen Gewichte dürfen darauf liegen.




Die Lagertemperatur muss zwischen -10 und + 55°C liegen, damit Schäden an Teilen des synthetischen Materials und der Elektronik verhindert werden können.

Die relativen Feuchtigkeitswerte bei der Lagerung müssen so sein, dass Kondensation verhindert wird.

Am Ende des Betriebslebens des Geräts, ist es nötig es zu entsorgen, so dass **keine Gefahr für Menschen verursacht wird und die Umwelt nicht belastet wird..**

Im Fall der endgültigen Zerlegung des Geräts, nehmen sie das Gerät auseinander und sortieren die Materialien je nach Typ. Die Hauptkomponenten die auseinander genommen werden können sind:

- Ionisierende Strahlungsquelle
- Verschiedene metallische Materialien (Aluminium, Karbon und Edelstahl, Kupfer)
- Kunststoffmaterialien (PVC, Polyethylene, ABS, Nylon, Teflon)
- Elektrische und elektronische Komponenten (Metalle und Teile im synthetischen Material)
- Elastomere (Viton, Gummi)
- Bleiakkus

	<p><b><i>Warnung: Die radioaktive Quelle muss von qualifiziertem und autorisiertem Personal demontiert werden, ihre Lagerung oder Entsorgung muss in Übereinstimmung mit den vollstreckbaren spezifischen Sicherheitsregelungen ausgeführt werden</i></b></p>
---	---

Die zu entsorgenden Materialien müssen spezialisierten Firmen übergeben werden, abhängig vom Typ und der Gefahr, in Übereinstimmung mit den aktuellen Regulierungen. Wenn möglich, muss das Material recycled werden.

## 9 Anhänge

<b>Anhang 1</b>	Buffer Data Struktur	Liste der Probenahme- und Messdaten, die im Buffer enthalten sind
<b>Anhang 2</b>	Liste der PC Befehle (RS232)	Wie das Gerät über einen externen PC der Probenahmezyklusprogrammierung und der Datenuntersuchung und –Download gemanagt werden kann.
<b>Anhang 3</b>	Menüstruktur	Struktur des Gerätemenüs
<b>Anhang 4</b>	Geräteeinstellungen	Wie die Probenahme- und Messparameter eingestellt werden
<b>Anhang 5</b>	Instrumentinfo	Liste der verfügbaren Informationen
<b>Anhang 6</b>	Test und “QC” (Geräte-Tools)	Liste der automatischen und manuellen Tests
<b>Anhang 7</b>	ALARM-Meldungcodes	Interpretationen der Alarmmeldungscodes
<b>Anhang 8</b>	WARN-Meldungscodes	Interpretation der Warnmeldungscodes
<b>Anhang 9</b>	Optionales Zubehör und Ersatzteile	Liste des optionalen Zubehörs, welches nicht in der Standardausstattung des Geräts enthalten ist und der Hauptersatzteile
<b>Anhang 10</b>	Konfigurationen der Probenahmelinien	Einige Beispiele
<b>Anhang 11</b>	Massenmessungen	Informationen über die Massenbestimmungsmodule und die Messsequenzen
<b>Anhang 12</b>	Sequentielle Betriebsschritte	Informationen zu das Filterlade-Sequenzen und den Probenahmezyklen



## 10 ANHANG 1: Buffer Data Struktur

Die Tabelle unten zeigt die Struktur der im Buffer Data gespeicherten Daten

Abkürzung	Beschreibung	Format	Einheit
Record	Nummer d. Aufzeichnung (Intern fortschreitende Referenznr.)	####	
Sampling start	Startdatum/-zeit der Probenahme	##/##/## ##:##	dd/mm/yy hh:mm
Sampling end	Enddatum/-zeit der Probenahme	##/##/## ##:##	dd/mm/yy hh:mm
Cycle	Fortschreitende Zyklusnummer	####	
Filter	Fortschreitende Filternummer	####	
Line	Probenahmelinie	A or B	
Power down	Dauer des Stromausfalls im Verhältnis zum Zyklus (Batteriebetrieb)	##.##	hours:min
Leak test[ml/(min*kPa)]	Leaktest Ergebnis	##.##	ml/(min kPa)
Span test[%]	Spantest Ergebnis	##.#	%
Inlet volume[m <sup>3</sup> ]	Gesamtvolumen am Eingang	###.###	m <sup>3</sup>
Standard Volume[Nm <sup>3</sup> ]	Gesamtvolumen unter Standardbedingungen (Werkeinstellungen: 273.1K;101.3kPa)	###.###	Nm <sup>3</sup>
Sampling time ratio [%]	Prozentualer Anteil der realen Probenahmezeit verglichen mit der programmierten Zeit	###.#	%
Min.Ext.Temp.[K]	Minimale externe Temperatur während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Avg.Ext.Temp.[K]	Durchschnittliche externe Temperatur während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Max.Ext.Temp.[K]	Maximale externe Temperatur während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Min.Filter Temp.[K]	Minimumale Temperature auf der Akkumulierungsfläche während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Avg.Filter Temp.[K]	Durchschnittliche Temperature auf der Akkumulierungsfläche während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Max.Filter Temp.[K]	Maximale Temperature auf der Akkumulierungsfläche während des Probenahmeprozesses	###.#	K
Min.Atm.Press.[kPa]	Minimaler Atmosphärendruck	###.#	kPa
Avg.Atm.Press.[kPa]	Durchschnittlicher Atmosphärendruck	###.#	kPa
Max.Atm.Press.[kPa]	Maximaler Atmosphärendruck	###.#	kPa
RSD[%]	RSD Variablenwert siehe Kap. 2.4)	##.#	%

Initial Press.Drop[kPa]	Initialer Filterdruckabfall	##.#	kPa
Final Press.Drop[kPa]	Finaler Filterdruckabfall	##.#	kPa
Max.Press.Drop[kPa]	Maximaler Filterdruckabfall	##.#	kPa
max.DT[K]	Maximaler Unterschied zwischen der externen Temperatur und der auf der Akkumulationsfläche (Maximaler $\Delta T$ Wert)	$\pm$ ###.#	K
max.DT Time	Maximales $\Delta T$ Datum und Zeit	##/##/## ###:##	dd/mm/yy hh:mm
DT>5 K Time	Benötigte zeit, so dass die max. $\Delta T$ den Grenzwert von 5K überschreitet	###:##	hhh:mm
Avg.DT[K]	Durchschnittlicher $\Delta T$ Wert während des Probenahmeprozesses	##.#	K
Dark[counts/min]	$\beta$ -Fluss Hintergrundradioaktivität	####	Count/min
Air[counts/min]	$\beta$ -Fluss in der Luft	#####	Count/min
Spy Blank[counts/min]	$\beta$ -Fluss Spyfilter S12/S34/S56 während der <i>blank-Messsession</i>	#####	Count/min
Spy Blank SD[counts/min]	Standardabweichung der $\beta$ -Fluss Spyfilter S12/S34/S56	#####	Count/min
Blank[counts/min]	$\beta$ -Fluss Blankfilter	#####	Count/min
Temp.Blank[K]	Temperatur der Blankfiltermessfläche	###.#	K
Press.Blank[kPa]	Druck der Blankfiltermessfläche	###.#	kPa
Geiger HV Blank[V]	Geigerhochspannung während der <i>Blank-Messsession</i>	###.#	V
RH Blank[%]	RH während der während der <i>Blank-Messsession</i>	###	%
Nat.Rad.[counts/min]	$\beta$ -Fluss natürliche Radioaktivität	#####	Count/min
Spy Collect[counts/min]	$\beta$ -Fluss Spyfilter S12/S34/S56 während der <i>Collect-Messsession</i>	#####	Count/min
Spy Collect SD[counts/min]	Standardabweichung der $\beta$ -Fluss Spyfilter S12/S34/S56	#####	Count/min
Collect[counts/min]	$\beta$ -Fluss beprobten Filter	#####	Count/min
Temp. Collect[K]	Temperatur der Messfläche der beprobten Filter	###.#	K
Press. Collect [kPa]	Druck der Messfläche der beprobten Filter	###.#	kPa
Geiger HV Collect[V]	Geigerhochspannung während der <i>Collect-Messsession</i>	###.#	V
RH Collect[%]	RH während der <i>Collect-Messsession</i>	###	%
Mass[ug]	Probemasse	+/- #####	$\mu\text{g}$
Mass Error[ug]	Fehler der Massenberechnung	###	$\mu\text{g}$
Conc.[ug/m^3]	Konzentration	+/- ###.#	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Standard Conc.[ug/Nm^3]	Konzentration bei Standardbedingungen	+/- ###.#	$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Warnings	Warnbits	#####	

## 11 ANHANG 2: Liste der PC Befehle (RS232)

Ein Befehl besteht ausschließlich aus ASCII-Schriftzeichen, um so einen einfachen Zugang zu den Informationen und Funktionalitäten des Geräts über einen PC, ausgestattet mit RS232 serielle Schnittstelle und gebräuchlicher Terminal Software zu ermöglichen.

Die Verbindungseinstellungen sind:

- Speed: 19200 baud
- Parity: none
- Data bit: 8
- Stop bit:1
- Flow control: none

Die Befehle haben folgende Syntax:

**<command code>[<specifiers>]<CR>**

Mit:

**<command code>**, ist ein Paar von numerischen Schriftzeichen im ASCII-Format im Intervall [00÷99].

**<specifiers>**, sind eine oder mehr optionale ASCII-Schriftzeichen, die den Befehl spezifizieren.

**<CR>** (ASCII 13), ist der Abschluss von jedem/r Befehl/Antwort an/von dem Gerät.

Als Antwort zu jedem gegebenen Befehl, sendet das Gerät mindestens ein Schriftzeichen, gemäß der Tabelle unten, und falls erwartet, die Antwort auf den Befehl.

Antwort	Bedeutung
<	Befehlslänge kürzer als 3 Bytes (Befehl +CR)
?	Befehl aus dem Intervall 00 ÷ 99
*	Nicht durchführbarer Befehl
#	Befehlslänge entspricht nicht in der erwarteten Länge
=	Befehl erkannt und ausgeführt

Wenn der Befehl nach einer Antwort fragt, sendet das Gerät:

**=<response>**

Die **<response>** kann länger als eine Zeile lang sein. Jede Zeile endet mit dem Schriftzeichen **<CR>** :

**<line-1><CR>[<line-2><CR><line-3><CR>....<line-N><CR>]**

Jede **<line-i>** besteht aus einem oder mehr Feldern, die durch ein Komma getrennt sind (ASCII 44):

**<field-1>[,< field -2>,< field -3>,....,< field -N>]**

Jedes < **field -i**> besteht aus einer Sequenz von ASCII-Zeichen

< **ASCII characters sequence that cannot contain commas**>

Die nicht ganzzahligen numerischen Daten werden mit einem Punkt (ASCII46) dargestellt, um die ganze Zahl vom Dezimalteil zu trennen.

Wenn auf einen Befehl hin funktionale Parameter gesendet werden müssen, lautet die Antwort:

- =? - Wenn die Parameter falsch sind
- =! - Wenn die Parameter akzeptiert wurden

Die Tabelle unten listet alle für den Benutzer verfügbaren Befehle und ihre Beschreibung auf. Bitte beachten sie, dass das Symbol „#“ eine numerisches ASCII-Schriftzeichen darstellt im Intervall [0 ÷ 9].

**ANMERKUNG 1:** Die Elemente innerhalb der eckigen Klammer stellen optionale Daten in der Antwort/ dem Befehl dar.

Befehl	Beschreibung	Antwort
<b>050</b>	Kalibrierparameter werden gelesen	=14/06/07,14/06/07,001,0127,101.5,4.213,2.220, 0.003,0.1605,2.413,-0.001, 0.1636, 0,2080,0.001000,2.220, 0.003,-0.028000,2.413,-0.001,0.092000, -0.880800,5.413100,3.405000,6.810000, 160000, 1600,1.007,1.007, 1.000,1.000, 0.000, 5, 2.8,0.100, 0.28, 10, 10
		###/###/### Datum der Kalibrierung 14/06/07
		###/###/### Datum des Updates 14/06/07
		### Nummer des Updates 1
		#### Seriennummer des Geräts 127
		###.# Atmosphärendruck kPa 101.5
		##.### Referenzhochspannung des Atmosphärendrucks (V) 4.213
		##.### Serviceinfo (Durchflussrate A) 2.22
		###.### Serviceinfo (Durchflussrate A) 0.003
		##.##### Auto Span Test Konstantlinie A 0.1605
		##.### Serviceinfo (Durchflussrate B) 2.413
		###.### Serviceinfo (Durchflussrate B) -0.001
		##.##### Auto Span Test Konstantlinie B 0.1636
		##### Offset reset regulier valve of the flow rate A (calibration constant) 0
		##### Offset reset regulier valve of the flow rate B (calibration constant) 2080
		#.##### Koeffizient "a" der Kalibriergleichung von Linie A Durchflusssystem 0.001
		##.### Koeffizient "b" der Kalibriergleichung von Linie A Durchflusssystem 2.22
		###.### Koeffizient "c" der Kalibriergleichung von Linie A Durchflusssystem 0.003
		#.##### Koeffizient "a" der Kalibriergleichung von Linie B Durchflusssystem -0.028
		##.### Koeffizient "b" der Kalibriergleichung von Linie B Durchflusssystem 2.413
		###.### Koeffizient "c" der Kalibriergleichung von Linie B Durchflusssystem -0.001
		#.##### Koeffizient "a" der Kalibriergleichung des Massenbestimmungssystems 0.092



	###	Mindestvolumen des Probennehmers in % für die Gültigkeit der Massenkonzentrationsdaten	750	
	##	Geräte-ID	ID	
	#####	TCP Port	33333	
	#####	UDP Port	33334	
	Domain	Domain	DOMAIN	
	Host	Host	HOST	
	###.#	Temperaturwert mit „Sensor nicht verbunden“ (K)	293	
	+##### ##	Service-Telefonnummer	+3900000000	
	+##### ##	Operator-Telefonnummer	+39000000000	
	+##### ##	Benutzer-Telefonnummer	+39000000000	
	##.##	Beta Spotbereich (cm <sup>2</sup> )	5.2	
	##.##	Beta-äquivalenter Spotaera Index 0 (cm <sup>2</sup> )	5.2	
	##.##	Beta äquivalenter Spotbereich Index 1 (cm <sup>2</sup> )	7.07	
	##.##	Beta äquivalenter Spotbereich Index 2 (cm <sup>2</sup> )	11.95	
	#	Betamessungen	1	
	#	Freigabezeichen für Datenübertragung über serielle Schnittstelle oder Modem 0=aus 1= Schnittstelle an 2= Modem an	0	
	###	Kapazität der Filterlademagazinreserve	6	
	###	Reservelimit des EntLademagazin	25	
	###	Maximale Kapazität des Entlademagazins	35	
	###.#	Auto leak test Volumen (l)	1.3	
	###.#	Manual leak test Volumen (l)	1.3	
	#	Freigabezeichen "Beta span test" 0=aus 1=an (siehe Kap. 7.2.1)	0	
	#####	Fortlaufender Zeitübertragungsverzug an serieller Schnittstelle	200	
	##.#	Minimalspannung der Hilfsbatterie (V)	22	
	#####	K shape Linie B	1	
	#####	Massenbestimmunglinie Linie B	0	
	####	DACEndausschlagLinie B	200	
	#####.##	OPC DACEndausschlag	577142.9	
	#	Modem Hand Shake	0	
	###.#	Minimallimit des Druckabfalls (kPa) im pneumatischen Kreislauf, vor der automatische Ausschaltung der Absaugpumpe	4	
<b>052</b>	Eingestellte Parameter werden gelesen	=SET: 2.30, 90, 0, 0,0,273.1,101.3,2.30, 90, 0, 0,0,273.1,101.3,21/09/07 22:00,008:00,000:00,000:00,0,0,0,1.84,273.0,01		
		##.##	Durchflussrate Linie A (m <sup>3</sup> /h)	2.3
		###	Prozentuale Minimaldurchflussrate Linie A	90
		##	Minimaler Druckabfall Linie A (kPa) 0=deaktiviert	0

		##	Maximaler Druckabfall Linie A (kPa) 0= deaktiviert	0
		#	Durchflussratereguliermodus 0= Konstante volumetrische Durchflussrate 1= Konstante Stokes Nummer	0
		###.#	Normtemperatur (K)	273.1
		###.#	Normdruck (kPa)	101.3
		##.##	Durchflussrate Linie B (m³/h)	2.3
		###	Min. prozentuale Durchflussrate Linie B	90
		##	Min. Druckabfall Linie B (kPa) 0= deaktiviert	0
		##	Min. Druckabfall Linie B (kPa) 0= deaktiviert	0
		#	Durchflussratenregulierungsmodus	0
		###.#	Normtemperatur (K)	273.1
		###.#	Normdruck (kPa)	101.3
		###/###/## ##:##	Datum und Zeit des Zyklusart (dd/mm/yy hh:mm)	21/09/07 22.00
		###:##	Probenahmedauer (hhh:mm)	008:00
		###:##	Service	000:00
		###:##	Service	000:00
		#	Freigabezeichen Temperaturmessung Entlademagazin (1=a 0=aus)	0
		#	Index beta äquivalenter Spotbereich Linie A 0= 5.20cm² 1= 7.07cm² 2= 11.95cm²	0
		#	Index beta äquivalenter Spotbereich Linie B 0= 5.20cm² 1= 7.07cm² 2= 11.95cm²	0
		##.##	Akkumulierungsdurchflussrate im Splitmodus	1.84
		###.#	Referenztemperatur Probenahmeköpfe (K)	273
		##	Programmierter Probenahmemodus **= None, 01=Monitor Modus A & B, 02=Monitor Modus Linie A, 03=Monitor Modus Linie B, 04=Reference Modus Linie A Normal, 05=Reference Modus Linie A Geteilt, 06=Reference Modus Linie B Normal, 07=Reference Modus Linie B Geteilt.	01
<b>55</b>	Programmierparameter		27/11/08 00:00,008:00:00,28/11/08 08:00,28/11/08 16:00,28/11/08 16:00	
		###/###/## ##:##	Startdatum und -zeit der Probenahmezyklen	=27/11/08 00:00
		###:###:##	Dauer der Probenahmezyklusdauer	008:00:00
		###/###/## ##:##	Startdatum und -zeit der akutellen probenahme	28/11/2008 8.00
		###/###/## ##:##	Startdatum und -zeit der akutellen probenahme	28/11/2008 16.00

		###/###/## ##.##	Referenzdatum und -zeit für die Unterbrechung der Probenahme	28/11/2008 16.00
<b>06</b>	Datum und Zeit	=22/03/06 15:05:54		
<b>07</b>	Informationen über Software release	=04-06.01.18-30.02.00		
<b>12</b>	Display	=22/03/06 18:45 ← 22/03/06 15:06:03 Status: SAMPLING ENTER for menu		
<b>13</b>	Haupt-physikalischer Größenwert	= 98.87,302.89,302.45,203.8,281.20, 26.6,4.7766,304.98,624.1		
		###.##	Atmosphärendruck (kPa)	98.87
		###.##	Raumtemperatur (K)	302.89
		###.##	Externe Temperatur (K)	302.45
		###.#	Servicedruck (kPa)	203.8
		###.##	Luftventilator-Temperatur (K)	281.2
		###.#	Relative Gehäusefeuchtigkeit (%)	26.6
		#.####	Sensorreferenzspannung (V)	4.7766
		###.##	Beta Messblock Temperatur (K)	304.98
###.#	Geiger Hochspannung (V)	624.1		
<b>14</b>	Linie A physikalische Größenwerte	=303.26,303.52, 84.27,14.59,3.8128, 55.89		
		###.##	Filter A Temperatur (K)	303.26
		###.##	Flusstemperatur Linie A (K)	303.52
		###.##	Druckfilter A (kPa)	84.27
		###.##	Druckabfall Filter A (kPa)	14.59
		#.####	Fließdruck Linie A (kPa)	3.8128
<b>16###</b>	Direkter Zugang zu den Untermenüs			
	Status READY	###	Menü	
		11	Monitor Modus	
		111		Linie A & B
		112		Linie A
		113		Linie B
		12	Referenzmodus	
		121		Linie A
		122		Linie B
		31	Probenahmeinfo	
		311		Sampling Info A
		312		Sampling Info B
		32	Beta Info	
		33	Test info	
		331		Line A Pneumatic Test Info
		332		Line B Pneumatic Test Info
		333		Beta Test
		334		Battery Test
		34	Programm Info	
		35	System Info	
		36	Warn Info	
	361		Warnings A	
	362		Warnings B	



		37	OPC Info	
		38	Über	
		39	GSM Signal	
		41	Linie A Einstellungen	
		411		Sampling Flow Rate A
		412		Min Sampling Flow Rate A
		413		Min Filter Pressure Drop A
		414		Max Filter Pressure Drop A
		415		Equivalent Beta Spot Area
		42	Linie B Einstellungen	
		421		Sampling Flow Rate B
		422		Min Sampling Flow Rate B
		423		Min Filter Pressure Drop B
		424		Max Filter Pressure Drop B
		425		Equivalent Beta Spot Area
		43	Sollparameter	
		44	Datum und Zeit	
		45	Split Temperaturreferenz	
		46	SMS Handy Nummern	
		461		Operator's Cell Number
		462		User's Cell Number
		51	Test	
		511		Line A Pneumatic Test
		512		Line B Pneumatic Test
		513		Beta Span Test
		514		Battery Test
		515		SMS Test
		52	Mechanics    Direct Control	
		521		Filters Unloading
		522		Loader Device
		523		Unloader Device
		524		Line A Filter Pressing Device
		525		Line B Filter Pressing Device
		526		Beta Device
		527		Motorized Wheel
		528		Full Mech Test
		529		Mech Recover
		53	Signals        Direct Control	
		531		ADC Converter
		532		Digital Readings
		533		Digital Settings
		534		DAC Test
	Status DELAY e SAMPLING	31	Probenahme Info	
		311		Sampling Info A
		312		Sampling Info B
		32	Beta Info	
		33	Test info	
		331		Line A Pneumatic Test Info
		332		Line B Pneumatic Test Info

		333		Beta Test
		334		Battery Test
		34	Programm Info	
		35	System Info	
		36	Warn Info	
		361		Warnings A
		362		Warnings B
		37	OPC Info	
		38	Über	
		39	GSM Signal	
		41	Linie A Einstellungen	
		411		Sampling Flow Rate A
		412		Min Sampling Flow Rate A
		413		Min Filter Pressure Drop A
		414		Max Filter Pressure Drop A
		415		Equivalent Beta Spot Area
		42	Linie B Einstellungen	
		421		Sampling Flow Rate B
		422		Min Sampling Flow Rate B
		423		Min Filter Pressure Drop B
		424		Max Filter Pressure Drop B
		425		Equivalent Beta Spot Area
		43	Sollparameter	
<b>19</b>	Linie B physikalische Größenwerte	=303.29,304.32, 84.98,13.89,3.8776, 55.26		
		###.##	Filter B Temperatur (K)	303.26
		###.##	Flusstemperatur Linie B (K)	303.52
		###.##	Druckfilter B (kPa)	84.27
		###.##	Druckabfall Filter B (kPa)	14.59
		#.####	Fließdruck Linie B (kPa)	3.8128
		###.##	Druck Vakuumpumpe B (kPa)	55.89
<b>21x</b>	Informationen im Zusammenhan g mit 6 Filtern auf der Scheibe	=0016,0031,0023,1168198,0206185,8466,0219174,301.96,100.89,623.09, 0.5, 32.6,0x00000000		
		Um die Position der Scheibe entsprechen des gewünschten Filters auszuwählen befolgen sie die Befehle		
		<b>21A</b> um den Filter unter dem Lademagazin auszuwählen <b>21B</b> um den Filter auf Linie B auszuwählen <b>21C</b> um den Filter auf Linie A auszuwählen <b>21D</b> um den Filter auf B Massenmessfläche auszuwählen <b>21E</b> um den Filter auf a Massenmessfläche auszuwählen <b>21F</b> um den Filter unter dem Entlademagazin auszuwählen		
		<b>210</b> um den Filter, auf Position 0 auf der Scheibe, auszuwählen <b>211</b> um den Filter, auf Position 1 auf der Scheibe, auszuwählen <b>212</b> um den Filter, auf Position 2 auf der Scheibe, auszuwählen <b>213</b> um den Filter, auf Position 3 auf der Scheibe, auszuwählen <b>214</b> um den Filter, auf Position 4 auf der Scheibe, auszuwählen <b>215</b> um den Filter, auf Position 5 auf der Scheibe, auszuwählen		
		####	Zyklusnummer	0016
		####	Filternummer	0031
		####	Hintergrundzählung der Radioaktivität	0023
		#####	Luftzählung	1168198

		#####	Zählung, passend zu den Spyfiltern	0206185
		####	Spyfilter-Zählungen St. Dev.	8466
		#####	Blankmessungs-zählungen	0219174
		###.##	Durchschnittlicher Temperaturwert (K) im Bereich Massenmessfläche	301.96
		###.##	Durchschnittlicher Druckwert (kPa) im Bereich Massenmessfläche	100.89
		###.##	Mittlerer Geigerhochspannungswert (V)	623.09
		##.#	Geiger Versorgungsspannung St. Dev.	0.5
		###.#	Mittelwert der relativen Feuchtigkeit (%) im Bereich Massenmessfläche	32.6
		(Hex)	32 Warnung bits	0x00000000
<b>22</b>	Informationen über die das Betriebsflussraten-regulierungssystem	=0,0,A1,2.300,2.306,07528,0,0,10,75,1,B1,2.300,2.331,07671,0,0,10,75,1		
#		Plattenventil aktivieren: 0= ventil deaktivieren 1= ventil aktivieren	0	
#		PlattenventilAuswahl: 0= Ventil A 1= Ventil B	0	
##		Plattenlinie A Pumpe aktivieren: 0= Pumpe an 1= Pumpe aus	A1	
#.###		Programmierte Durchflussrate Linie A (m³/h)	2.3	
#.###		Einlassdurchflussrate Linie A (m³/h)	2.306	
#####		Ventilregulierungsschritt Linie A (0-16000)	7528	
#		Plattendurchflussratenregulierung: 0= Regulierung deaktiviert 1= Regulierung aktiviert	0	
#		Zählerlinie A Durchflussratenregulierung (sec.) 0-5	0	
##		Zähleraktivierung von Linie A Durchflussratenregulierung (wenn =0 Regulierung aktiv)	10	
##		Durchflussratenregulierungsmodus: 75= grober Regulierungsausgleich 25= feiner Regulierungsausgleich	75	
#		Platte Linie A Durchflussrate erreichen: 0= Durchflussrate nicht erreicht 1= Durchflussrate erreicht	1	
##		Platte Linie B Pumpe aktivieren: 0= Pumpe an 1= Pumpe aus	B1	
#.###		Programmierte Durchflussrate Linie B (m³/h)	2.3	
#.###		Einlassflussrate Linie B (m³/h)	2.331	
#####		Ventilregulierungsschritt Linie B (0-16000)	7671	
#		Platte Durchflussratenregulierung: 0= Regulierung deaktiviert 1= Regulierung aktiv	0	
#		Zähler Linie B Durchflussratenregulierung (sec.) 0-5	0	
##		Zähleraktivierung von Linie B Durchflussratenregulierung (wenn =0 Regulierung aktiv)	10	

		##	Durchflussratenregulierungsmodus: 75= grobe Regulierungsanpassung 25= feine Regulierungsaktivierung	75
		#	Platte Linie B Durchflussrate erreicht: 0= Durchflussrate nicht erreicht 1= Durchflussrate erreicht	1
<b>23</b>	Temperaturwerte Linie A	=301.75,302.35,302.55,302.70,302.99,303.39		
		###.##	Minimale externe Temperatur (K)	301.75
		###.##	durchschnittliche externe Temperatur (K)	302.35
		###.##	maximale externe Temperatur (K)	302.55
		###.##	Minimale Filtertemperatur (K)	302.7
		###.##	Durchschnittliche Filtertemperatur (K)	302.99
		###.##	Maximale Filtertemperatur (K)	303.39
<b>24</b>	Temperaturwert Linie B	=301.75,302.35,302.55,302.76,303.05,303.33		
		###.##	Minimale externe Temperatur (K)	301.75
		###.##	durchschnittliche externe Temperatur (K)	302.35
		###.##	maximale externe Temperatur (K)	302.55
		###.##	Minimale Filtertemperatur (K)	302.7
		###.##	Durchschnittliche Filtertemperatur (K)	302.99
		###.##	Maximale Filtertemperatur (K)	303.39
<b>25</b>	Pneumatische Größen werden gelesen	=0054,0106,2.300,2.300,2.295,2.168, 25.1690, 23.9331,08921,1,0,10, 0.3,1,0054,0107,2.300,2.300,2.299,2.171, 25.1838, 23.9460,08624,1,0,10, 0.2,1,1.840,0.000		
		####	Probenahmezyklus Linie A	54
		####	Filterlinie A	106
		##.###	Programmierte Durchflussrate Linie A (m³/h)	2.3
		##.###	Regulierungsdurchflussrate Linie A (m³/h)	2.3
		##.###	Einlassdurchflussrate Linie A (m³/h)	2.295
		##.###	Standarddurchflussrate Linie A (Nm³/h)	2.168
		####.####	Eingangsvolumen Linie A (m³)	25.169
		####.####	Standardvolumen Linie A (Nm³)	23.9331
		#####	Ventil A Position (step)	8921
		#	Freigabezeichen für Regulierventil A 0=Regulierung aus 1=Regulierung an	1
		#	Service (Zeitschalter Ventil A Regulierverzögerung)	0
		##	Service (Parameter für die Berechnung der RSD-Variablen-Linie A)	10
		##.#	RSD-Variablen-Linie A	0.3
		#	Freigabezeichen für Berechnung der RSD- Variable Linie A 0=aus 1=an	1
		####	Probenahmezyklus Linie B	54
		####	Filterlinie B	107
		##.###	Programmierte Durchflussrate Linie B (m³/h)	2.3
		##.###	Regulierungsdurchflussrate Linie B (m³/h)	2.3
		##.###	Eingangsdurchflussrate Linie B (m³/h)	2.299
		##.###	Standarddurchflussrate Linie B (Nm³/h)	2.171
		####.####	Eingangsvolumen Linie B (m³)	25.1838
		####.####	Standardvolumen Linie B (Nm³)	23.946
		#####	Ventil B Position (step)	8624

		#	Freigabezeichen für Regulierventil B 0=Regulierung aus 1=Regulierung an	1
		#	Service (Zeitschalterventil B Regulierungs- Verzögerung)	0
		##	Service (Parameter für die Berechnung der RSD-variablen Linie B)	10
		###	RSD-variable Linie B	0.2
		#	Freigabezeichen für Regulierventil A 0=Regulierung aus 1=Regulierung an	1
		###.###	Akkumulationsdurchflussrate im Splitmodus (m <sup>3</sup> /h)	1.84
		###.###	Probenahmekopf Normdurchflussrate im Splitmodus (m <sup>3</sup> /h)	0
<b>26</b>	Status lesen	=3,0x00000000,0x00000000,06,02,6		
		#	Probenahmestatus 0 = Initialisierung 1 = Status Ready 2 = Status Delay 3 = Status Sampling 4 = Status Test 5 = Status Ending 6 = Status Alarm 7 = End of cycle	3
		(Hex)	32 bit Warnung A	0x00000000
		(Hex)	32 bit Warnung B	0x00000000
		##	Filter im Lademagazin	6
		##	Filter im Entlademagazin	2
		#	Filter auf der Scheibe	6
<b>281</b>	Informationen über Massen- bestimmungen	=0001,0001/0002,1,00000106,000:12		
		####	Massenmesszyklus	0001
		#### / ####	Anzahl der Filter von Linie A/B bei der Messung	0001/0002
		#	Identifikationsnummer der laufenden Massenmessungsphase: 0 = none 1 = dark 2 = spy filter 3 = filter Line A 4 = filter Line B 5 = radioactivity filter Line A 6 = radioactivity filter Line B 7 = β test	1
		#####	Anzahl der Zählungen bei der laufenden Messung	00000106
		###:##	Verbleibende Messzeit [mmm:ss]	000:12
<b>30</b>	Druckwerte Linie A	= 98.82, 98.96, 99.23,14.69,		
		###.##	Min. Absolutdruck (kPa)	98.82
		###.##	Durchschnittlicher Absolutdruck (kPa)	98.96
		###.##	Maxi. Absolutdruck (kPa)	99.23
		##.##	Maxi. Druckverlust (kPa)	14.69
<b>35</b>	Druckwerte Linie B	= 98.82, 98.96, 99.23,14.06,		
		###.##	Min. Absolutdruck (kPa)	98.82
		###.##	Durchschnittlicher Absolutdruck (kPa)	98.96
		###.##	Maxi. Absolutdruck (kPa)	99.23
		##.##	Maxi. Druckverlust I (kPa)	14.06
<b>40</b>	Informationen	=0000,0001,0001,A,21/03/06,18:45,22/03/06,02:45		

	über ältere Aufzeichnungen	####	Zyklus	0
		####	Filter	1
		####	Überprüfung	1
		#	Linie	A
		###/###/### ##:##	Probenahmebeginn	21/03/0618:45
		###/###/### ##:##	Probenahmeende	22/03/06 2:45
<b>41</b>	Informationen über neuere Aufzeichnungen	=0001,0001,0002,B,21/03/06,18:45,22/03/06,02:45		
		####	Zyklus	1
		####	Filter	1
		####	Überprüfung	2
		#	Linie	B
		###/###/### ##:##	Probenahmebeginn	21/03/0618:45
<b>42</b>	Maximale Größe der Buffer Data	=720,0032		
		####	Maximale Anzahl der Aufzeichnungen auf der Buffer Data	720
		####	Serviceinfo	0032
<b>42xxxx</b>	Aufzeichnungsinhalt (xxx=000÷720)	=0000,21/03/0618:45,22/03/0602:45,0001,0001,A,00:00,00.28,+00.1,018.129,016.175,098.1,299.5,301.0,301.6,301.0,302.0,302.3,099.4,099.6,099.8,00.4,14.4,14.2,14.5,001.9,21/03/0618:52,000:00,+01.0,0038,1328788,0195050,0225,0253359,303.5,099.8,624.2,028,0034,0195620,0148,0253442,303.3,099.2,624.2,026,00072,0017,0003.9,0004.4,00000000 Siehe Anhang 1 "Buffer Data structure"		
<b>44</b>	Beta-kalibrierung	Download der Daten passend zu der als letztes ausgeführten Kalibrierung (nur möglich am Ende der Massenbestimmungssystemkalibrierung und bis zum nächsten Geräteneustart)		
<b>46xxx</b>	Massenbestimmungsdaten bezüglich der Aufzeichnungen (xxx=000÷720)	=0000,15/11/08 00:00,15/11/08 08:00,0001,0001,A,0019,0873350,0125863,0122,0114649,00250,298.8,100.7,624.3,036,0098,0125932,0262,0112204,00305,300.7,101.1,624.2,033, 304,0020, 16.8, 17.5,10000000		
		####	Aufzeichnungsnummer (interne fortschreitende Referenznummer)	0
		###/###/##### ##.##	Probenahmestartdatum und -zeit	15/11/2008 0.00
		###/###/##### ##.##	Probenahmeenddatum und -zeit	15/11/2008 8.00
		####	Fortschreitende Zyklusnummer	1
		####	Fortschreitende Filternummer	1
		#	Probenahmelinie	A
		####	Hintergrundradioaktivität β-Fluss	19
		#####	β-Fluss in Luft	873350
		#####	β-Fluss Spyfilter S12/S34/S56 während die Blankmessungssessions	125863
		#####	β-Fluss Standardabweichung Spyfilter S12/S34/S56	122
		#####	β-Fluss Blankfilter	114649
		#####	β-Fluss Standardabweichung Blankfilter	250

		###.#	Temperaturmessfläche Blankfilter	298.8
		###.#	Druckmessfläche Blankfilter	100.7
		###.#	Geiger-Müller Zählerhochspannung während der Blankbestimmungs- session	624.3
		###	Relative Feuchtigkeit während der Blankbestimmungs- session	36
		#####	Natürliche Radioaktivität $\beta$ -Fluss	98
		#####	B-Fluss Spyfilter S12/S34/S56 während der Collectbestimmungs- session	125932
		#####	B- Fluss Standardabweichun g Spyfilter S12/S34/S56	262
		#####	B-Fluss beprobte Filter	112204
		#####	B-Fluss Standardabweichung beprobte Filter	305
		###.#	Temperaturmesss- fläche beprobte Filter	300.7
		###.#	Druckmessfläche beprobte Filter	101.1
		###.#	Geiger-Müller-Zähler Hochspannung während der Collectbestimmungs- session	624.2
		###	Relative Feuchtigkeit während der Collectbestimmungs- session	33
		#####	Probemasse	304
		###	Fehler in Massenberechnung	20
		###.#	Konzentration	16.8
		###.#	Konzentration bei Standardbedingungen	17.5
		#####	WARNUNG Bit	1000000
<b>70x</b>	Beta Span Test	x=1 "beta test" wird am Anfang des folgenden Zyklus aktiviert x=0 „beta test“ wird am Anfang des folgenden Zyklus deaktiviert		

Anmerkung: Die RS232 Befehlsliste bezieht sich auf Softwareversionen höher als 04080163

12 ANHANG 3: Menüstruktur

<b>READY STATUS:</b>	<i>Das Gerät ist bereit einen Probenahmezyklus zu starten. Bevor der Prozess gestartet wird, ist es möglich Daten und Informationen zu lesen, neue Parameter einzustellen um Tests und Qualitätskontrollen durchzuführen.</i>
1 "Start"	11 "Monitor Mode" 111 "Linie A & B" 112 "Linie A" 113 "Linie B" 12 "Reference Mode" 121 "Linie A" 122 "Linie B"
2 "Buffer data"	
3 "Instrument Info"	31 "Sampling Info " 311 "Sampling Info A" 312 "Sampling Info B" 32 "Beta Info " 33 "Test info" 331 "Linie A Pneumatic Test Info" 332 "Linie B Pneumatic Test Info" 333 "Beta Test " 334 "Battery Test " 34 "Program Info" 35 "System Info" 36 "Warnings Info" 361 "Warnings A" 361 "Warnings B" 37 "OPC Info" 38. "About" 39 "GSM Signal"
4 "Instrument Settings"	41 "Linie A Settings" 411 "Sampling Flow Rate A" 412 "Min Sampling Flow Rate A" 413 "Min Filter Pressure Drop A" 414 "Max Filter Pressure Drop A" 415 "Equivalent Beta Spot Area" 42 "Linie B Settings" 421 "Sampling Flow Rate B" 422 "Min Sampling Flow Rate B" 423 "Min Filter Pressure Drop B" 424 "Max Filter Pressure Drop B" 425 "Equivalent Beta Spot Area" 43 "Normalization Parameter" 44 "Date & Time" 45 "Split Temperature Reference" 46 "SMS Cell Numbers" 461 "Operator's Cell Number" 462 "User's Cell Number"



5 "Instrument Tools"	<ul style="list-style-type: none"> <li>51 Test <ul style="list-style-type: none"> <li>511 "Linie A Pneumatic Test"</li> <li>512 "Linie B Pneumatic Test"</li> <li>513 "Beta Span Test"</li> <li>514 "Battery Test"</li> <li>515 "SMS Test"</li> </ul> </li> <li>52 "Mechanics Direct Control" <ul style="list-style-type: none"> <li>521 "Filters Unloading"</li> <li>522 "Loader Device"</li> <li>523 "Unloader Device"</li> <li>524 "Linie A Filter Pressing Device"</li> <li>525 "Linie B Filter Pressing Device"</li> <li>526 "Beta Device"</li> <li>527 "Motorized Wheel"</li> <li>528 "Full Mech Test"</li> <li>529 "Mech Recover"</li> </ul> </li> <li>53 "Signals Direct Control" <ul style="list-style-type: none"> <li>531 "ADC Converter"</li> <li>532 "Digital Readings"</li> <li>533 "Digital Settings"</li> <li>534 "DAC Test"</li> </ul> </li> <li>54 "Firmware Upgrade"</li> </ul>
<b>DELAY STATUS:</b>	<p><i>Das Gerät wurde programmiert (start) und wartet darauf den Probenahmeprozess zum programmierten Datum und Zeit zu beginnen. In der Zwischenzeit ist es möglich Daten und Informationen zu lesen, sowie einige Parameter zu ändern.</i></p> <p><i>Wenn nötig, ist es möglich, zurück zum READY-Status zu gehen und vom Hauptmenü aus „Abort“ zu wählen.</i></p>
1 "Abort"	
2 "Buffer data"	
3 "Instrument Info"	<ul style="list-style-type: none"> <li>31 "Sampling Info " <ul style="list-style-type: none"> <li>311 "Sampling Info A"</li> <li>312 "Sampling Info B"</li> </ul> </li> <li>32 "Beta Info "</li> <li>33 "Test info" <ul style="list-style-type: none"> <li>331 "Linie A Pneumatic Test Info"</li> <li>332 "Linie B Pneumatic Test Info"</li> <li>333 "Beta Test "</li> <li>334 "Battery Test "</li> </ul> </li> <li>34 "Program Info"</li> <li>35 "System Info"</li> <li>36 "Warnings Info" <ul style="list-style-type: none"> <li>361 "Warnings A"</li> <li>361 "Warnings B"</li> </ul> </li> <li>37 "OPC Info"</li> <li>38. "About"</li> <li>39 "GSM Signal"</li> </ul>
4 "Instrument Settings"	<ul style="list-style-type: none"> <li>41 "Linie A Settings" <ul style="list-style-type: none"> <li>411 "Sampling Flow Rate A"</li> <li>412 "Min Sampling Flow Rate A"</li> <li>413 "Min Filter Pressure Drop A"</li> <li>414 "Max Filter Pressure Drop A"</li> <li>415 "Equivalent Beta Spot Area"</li> </ul> </li> <li>42 "Linie B Settings" <ul style="list-style-type: none"> <li>421 "Sampling Flow Rate B"</li> </ul> </li> </ul>

	<p>422 "Min Sampling Flow Rate B"          423 "Min Filter Pressure Drop B"          424 "Max Filter Pressure Drop B"          425 "Equivalent Beta Spot Area"          43 "Normalization Parameter"</p>
<b>SAMPLING STATUS:</b>	<i>Das Gerät sammelt Proben. Es ist möglich Daten und Informationen zu lesen, sowie einige Probenahmeparameter zu ändern. Wenn nötig, können sie die Probenahmesequenz anhalten (Abort)</i>
1 " Abort"	
2 "Buffer data"	
3 "Instrument Info"	<p>31 "Sampling Info "          311 "Sampling Info A"          312 "Sampling Info B"          32 "Beta Info "          33 "Test info"          331 "Linie A Pneumatic Test Info"          332 "Linie B Pneumatic Test Info"          333 "Beta Test "          334 "Battery Test "          34 "Program Info"          35 "System Info"          36 "Warnings Info"          361 "Warnings A"          361 "Warnings B"          37 "OPC Info"          38. "About"          39 "GSM Signal"</p>
4 "Instrument Settings"	<p>41 "Linie A Settings"          411 "Sampling Flow Rate A"          412 "Min Sampling Flow Rate A"          413 "Min Filter Pressure Drop A"          414 "Max Filter Pressure Drop A"          415 "Equivalent Beta Spot Area"          42 "Linie B Settings"          421 "Sampling Flow Rate B"          422 "Min Sampling Flow Rate B"          423 "Min Filter Pressure Drop B"          424 "Max Filter Pressure Drop B"          425 "Equivalent Beta Spot Area"          43 "Normalization Parameter"</p>

13 ANHANG 4: Geräteeinstellungen

Linie A & B Einstellungen				
	<b>Probenahmedurchflussrate</b> Betriebsdurchflussrate der Probenahme	#. #	0.8-2.5	m <sup>3</sup> /h
	<b>Min. Probenahmedurchflussrate</b> Minimaler Wert der Betriebsdurchflussrate, ausgedrückt in Prozent des programmierten Durchflussratenwert. Wenn die Abweichung zwischen der Betriebs- und programmierten Durchflussrate diesen Minimalwert übersteigt, wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 6)	###.#		%
	<b>Min. Filterdruckabfall</b> Unteres Limit des Filterdruckabfalls: wenn der Filterdruckabfall niedriger ist als das programmierte Limit, wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 7). Dieser Schwellenwert ist nützlich für Qualitätskontrollen an der Dichtung zwischen Filter und Filter System und der Intaktheit des Filtermediums.	###.#	0-60	kPa
	<b>Max Filterdruckabfall</b> Oberes Limit des Filterdruckabfalls: Wenn der Filterdruckabfalls höher ist als das programmierte Limit, wird eine Warnmeldung angezeigt (Warnung 5). Die Einstellung dieses Schwellenwerts erlaubt es dem Benutzer zu prüfen, dass die Akkumulation der Schwebstaub auf dem Filtermedium, während der Probenahme, ohne außergewöhnliche Ereignisse, die die Repräsentativität der Probe beeinflussen (z.B. Kondenswasser auf dem Filtermedium) vonstatten geht	###.#	0-60	kPa
	<b>Beta-äquivalenter Spotbereich</b> Nutzbare Probenahme- und Messfläche	##.##	2.54 / 5.20 / 7.07 / 11.95	cm <sup>2</sup>
<b>Normparameter</b>				
	<b>Normtemperatur</b> Der Temperaturwert wird für die Berechnung des Standardvolumens genutzt (Werkseinstellungen 273.1K)	###.#		K

	<b>Normdruck</b> Der Druckwert wird für die Berechnung des Standardvolumens genutzt ( Werkseinstellungen 101.3 kPa)	###.#		kPa
<b>Datum &amp; Zeit</b>	Datum und Zeit Einstellungen			
<b>Split Referenztemperatur</b>				
	<b>Split Ref.Temp.</b> Der Temperaturwert wird für die Impaktorauslegung um den gewünschten Soll-Cut-Schnitt zu erhalten	###.#		K
<b>SMS Handynr.</b>				
	<b>Handynummer des Operators</b>	+##### ##		
	<b>Handynummer des Benutzers</b>	+##### ##		

14 ANHANG 5: Geräteinfo

Menü	Abkürzung	Beschreibung	Format	Einheit
SAMPLING INFO A / B	1/9			
Sampling-Sample Info	Cycle	Fortschreitende Zyklusnr.	####	
	Filter	Fortschreitende Filternr.	####	
	Pump	Pumpenstatus	ON/OFF	
Sampling-Timing	From/ To	Probenahmebeginn/-End Datum/Zeit	##/##/## ##:##	dd/mm/yy hh:mm
	Elapsed/ Remaining	Verbleibende Zeit	##/##	hh/mm
Sampling-Flow rate	Inlet	Eindruckluftflussrate	#.##	m <sup>3</sup> /h
	Standard	Standard-Druckluftflussrate bei 273.1K und 101,3 kPa (Werkseinstellungen)	#.##	Nm <sup>3</sup> /h
Sampling-Total Volume	Inlet	Aktuelles Eingangsvolumen	###.###	m <sup>3</sup>
	Standard	Standardvolumen bei 273.1K und 101,3 kPa	###.###	Nm <sup>3</sup>
Sampling- Pressure	Absolute	Atmosphärendruck	###.#	kPa
	Drop	Druckabfall	##.#	kPa
Sampling-Flow rate control	RSD	RSD Variable	###.#	%
	Valve opening	Prozentuale Öffnung des Durchflussratenregulierventils	###.#	%
Sampling Temperature	External	Externe Temperatur	###.#	K
	Filter	Temperatur im Bereich Probenahme-filtern	###.#	K
BETA INFO	2/9			
	Cycle	Zyklus	####	
	Filter	Filter	#####	
Beta counts & timing	Counts	Betazählrate	#####	
	Time	Verbleibende Zeit	###:##	mmm:ss
Beta T/P/RH QC	T	Messblock-Temperatur	###.#	K
	P	Messblock-Druck	###.#	kPa
	RH	Relative Feuchtigkeit	###.#	%
Beta Geiger voltage QC	Avg.	Mittelwert der G.M. Hochspannung während der Messung	###.#	V
	St.Dev	Standardabweichung	###.#	V
TEST INFO	3/9			
Pneumatic Test Info Linie A/B				
Span Test		Testdatum und -Zeit		
	Qcal	Kalibrier-Durchflussratenwert	#.##	m <sup>3</sup> /h
	Qtest	Durchflussratenwert im Test	#.##	m <sup>3</sup> /h
	Err	Prozentfehler	± ###.#	%
Leak Test		Testdatum und -Zeit		
	Pr	Restdruck	###.#	kPa
	Qleak	Spezifisches Leck	##.##	ml/min*kPa
Beta Test				
		Testdatum und -Zeit		
	R1/R2	Membran R1		
	Cal	Referenzwert	#####	mg/cm <sup>2</sup>
	Test	Gemessener Wert	#####	mg/cm <sup>2</sup>

		ERR	Prozentfehler	###.#	%
			Testdatum und -Zeit		
		D	Dunkelzählrate	#####	counts/min
		A	Luftzählrate	#####	counts/min
		R1	R1 Zählrate	#####	counts/min
		R2	R2 Zählrate	#####	counts/min
<b>Battery test</b>					
			Testdatum und -Zeit		
		Vps	Interne Referenzspannung	##.#	V
		I	Aktuelle Batterieaufladung	###	%
		VBL	Last Batteriespannung	##.#	V
		VBO	Nullast Batteriespannung	##.#	V
<b>PROGRAM INFO</b>	4/9				
		Program:	Ausgewählter Modus		
		Cycle time:		###:##	hhh:mm
<b>SYSTEM INFO</b>	5/9				
		Loader: Unloader: Filters on plate:	Lademagazin Entlademagazin Filter auf der Scheibe		
		Modem status	GSM Modem-Status		Ready/Not ready
		Room temperature:	Gehäusetemperatur	###.#	K
		External temperature	Externe Temperatur	###.#	K
		Filter temperature (A/B)	Filtertemperatur	###.#	K
		Flow rate temperature (A/B)	Luftflusstemperatur	###.#	K
		Geiger Temperature	Messblocktemperatur	###.#	K
		Atmospheric pressure	Atmosphärendruck	###.#	kPa
		Filter pressure (A/B)	Druck in der Nähe vom Filter	###.#	kPa
		Pump pressure (A/B)	Vakuumpumpendruck	###.#	kPa
		Flow rate pressure (A/B)	Luftflussdruck	###.#	kPa
		Service pressure	Service komprimierter Luftdruck	###	kPa
		Case RH	Relative Feuchtigkeit innerhalb des Geräts	###	%
		Geiger high Voltage	Stromversorgungsspannung	#.###	V
		Reference Voltage	Referenzspannung	#.###	V
		Power Supply source	Stromversorgungsquelle		AC mains/ DC Battery
		Voltage	Interne Spannung	###.#	V
		Current level	Aktuelles level	###	%
		Unloader temperature	interne Temperatur des Entlademagazins	###.#	K
		POff POn SOff Son	Strom aus Strom an Automatische Ausschaltung Anschalten nach automatischem ausschalten		Date and Time

<b>WARNINGS INFO</b>	6/9				
<b>Warning a /B</b>		Warnings A /B:	keine 00000000-00000000- 00000000-00000000 (siehe Anhang)		
<b>OPC INFO</b>	7/9				
		OPC- Size concentration (AVG 1 min)	„Fine“ und „Coarse“ Fraktionskonzentration (durchschnittlich 1 Minute)		
		OPC- Equivalent mass conc. Trend (AVG 60 min)	Äquivalenter Massenkonzentrationstrend		
		OPC- Equivalent mass conc. (AVG 1 min)	Äquivalente Massenkonzentration		
		OPC- Size concentration (AVG 1 min)	„Fine“ und „Coarse“ Fraktionskonzentration (durchschnittlich 1 Minute)		
<b>ABOUT</b>	8/9				
			FAI Instruments s.r.l.		
		Rel	Softwarenummer	##-##.##.##-##.##.##	
		SN	Seriennummer des Geräts	####	
<b>GSM Signal</b>	9/9		GSM Modem Signal (wenn vorhanden)		

## 15 ANHANG 6: Instrument Tools

5 "Instrument Tools"	
51 "Test"	
511 "Linie A Pneumatic Test"	Pneumatischer Test Linie A
512 "Linie B Pneumatic Test"	Pneumatischer Test Linie B
513 "Beta span test"	Überprüfung Massenbestimmung der Systemkalibrierung
514 "Battery test"	Batterietest
515 "SMS test"	SMS Sende Test
5 "Instrument Tools"	
51 "Test"	
511 "Linie A Pneumatic Test"	Pneumatischer Test Linie A
512 "Linie B Pneumatic Test"	Pneumatischer Test Linie B
513 "Beta span test"	Überprüfung Massenbestimmung der Systemkalibrierung
514 "Battery test"	Batterietest
515 "SMS test"	SMS Sende Test
52 "Mechanics direct control"	Direkte mechanische Bearbeitung
521 "Filters unloading"	Filter entladen
522 "Loader device"	<i>Servicetool</i>
523 "Unloader device"	<i>Servicetool</i>
524 "Linie A filter pressing device"	<i>Servicetool</i>
525 "Linie B filter pressing device"	<i>Servicetool</i>
526 "Beta device"	<i>Servicetool</i>
527 "Motorized wheel"	<i>Servicetool</i>
528 "Full mech test"	Servomechanismus-Test
529 "Mech recover"	<i>Servicetool</i>
53 "Signals direct control"	Direkte Signalkontrolle
531 "ADC Converter"	<i>Servicetool</i>
532 "Digital readings"	<i>Servicetool</i>
533 "Digital settings"	<i>Servicetool</i>
534 "DAC Test"	<i>Servicetool</i>
54 "Firmware upgrade"	<i>Servicetool</i>



## 16 ANHANG 7: ALARMS

Zur "ALARM"-Kategorie gehören Situationen, die der Gerätefunktionalität schaden und zum Probenahmestop führen. Wenn das Gerät wegen eines Fehlers stoppt, zeigt das Display eine Meldung an, die die Art der Störung, in der folgenden Form, beschreibt:

*** SYSTEM ALARM***	DATA	ORA
20 FILTER	ERROR	2

Wenn Alarmmeldungen aufgrund der Scheibe gesendet werden, werden die folgenden Codes zu der Meldung hinzugefügt:

- "128", wenn ein Lesefehler der Sensoren auftritt
- "16", wenn ein Neupositionierungsversuch auftritt
- "144", wenn beide vorherigen Bedingungen auftreten

Die untenstehende Tabelle zeigt eine Legende, mit deren Hilfe die Alarmcodes interpretiert werden können.

SYSTEM ALARM	FEHLER
<b>System alarm 10: PLATE</b> <u>Bewegung der Scheibe</u>	1= Kommunikations-Time-Out 2= ungültige erforderliche Position 3= Endposition ist von der gewünschten verschieden 4= Positionscode kann nicht identifiziert werden 5= Startcode wurde nicht hinterlassen nach den vorher bestimmten Schrittzahl 6= Code nicht erhalten, in der vorher bestimmten Schrittzahl 7= Fehler beim Code lesen 8= Aussage nicht ausgeführt im vorher bestimmten Schrittzahl 9= Position nicht erreicht in der vorher bestimmten Schrittzahl 10= Bewegung durch eine falsche Zylinderposition behindert
<b>System alarm 20: FILTER (loader)</b> <u>Filterladevorgang</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= unzureichender Betriebsdruck 3= Startzylinderposition RUN (*) 4= Startzylinderposition UP (*) 5= Unverschlossener Lademagazin (*) 6= Filter nicht bereit (*) 7= Scheibe in der falschen Position 8= Aufwärtsbewegung-Time-Out 9= Abwärtsbewegungs-Time-Out 10= zweiter Versuch Zylinder nach oben erfolgt (*) 11= zweiter Versuch Zylinder nach unten erfolgt (*) 12= Filter nicht geladen am Ende der Versuche (*) 13=Lademagazin leer (Reserve an) (*) 14=Lademagazin leer (Reserve aus) (*)
<b>System alarm 31 : FILTER A UP</b> <u>Zylinderpositionierung nach oben Linie A</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= Betriebsdruck geringer als 140 kPa 3= Kolben des Filterpressers bewegt sich schon (*) 4= Kolben des Filterpressers schon oben (*) 6= Kolben blockiert in der DOWN-Position 7= Scheibe in der falschen Position 8= Kolben-Aufwärtsbewegungs-Pause (*) 10= Zweiter Versuch Kolben nach oben erfolgt (*)

(\*) Alarmmeldungen werden nur in dem System LOG angezeigt und sind nur für den technischen Service erreichbar

SYSTEM ALARM	FEHLER
<b>System alarm 32: FILTER A DOWN</b> <u>Zylinderpositionierung nach oben Linie A</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= Servicedruck geringer als 140 kPa 3= Kolben des Filterpressers bewegt sich schon (*) 5= Kolben des Filterpressers ist schon UNTEN (*) 6= Kolben in der Position OBEN blockiert 7= Scheibe in der falschen Position 9= Kolben-Abwärtsbewegungs-Pause (*) 11= zweiter Versuch Kolben erfolgt (*)
<b>System alarm 34: FILTER B UP</b> <u>Zylinderpositionierung nach oben Linie B</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= Servicedruck geringer als 140 kPa 3= Kolben des Filterpressers bewegt sich schon (*) 4= Kolben des Filterpressers ist schon OBEN (*) 6= Kolben in der Position UNTEN blockiert 7= Scheibe in der falschen Position 8= Kolben-Aufwärtsbewegungs-Time-Out (*) 10= zweiter Versuch Kolben erfolgt(*)
<b>System alarm 35: FILTER B DOWN</b> <u>Zylinderpositionierung nach oben Linie B</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= Servicedruck geringer als 140 kPa 3= Kolben des Filterpressers bewegt sich schon (*) 5= Kolben des Filterpressers ist schon UNTEN (*) 6= Kolben in der Position OBEN blockiert 7= Scheibe in der falschen Position 9= Kolben-Abwärtsbewegungs-Pause (*) 11= zweiter Versuch Kolben erfolgt (*)
<b>System alarm 50: UNLOADER</b> <u>Filterentladevorgang</u>	1= Kommunikations-Time-Out (*) 2= Servicedruck geringer als 140 kPa 3= Kolben des Filterpressers bewegt sich schon (*) 4= Kolben des Filterpressers ist schon OBEN (*) 6= Der Probefilter-EntLademagazin ist nicht richtig verschlossen (*) 7= Scheibe in der falschen Position 8= Aufwärtsbewegung-Time-Out (*) 9= Abwärtsbewegungs-Time-Out (*) 10= zweiter Versuch Kolben erfolgt (*) 11= zweiter Versuch Kolben erfolgt(*)
<b>System alarm 70: VALVE A</b> <u>Reguliertventil Linie A</u>	1= Kommunikations-Time-Out während des Resetprozesses 2= Ventillimitschalter geschlossen 5= erster Reset-Versuch erfolgt 6= zweiter Reset-Versuch erfolgt
<b>System alarm 71: VALVE B</b> <u>Reguliertventil Linie B</u>	1= Kommunikations-Time-Out während des Resetprozesses 2= Ventillimitschalter geschlossen 5= erster Reset-Versuch erfolgt 6= zweiter Reset-Versuch erfolgt
<b>System alarm 80: ADC</b> <u>Analog-Digital-Umwandler</u>	9= Sensoren Referenzspannung außerhalb des Limits 4.62-4.98 Volt (in 10 aufeinander folgenden Ablesungen)
<b>System alarm 92: LEAKTEST A</b> <u>Dichtigkeitsprüfung Linie A</u>	1= Leakage überschreitet das erlaubte Limit
<b>System alarm 93: LEAKTEST B</b> <u>Dichtigkeitsprüfung Linie B</u>	1= Leakage überschreitet das erlaubte Limit
<b>System alarm 94: MANUAL LEAKTEST A</b> <u>Manuelle Dichtigkeitsprüfung Linie A</u>	1= Leakage überschreitet das erlaubte Limit
<b>System alarm 95: MANUAL LEAKTEST B</b> <u>Manuelle Dichtigkeitsprüfung Linie B</u>	1= Leakage überschreitet das erlaubte Limit

<b>System alarm 96: SPANTEST A</b> <u>SpanTest Linie A</u>	2= Abweichung überschreitet das erlaubte Limit
<b>System alarm 97: SPANTEST B</b> <u>SpanTest Linie B</u>	2= Abweichung überschreitet das erlaubte Limit
<b>System alarm 63: BETA MOVE</b> <u>Bewegungen Betamesssystem</u>	1= Kommunikations-Time-Out 2=Ablesung Positionssensoren ungültig 3=Ablesung der Beta-Positionssensoren ungültig 4=Ankunftsposition Identifikationscode ungültig 5=falsche Position (*) 6=Endposition nicht erreicht 7=Blockiert in Startposition 8=Schildbewegung Endposition nicht erreicht
<b>System alarm 64: BETA RESET</b> <u>Bewegungen Betabestimmungsphase</u>	3=maximale Anzahl der Resetversuche überschritten
<b>System alarm 100: SLAVE</b> <u>Master-Slave Kommunikation</u>	1= Anzahl der aufeinander folgenden fehlgeschlagenen Kommunikationsversuchen überschreiten das erlaubte Limit

(\*) Alarmmeldungen werden nur in dem System LOG angezeigt und sind nur für den Technischen Service erreichbar

## 17 ANHANG 8: WARNUNGEN

Zu der **“WARNUNG”**-Kategorie gehören Situationen, in denen einige Parameter nicht die Qualitätsstandards erfüllen. Dieser Zustand beinhaltet nicht die Unterbrechung der normalen Probenahme- und Messvorgänge, kann aber die Datenqualität beeinflussen. Die Warnungen sollen den Benutzer und/oder den Wartungsingenieur über die Notwendigkeit von Überprüfungen (automatische Anzeige von „Warn“-Gründen) informieren. Sie werden durch eine gelbe LED auf der Frontplatte signalisiert, sie werden angezeigt im Menü *Instrument Info* und im *Buffer Data* gespeichert.

**Die Warnmeldungen, die im “Buffer Data” auftauchen, bestehen aus 8 Hexadezimalziffern. Jede Ziffer repräsentiert 4 bits (0=0000 – F=1111), also ist 8\*4bit= 32bit. Die Bit-Anzeigeordnung, von links nach rechts, geht von der wichtigsten (bi31) bis zum unwichtigsten (bit0).**

Hexa-Bit Umsetzung:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Um die Codes bezüglich des beeinträchtigten Zustands des Geräts zu identifizieren, benutzen sie die untenstehende Tabelle:

Form	Gewicht	Bit	Status
1	8	31	Betriebsluftdruck höher als 300 kPa SERVICE PRESSURE OVER
	4	30	Betriebsluftdruck geringer als 140 kPa [≤ 100 kPa → Alarm] SERVICE PRESSURE LOW
	2	29	Stromausfall – Batterie läuft POWER DOWN CONDITION
	1	28	Geringe Hilfsbatteriespannung ( <i>Battery Test</i> , default 22V) LOW BATTERY VOLTAGE
2	8	27	Nicht verwendet
	4	26	Optischer Partikelzähler-Alarm OPC ALARM
	2	25	Versagen des Internen Kühlventilator INTERNAL FAN FAILURE
	1	24	Versagen der Temperatursensoren. Das Gerät benutzt den Standardwert 293 K (programmierter Wert) für den die Temperatursensoren falsch verbunden oder defekt sind (siehe Kap 5.5). TEMPERATURE SENSOR FAILURE
3	8	23	Ungültige Daten. Diese Warnung wird aktiviert, wenn eine der Warnungen 16-17 aktiv ist oder die reale prozentuale Probenahmezeit geringer ist als der programmierte Wert (Standard: 75%). QC: CHECK DATA
	4	22	Langzeit-Geigerinstabilität Der prozentuale Unterschied zwischen dem Luftzählwert und dem Referenzwert ist höher als der programmierte Limitwert. GEIGER ZERO DRIFT
	2	21	Der Probenahme- und Messzyklus wurde vom Operator unterbrochen CYCLE ABORT
	1	20	Nicht verwendet
4	8	19	Der gemessene Wert des Hintergrundrauschens ist außerhalb des Intervalls 1÷150 cpm DARK COUNTS OUT OF LIMITS

	4	18	Langzeit-Geigerinstabilität Während der Messungen des $\beta$ -Strahlenfluss, stellt das Gerät einen Widerspruch zwischen dem gemessenen Zählverhältnis und der Poissonstatistik, die den radioaktiven Verfall beschreibt, fest.	GEIGER INSTABILITY
	2	17	Der gemessene Wert der Blank-Zählrate liegt außerhalb des Intervalls von 20.000 cpm und der Zählrate des Betaflusses der Luft.	BLANK COUNTS OUT OF LIMITS
	1	16	Die Geiger-Detektor Hochspannung ist außerhalb des Intervalls 610÷640 Volt	GEIGER H.V. OUT OF LIMITS
5	8	15	Während des Massenmesszyklus, ist der Standartabweichungswert der Geiger-Detektors Hochspannung höher als 1 Volt	GEIGER HV SD OUT OF LIMIT
	4	14	Im "Beta Auto Span Test" liegt die prozentuale Abweichung zwischen dem Soll- und dem gemessenen Wert von einer der oder beiden Referenzmembranen außerhalb des Intervalls $\pm 5\%$	BETA TEST OUT OF LIMIT
	2	13	Im "Pneumatic Auto Span Test", der zu Beginn des Probenahmeprozesses ausgeführt wird, liegt die prozentuale Abweichung des Startkalibrierungswert außerhalb des Intervalls $\pm 4\%$ [ $\pm 10\% \rightarrow$ Alarm]	SPAN TEST OUT OF LIMITS
	1	12	Im "Pneumatic Auto Leak Test" der zu Beginn des Probenahmeprozesses ausgeführt wird, ist das spezifische Leck größer als 5 ml/(min*kPa) [10 ml/(min*kPa) $\rightarrow$ Alarm ]  Im "Pneumatic Manual Leak Test" ausgeführt durch den Operator, ist das spezifische Leck höher als 15 ml/(min*kPa) [30 ml/(min*kPa) $\rightarrow$ Alarm ]	LEAK TEST OUT OF LIMITS
6	8	11	Nicht verwendet	
	4	10	Filterhalter umgedreht Während des Filterladens, bemerkt das Gerät, dass der Filterhalter umgedreht ist. Das Filterpaar, welches die umgedrehte Filterkartusche enthält, wurde aussortiert und durch das nächste Paar ersetzt	UPSIDE-DOWN FILTER
	2	9	Drucksensorenstörung. Die Bedingung $P(\text{pump}) < P(\text{Linie}) < P(\text{atmospheric})$ wurde nicht beachtet	PRESSURE SENSOR FAILURE
	1	8	Das maximale Filterdruckverlust Limit wurde erreicht (60 kPa)	MAX PRESSURE DROP LIMIT
7	8	7	Das minimale Filterdruckverlust Limit wurde erreicht (2 kPa at 2.3m <sup>3</sup> /h)	MIN PRESSURE DROP LIMIT
	4	6	Das minimale Durchflussratenlimit wurde erreicht (Wert wird vom Operator programmiert)	MIN SET FLOW RATE LIMIT
	2	5	Das maximale Filterdruckverlust Limit, vom Operator programmiert, wurde erreicht	MAX SET PRESSURE DROP LIMIT
	1	4	Das minimale Filterdruckabfall Limit, vom Operator programmiert, wurde erreicht	MIN SET PRESSURE DROP LIMIT
8	8	3	Instabilität des Werts des Differentialdruck-Wandleroffsets. Während der Wandlerausgleichkontrolle, ist der Unterschied zwischen 2 fortlaufenden Messwerten (2-Sekunden Intervalle) höher als 5 mV	OFFSET INSTABILITY
	4	2	Kalibrierkonstanten der Drucksensoren sind außerhalb der Bereichs (der Druckwandler-offsets ist außerhalb des Intervalls .2÷0.6 Volt oder die Konstante ist außerhalb des Intervalls 120÷135)	PRESSURE SENSORS CALIBRATION
	2	1	Das obere Limit der Probenahmedurchflussrate des Regulierventils wurde erreicht	VALVE HIGH LIMIT
	1	0	Das untere Limit der Probenahmedurchflussrate des Regulierventils wurde erreicht	VALVE LOW LIMIT

BEISPIELE

Warnmeldung	Figure/Weight	Bit	Status
0 0 0 8 0 0 0 0	4 <sup>th</sup> figure = 8	19	Dunkelzählrate ist außerhalb des Intervalls 1-150 cpm
0 0 0 0 0 0 2 0	7 <sup>th</sup> figure = 2	5	Der maximale Druckabfall, der vom Benutzer programmiert wurde, wurde erreicht.
0 4 0 0 0 0 0 1	2 <sup>nd</sup> figure = 4	30	Betriebsdruck "NIEDRIG" (< 140 KPa)
	8 <sup>th</sup> figure = 1	0	Unteres Limit Ventil wurde erreicht
0 0 0 0 0 0 5 0	7 <sup>th</sup> figure = 5 = 4 + 1	6	Unteres Limit der Durchflussrate wurde erreicht
		4	Min. Druckabfall, vom Benutzer programmiert wurde, erreicht

18 ANHANG 9: Optionales Zubehör und Hauptersatzteile

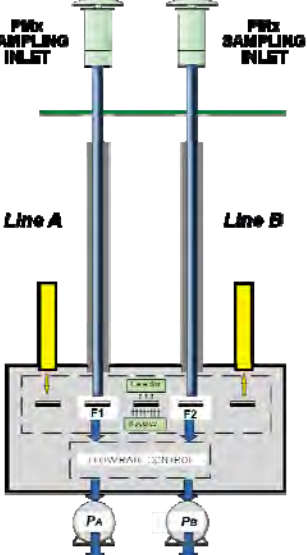
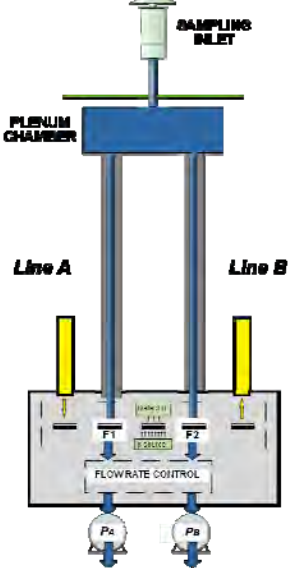
Beschreibung	Code
Optionales Zubehör	
"Blind"-Filter für Leaktest	RACPFLEAK
Stecker für Leak test	RACTPLEAK
Adapter für internen Durchflussratenmesser	RACADMP
Adapter für externen Durchflussratenmesser	RACADMP-EXT
Aufspannschlüssel um die Aluminiumfilterhalter, die die Referenzmembranen halten zu verschließen.	RACKEY
Pinzette fürs Einsetzen/Entfernen der Referenzmembranfilterhalter	RACPZ
Stanze zum Schneiden der Referenzmembran	RACFUST
Filterhalter $\beta$ -Äquivalenz Spotbereich 11.95 cm <sup>2</sup>	RSWPFB1195 RSWPFR1195
Filterhalter $\beta$ -Äquivalenz Spotbereich 7.07 cm <sup>2</sup>	RSWPFB707 RSWPFR707
Filterhalter $\beta$ -Äquivalenz Spotbereich 5.20 cm <sup>2</sup>	RSWPFB520 RSWPFR520
Filterlademagazin Kapazität: 72 Filterhalter	RSWCAR72
Filterentlademagazin Kapazität: 72 Filterhalter	RSWSCAR72
Hilfswerkzeug für unbenutzte Filtereinsetzung innerhalb des Lademagazins (Bewahrung der Filtereinsetzungsordnung)	RACAUXFV
Werkzeug für Druck-gepaarte Filterhalteröffnung	RACAPPF
GSM Modem für die Fernverbindung des Geräts, vollständig mit Stromversorgung, Antenne und Verbindungskabel.	MDMGSM
Fernbedienmanagement Software <i>Dr-FAI-Manager</i>	DRFMNGR
Mischkammer für die Verteilung der Schwebstaubprobe an zwei Probenahmelinien hinter einem einzigen Probenahmekopf, vervollständig mit Steckern	CDC-DCHY
Kit nr. 2 Absolutfilter für Nulltest – Offset check	ZEROFLT
SET 6 Aluminiumreferenzmembranen für Massenbestimmung check/Kalibrierung	RACREFSET
Probenahmekopf PM10 Sollflussrate: 2.3 m <sup>3</sup> /h Gemäß EN 1234-1 Standard	LVS-PM10
Probenahmekopf PM10 Solldurchflussrate: 1 m <sup>3</sup> /h Europäisches Design	LVSPM10-1M3
Probenahmekopf PM2.5 Solldurchflussrate: 2.3 m <sup>3</sup> /h Gemäß EN 14907 Standard	LVS-PM2.5
Probenahmekopf PM2,5 Solldurchflussrate: 1 m <sup>3</sup> /h Europäisches Design	LVSPM2.5-1M3
Probenahmekopf PM2.5 mit Drehimpaktor Solldurchfluss rate: 2.3 m <sup>3</sup> /h Gemäß EN 14907 Standard	LVS-PM2.5-ROT
Probenahmekopf PM10 mit Drehimpaktor Solldurchfluss rate: 2.3 m <sup>3</sup> /h Gemäß EN 12341 Standard	LVS-PM10-ROT
PM1 2.3 m <sup>3</sup> /h Probenahmekopf	LVSPM1
TSP Probenahmekopf	LVS-PTS
HAUPTERSATZTEILE	
Sicherungskit	RDCELKF
Vakuumpumpenwartungskit	RSWKTPMP
O-ring für Probenahmekopf	RTSSOR1

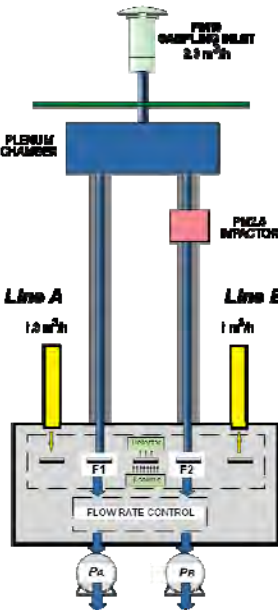
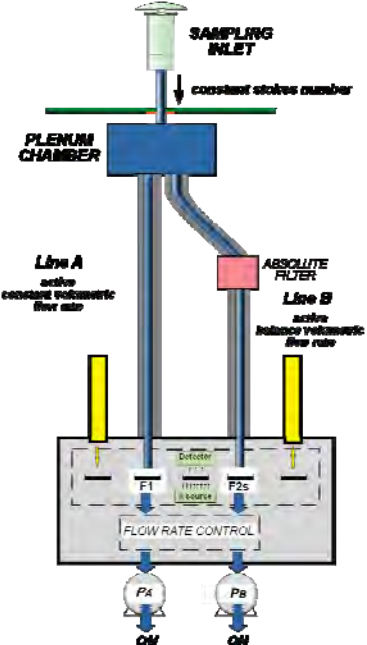
Luftkompressoröl 1/2 L pack

CMP-SIL-OIL



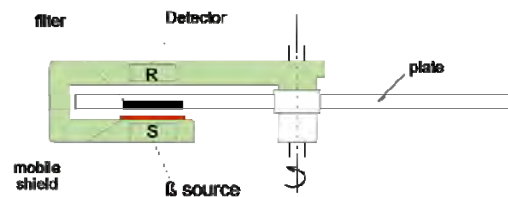
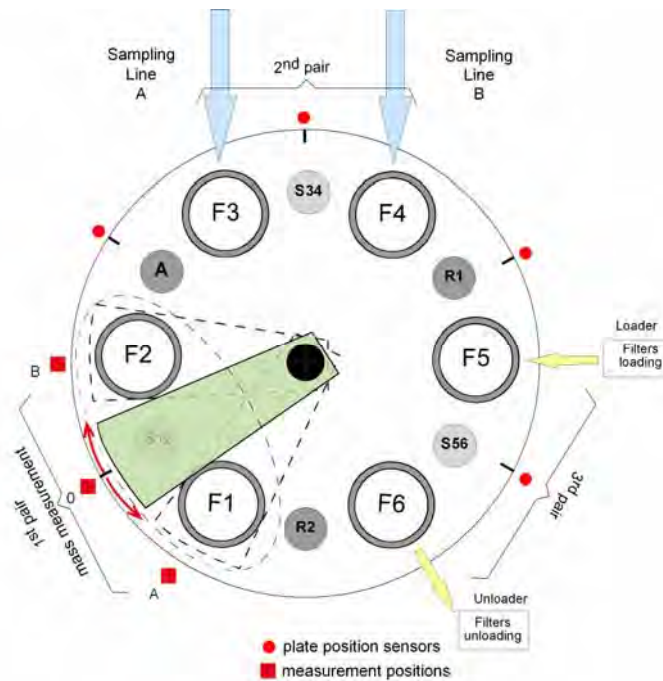
19 ANHANG 10: Konfiguration der Probenahmelinie (einige Anwendungsbeispiele)

	<p style="text-align: center;"><b>BEISPIELKONFIGURATION 1</b></p> <p><b>Gleichzeitiges Ziehen von PMx-Proben, durch Nutzung des Geräts als zwei „nebeneinander liegende“ Probennehmer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwei PMx Proben mit verschiedener granulometrischer Cut-size sind verfügbar (z.B. PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>)</li> <li>• Wiederkehrende Proben sind verfügbar (Nutzung der Linie mit denselben oder verschiedenen Filtermedien abhängig vom analytischen Bedarf)</li> <li>• Metrologische Studien, wie z.B. die Überprüfung der Äquivalenz von zwei Probenahmeköpfen</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>BEISPIELKONFIGURATION 2</b></p> <p><b>Gleichzeitige PMx-Proben-Anreicherung auf zwei Filtermedien durch Benutzung eines einzigen Probenahmekopf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholende Proben verfügbar (Proben sind absolut äquivalent bezüglich der granulometrischen Repräsentativität)</li> <li>• Optimale Konfiguration um einen EU LOW Volume 2,3m<sup>3</sup>/h Probenahmekopf kontextabhängig zur Partikelanreicherung auf Filtermedien mit hohem spezifischen Widerstand einzusetzen (z.B. Teflon 1µm für die chemische Spezifizierung der Schwebstaub)</li> </ul> <p style="text-align: center;"><i>zum Beispiel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linie A Quarzfilter <math>Q_A=1.3 \text{ m}^3/\text{h}</math></li> <li>- Linie B Teflonfilter <math>Q_B=1 \text{ m}^3/\text{h}</math></li> </ul>

	<p style="text-align: center;"><b>BEISPIELKONFIGURATION 3</b></p> <p><b>Gleichzeitige Probenahme von PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> durch Benutzung eines einzigen Probenahmekopf</b></p> <p><i>Beispiel:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benutzung eines PM10 EU Low Volume 2.3m<sup>3</sup>/h Probenahmekopf</li> <li>- Benutzung eines EPA WINS PM2.5 impactor auf Linie B</li> <li>- Durchflussrate Linie B = 1 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Durchflussrate Linie A = 1.3 m<sup>3</sup>/h</li> </ul> $Q_A + Q_B = Q_{inlet} = 2.3 \text{ m}^3/h$
	<p style="text-align: center;"><b>BEISPIELKONFIGURATION 4</b></p> <p><b>Referenzkonfiguration durch konstante Stokes Nummer</b></p> <p>Möglichkeit des Betriebs bei der Einlassdurchflussrate am Probenahmekopflevel so das die Stokesnummer, abhängig von mit dem Impaktor, konstant ist</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Linie A konstante volumetrische Durchflussrate</li> <li>- Linie B Ausgleichdurchflussrate</li> <li>- <math>Q_{inlet}/\eta = \text{konstant}</math></li> </ul> $Q_A + Q_B = Q_{inlet}$

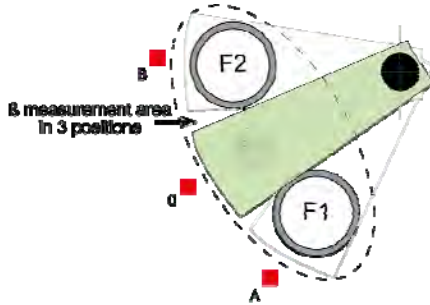
## 20 ANHANG 11: Massenbestimmung

Das Massenbestimmungsmodul besteht aus einem Arm mit Quelle und Detektor, welche mechanisch verbunden sind. Der Arm rotiert an der Scheibenachse und platziert Quelle und Detektor in drei verschiedene Positionen, um die erwarteten Messungen auszuführen. An dem Arm ist ein mobiles Schild platziert, dass sich zwischen Quelle und Detektor stellt, wenn durch eine Messesequenz notwendig.

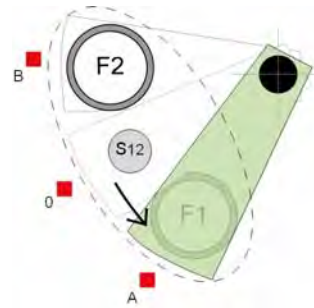
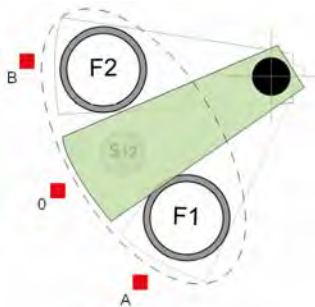


**BLANK MESSUNGS-VORGANG IN DETAIL**

1. Das Gerät überprüft, dass der Geiger in "0" Position ist und das Schild geschlossen ist. Dann fährt es mit der Dark-Flussmessung fort



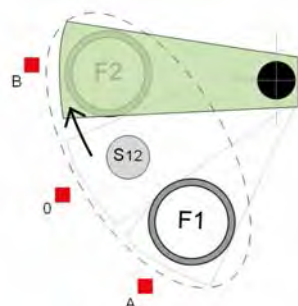
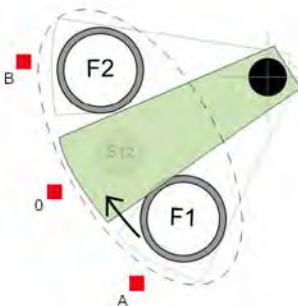
2. Öffnung des mobilen Schildes und Messungen des Fluss des Filters S12
3. Der Arm bewegt sich zu Position A und misst den Fluss von Filter F1 (Messlänge 10')



$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

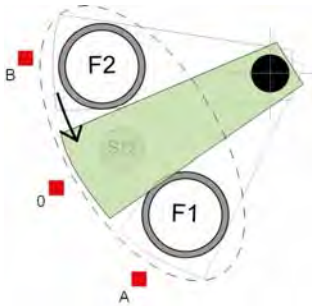
4. Arm bewegt sich zu 0 Position und misst den Filter S12 (Messlänge: 5')
5. Arm bewegt sich zu Position B und misst den Fluss von Filter F2 (Messlänge: 10')



$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

6. Der Arm bewegt sich zu 0-Position und mit den Fluss des Filters S12 (Messlänge 2'-30')



$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

7. Die Phasen 1 bis 6 wiederholen sich selbst  $n$ -mal um die Matrix der Blankmessungen  $M_b$  zu vervollständigen

mit:

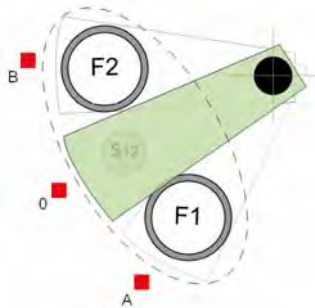
$n=4$  für  $\leq 8$  Stunden lange Probenahmezyklen

$n=6$  für  $\geq 12$  Stunden lange Probenahmezyklen

Hier unten ein Beispiel einer Matrix mit Messungen mit  $n = 4$

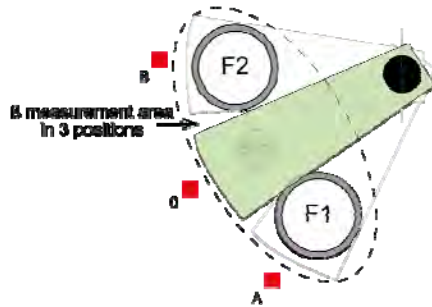
$$M^b = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{b1} & S_{12}^{12} & F_2^{b1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{b2} & S_{12}^{22} & F_2^{b2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{b3} & S_{12}^{32} & F_2^{b3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{b4} & S_{12}^{42} & F_2^{b4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

8. Das Schild schließt sich und das Gerät wiederholt die Darkfluss-Messung in 0-Position

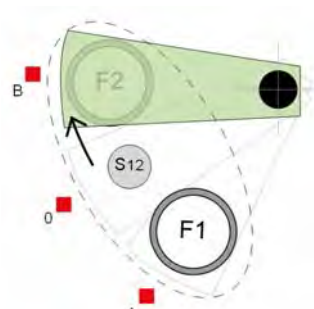
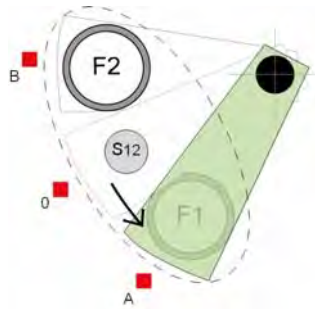


**COLLECT-MESSUNGS-VORGANG IN DETAIL**

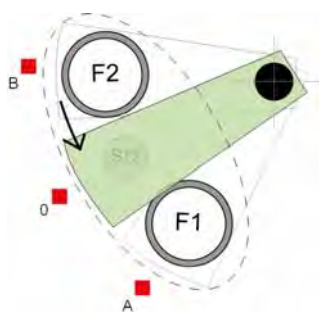
1. Das Gerät überprüft, dass der Geiger in "0"-Position ist und dass das Schild geschlossen ist. Dann geht es weiter mit der *Darkflussmessung*



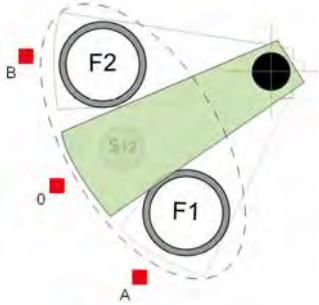
2. Messungen des *Natürlichen* Flusses auf dem ersten Filterpaar. Der Arm bewegt sich von Position A (Messungen des natürlichen Flusses F1), Arm bewegt sich zu Position B (Messungen des natürlichen Flusses F2)



3. Arm bewegt sich zu 0-Position und das Schild öffnet sich

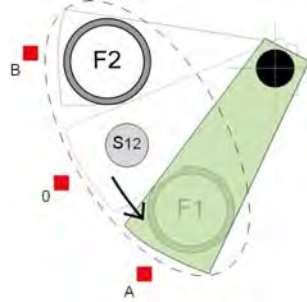


4. Flussmessungen auf Filter S12 (Messlänge: 5')



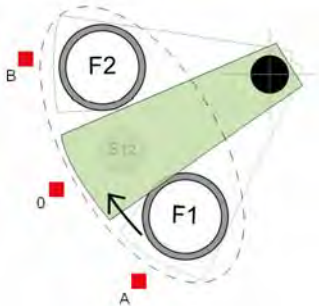
$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{d1} & S_{12}^{12} & F_2^{d1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{d2} & S_{12}^{22} & F_2^{d2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{d3} & S_{12}^{32} & F_2^{d3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{d4} & S_{12}^{42} & F_2^{d4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

5. Arm bewegt sich zu Position A und misst den Fluss von Filter F1 (Messdauer 10')



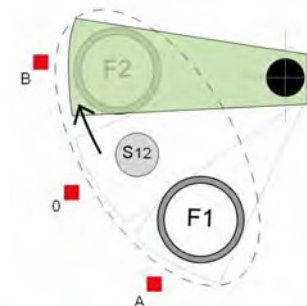
$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{d1} & S_{12}^{12} & F_2^{d1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{d2} & S_{12}^{22} & F_2^{d2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{d3} & S_{12}^{32} & F_2^{d3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{d4} & S_{12}^{42} & F_2^{d4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

6. Arm bewegt sich zur 0-Position und misst den Fluss von S12 (Messlänge: 5')



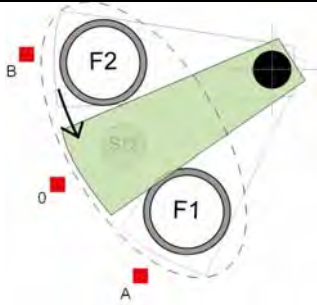
$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{d1} & S_{12}^{12} & F_2^{d1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{d2} & S_{12}^{22} & F_2^{d2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{d3} & S_{12}^{32} & F_2^{d3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{d4} & S_{12}^{42} & F_2^{d4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

7. Arm bewegt sich zu Position B und misst den Fluss von Filter F2 (Messlänge: 10')



$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{d1} & S_{12}^{12} & F_2^{d1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{d2} & S_{12}^{22} & F_2^{d2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{d3} & S_{12}^{32} & F_2^{d3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{d4} & S_{12}^{42} & F_2^{d4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

8. Armbewegung zu Position 0 und Flussmessung von S12 (Messlänge: 5')



$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{c1} & S_{12}^{12} & F_2^{c1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{c2} & S_{12}^{22} & F_2^{c2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{c3} & S_{12}^{32} & F_2^{c3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{c4} & S_{12}^{42} & F_2^{c4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

9. Die Phasen von 4 bis 8 wiederholen sich  $n$ -mal um die Matrix der Collect-Messungen  $M^c$  zu vervollständigen

mit:

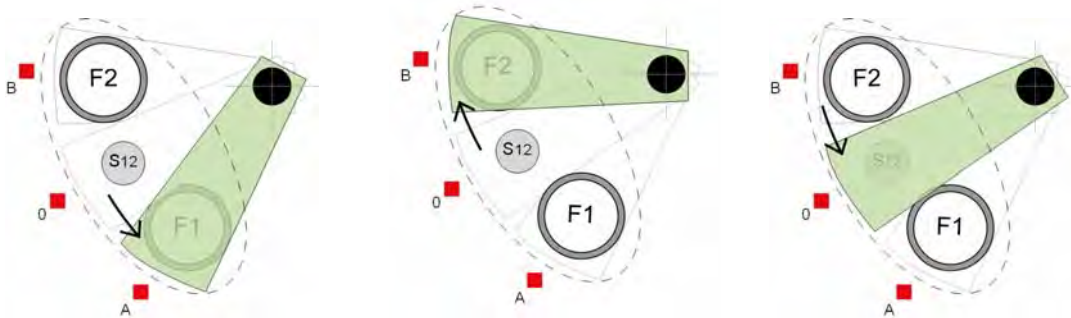
$n=4$  für  $\leq 8$  stundenlange Probenahmezyklen

$n=6$  für  $\geq 12$  stundenlange Probenahmezyklen

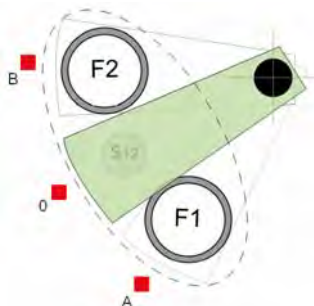
Hier ein Beispiel einer Matrix von Messungen mit  $n = 4$

$$M^c = \begin{bmatrix} S_{12}^{11} & F_1^{c1} & S_{12}^{12} & F_2^{c1} & S_{12}^{13} \\ S_{12}^{21} & F_1^{c2} & S_{12}^{22} & F_2^{c2} & S_{12}^{23} \\ S_{12}^{31} & F_1^{c3} & S_{12}^{32} & F_2^{c3} & S_{12}^{33} \\ S_{12}^{41} & F_1^{c4} & S_{12}^{42} & F_2^{c4} & S_{12}^{43} \end{bmatrix}$$

10. Am Ende der  $n$ -Messequenz schließt sich das Schild und die zwei natürlichen Flussmessungen von den Filtern F1 und F2 werden wiederholt.



11. Arm bewegt sich zu 0-Position und misst den *Darkfluss*

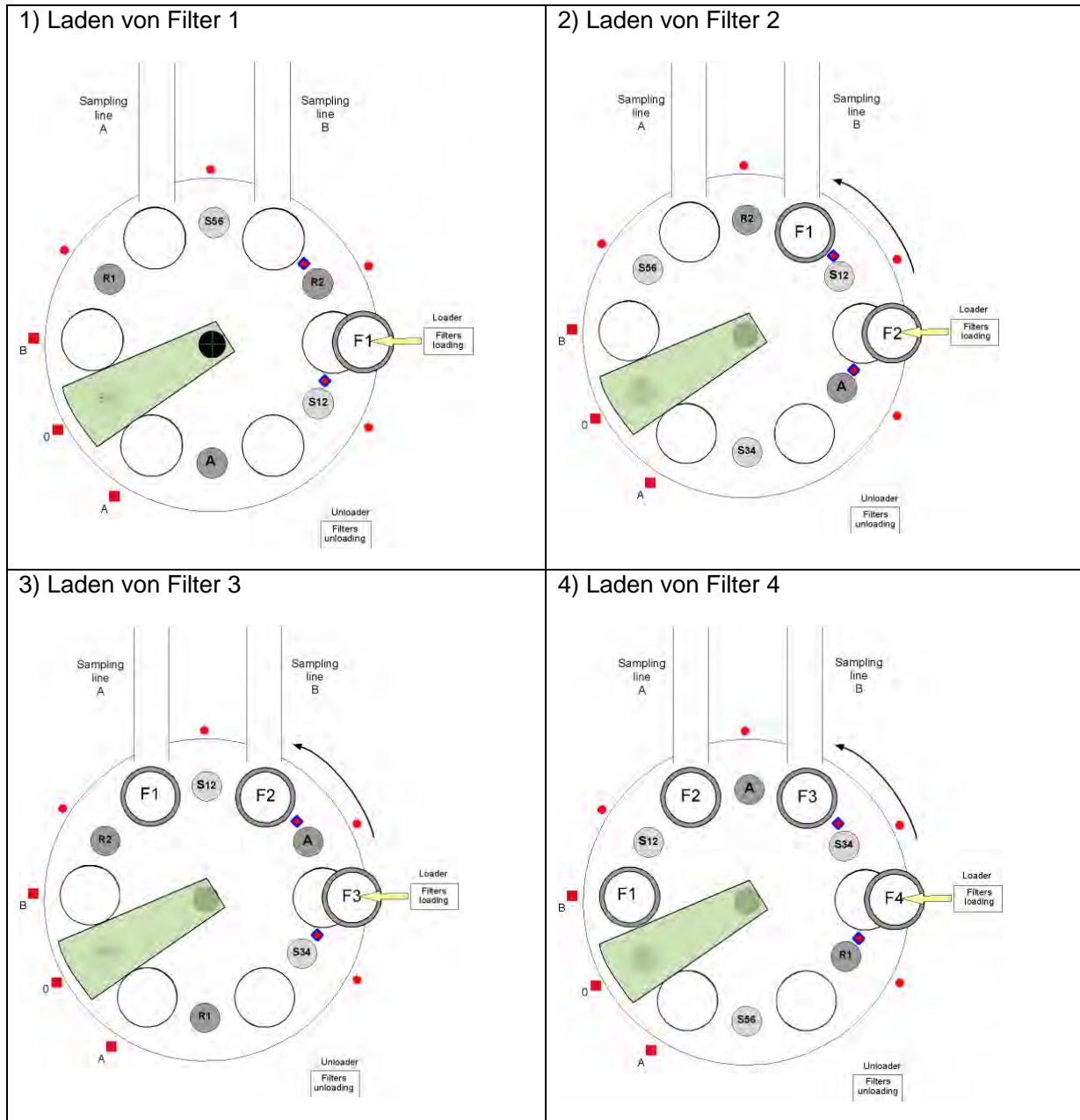




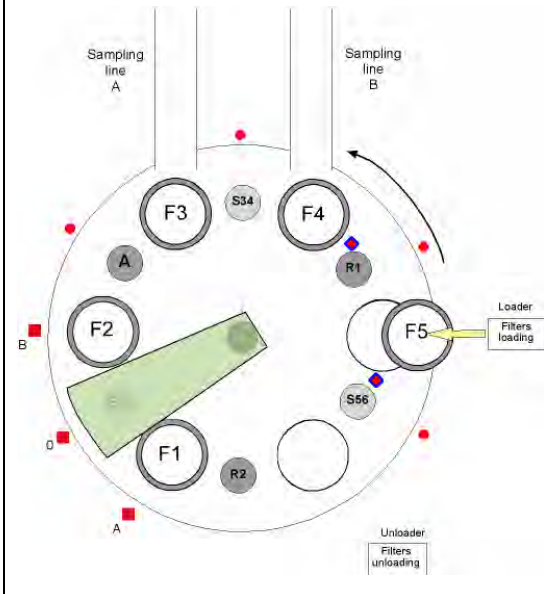
## 21 ANHANG 12: Sequentielle Betriebsschnitte

### Filtermanagement in Monitor Modus A&B

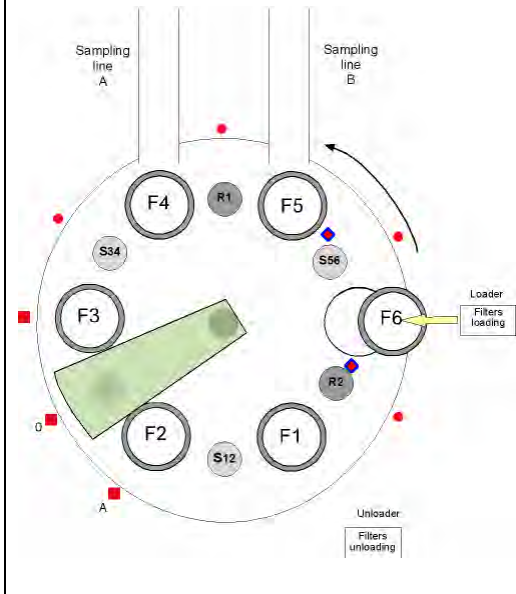
Die Abbildungen unten zeigen den Ablauf des Ladens der unbenutzte Filter beim Gerätestart in Monitor Modus A&B.



5) Laden von Filter 5

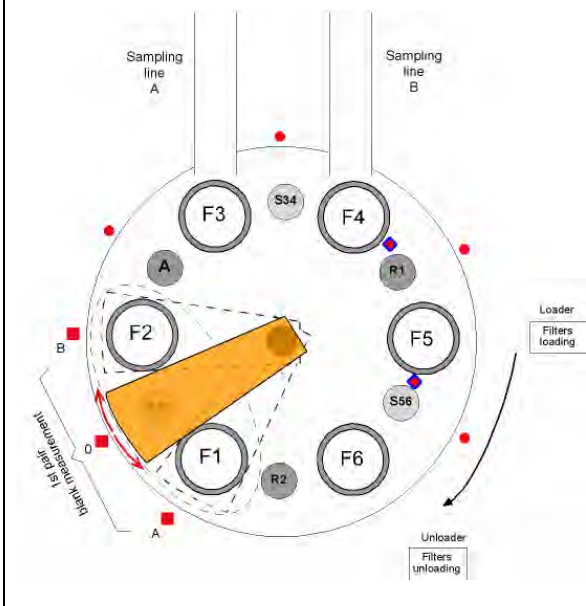


6) Laden von Filter 6

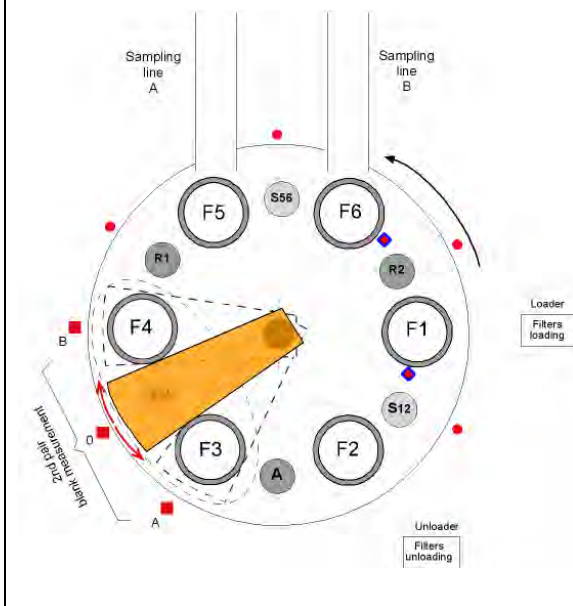


Die Abbildungen unten zeigen den Ablauf des Filterladens, Probenahme, Massenmessungen (Blank und Collect), Entladeschritte, nach dem Start vom Gerät im Monitor Modus A&B

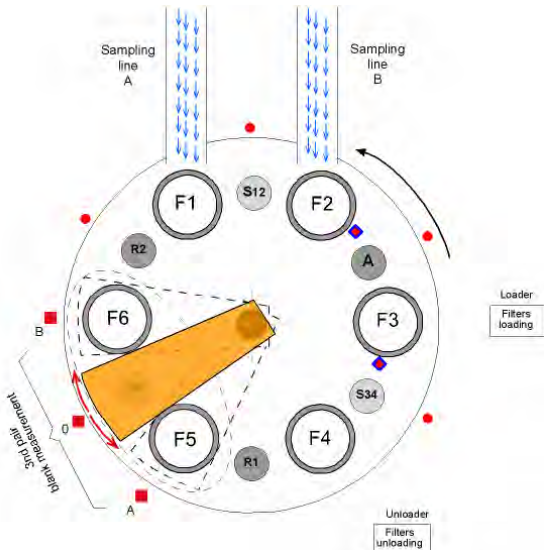
7) Im Status Delay führt das Gerät Blankmessungen an den Filtern F1 und F2 aus



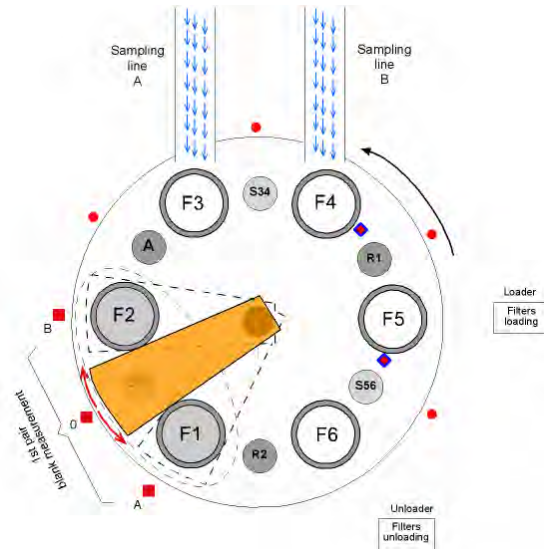
8) Im Status Delay führt das Gerät Blankmessungen an den Filtern F3 und F4 aus



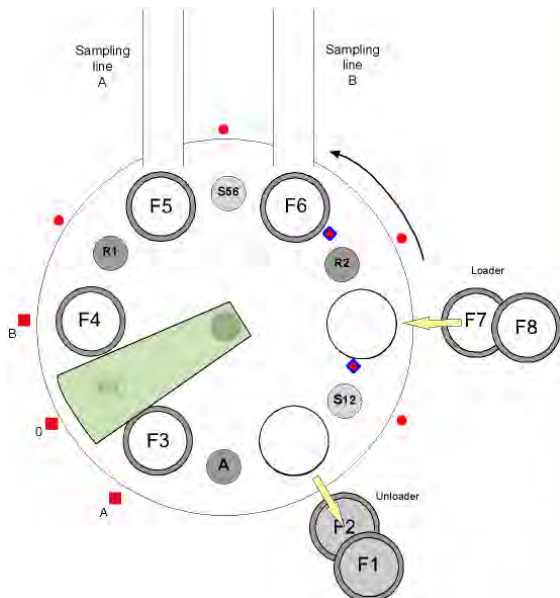
9) Zum programmierten Datum und Zeit beginnt das Gerät auf Filter F1 und F2 Proben zu nehmen. Während des Probenahmeprozess werden an den Filtern F5 und F6 Blankmessungen ausgeführt



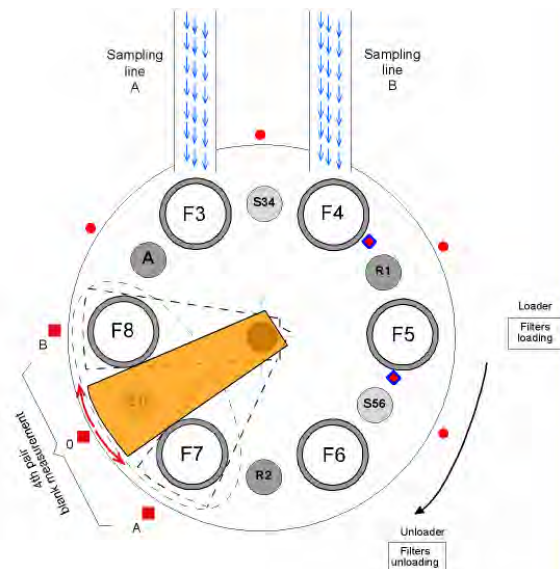
10) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F1 und F2 beginnen die Collect-Messungen und gleichzeitig startet das Gerät auf Filter F3 und F4 Proben zu nehmen



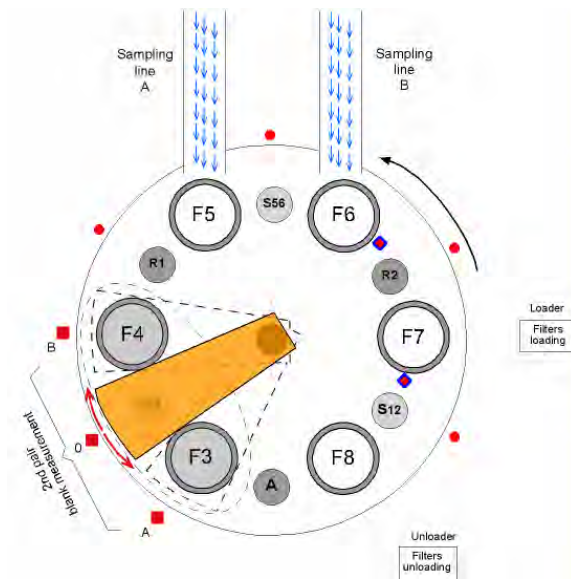
11) Am Ende der Collect-Messungen, werden die Filter F1 und F2 im Entlademagazin gespeichert und Filter F7 und F8 werden auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, werden die Pumpen für etwa 30s gestoppt).



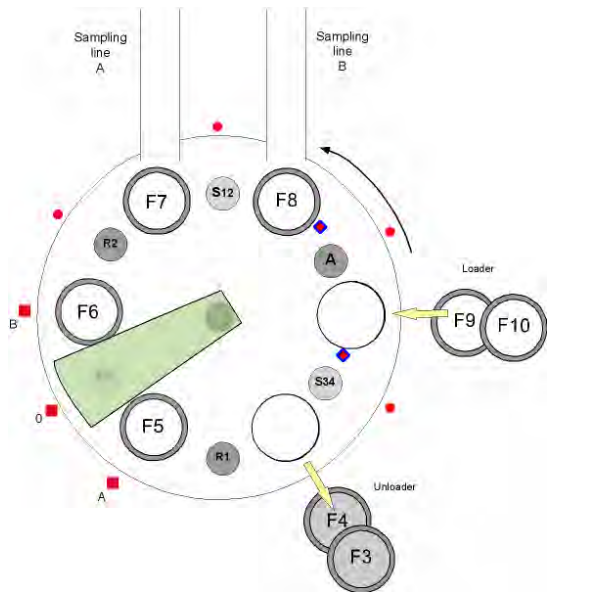
12) Die Filter F3 und F4 werden wieder auf der Probenahmefläche platziert, um den Probenahmeprozess zu vervollständigen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F7 und F9 ausgeführt.



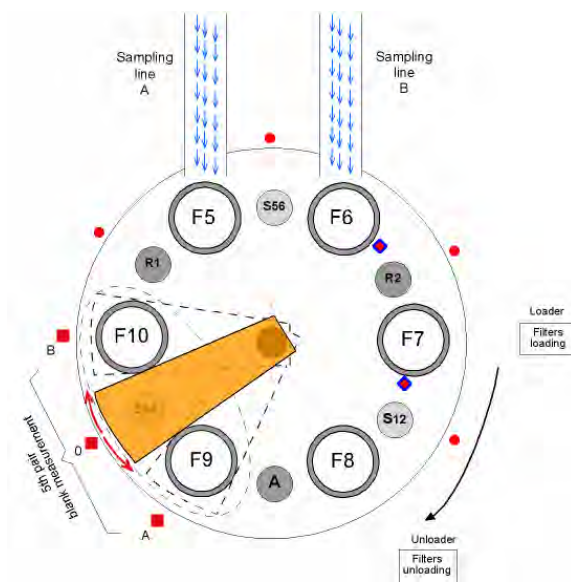
13) Am Ende des Probenahmeprozess auf Filter F3 und F4, wird die Collectmessung ausgeführt und gleichzeitig der Probenahmeprozess auf Filter F5 und F6 gestartet.



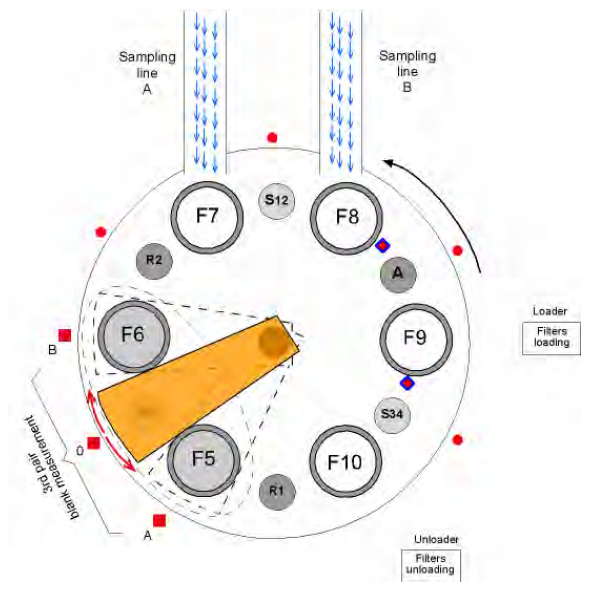
14) Am Ende der Collectmessungen werden die Filter F3 und F4 im Entlademagazin gespeichert und Filter F7 und F9 auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, werden die Pumpen für etwa 30 Sekunden gestoppt).



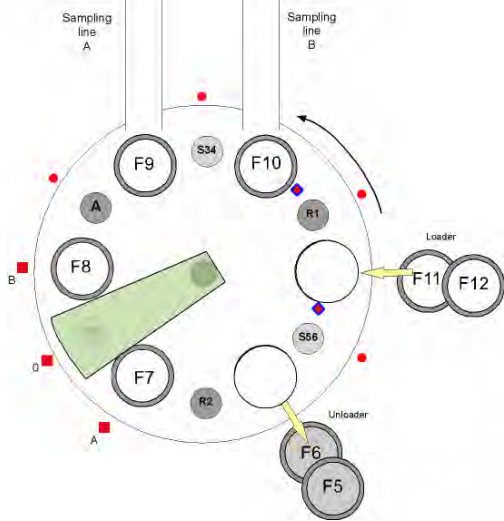
15) Die Filter F5 und F6 werden wieder auf der Probenahmefläche platziert, um den Probenahmeprozess zu vollenden. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf Filter F9 und F10 ausgeführt.



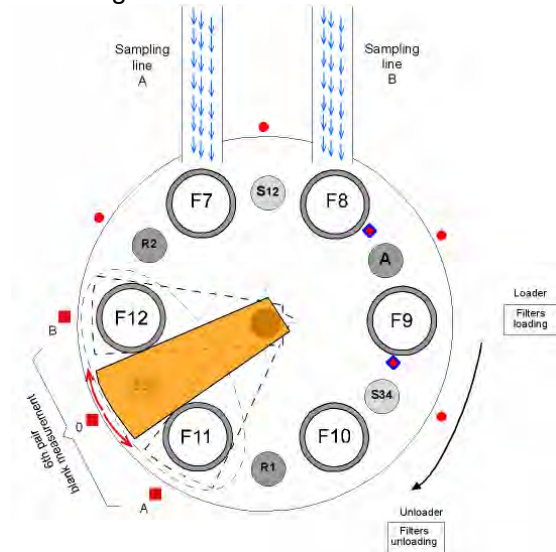
16) Am Ende des Probenahmeprozess von Filter F5 und F6 werden, die Collectmessungen werden ausgeführt und gleichzeitig beginnt der Probenahmeprozess auf den Filtern F7 und F8.



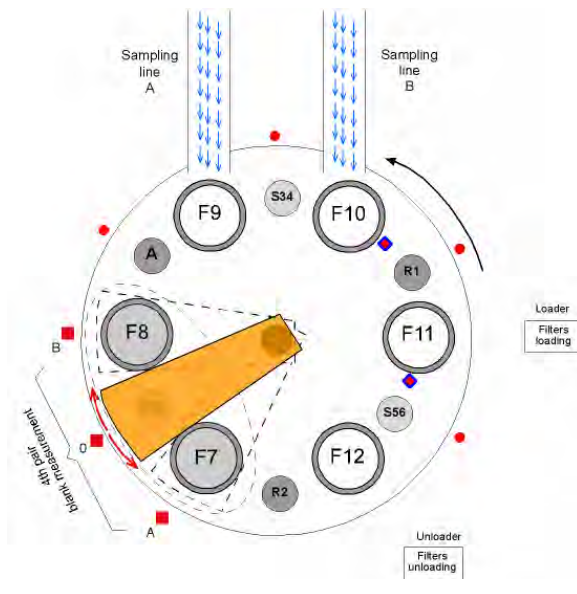
17) Am Ende der Collectmessungen werden die Filter F5 und F6 im Entlademagazin gespeichert und Filter F11 und F12 auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, werden die Pumpen für etwa 30 Sekunden gestoppt).



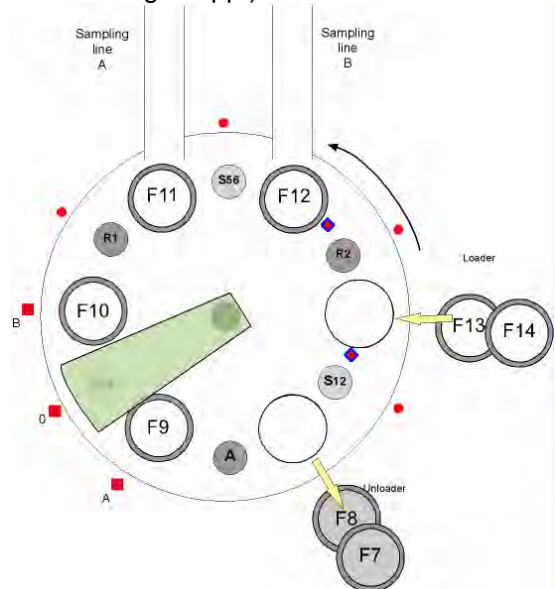
18) Die Filter F7 und F8 werden wieder auf der Probenahmeffläche platziert und den Probenahmeprozess zu vollenden. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf Filter F11 und F12 ausgeführt.



19) Am Ende des Probenahmeprozess von Filter F7 und F8, die Collectmessungen werden ausgeführt und gleichzeitig beginnt der Probenahmeprozess auf den Filtern F9 und F10.



20) Am Ende der Collectmessungen werden die Filter F7 und F8 im Entlademagazin gespeichert und Filter F13 und F14 auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, werden die Pumpen für etwa 30 Sekunden gestoppt).

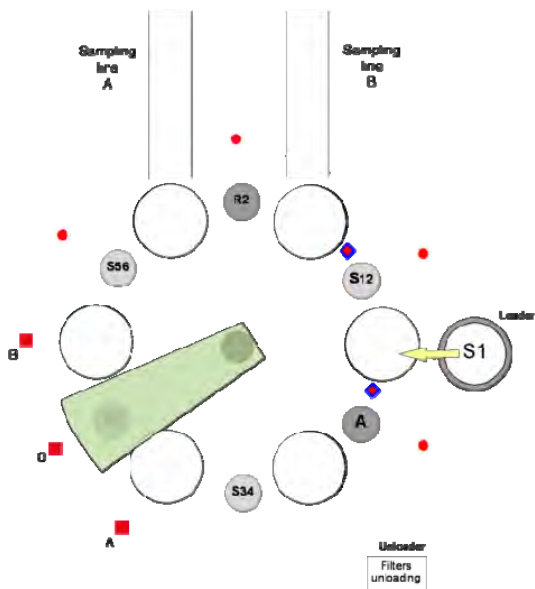


Die Vorgänge Filter laden, Probennehmen, Massenbestimmung (Blank und Collect) und die Entladesequenz dauern an bis der Probenahme- und Messzyklus stoppt oder bis alle unbenutzte Filter verbraucht sind.

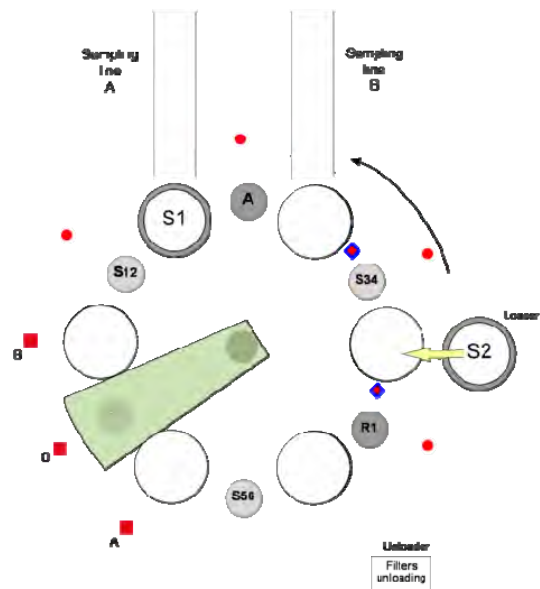
Filtermanagement in Monitor Modus A

Die Abbildungen unten zeigen den Ablauf wie unbenutzte Filter geladen werden, bis zum Gerätestart in Monitor Modus A.

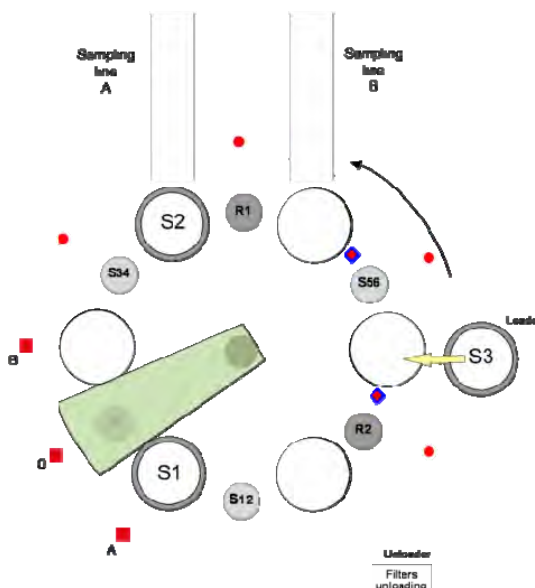
1) Laden eines zusätzlichen Spyfilter S1



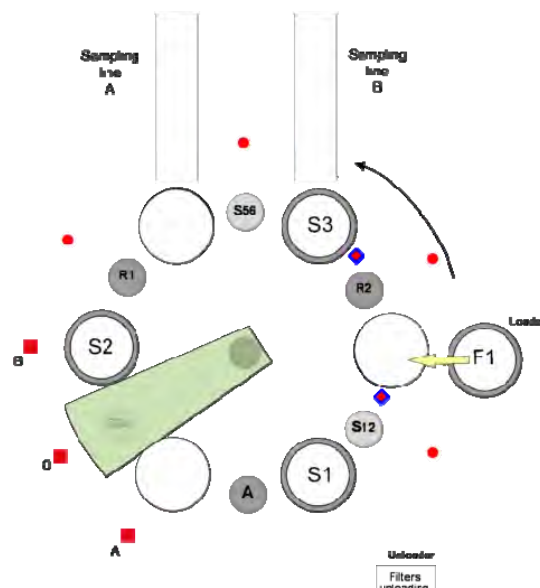
2) Laden eines zusätzlichen Spyfilter S2



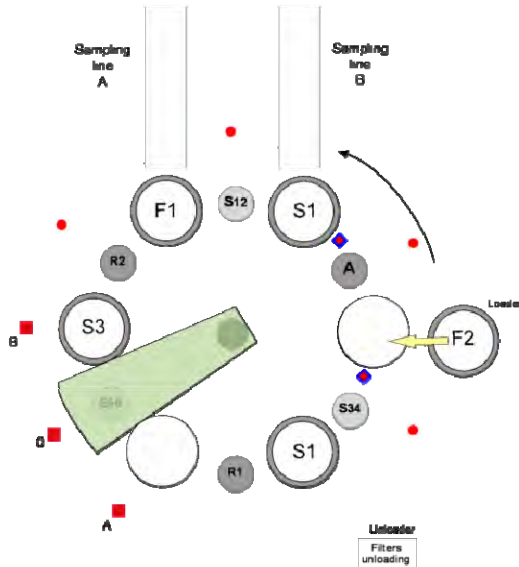
3) Laden eines zusätzlichen Spyfilter S3



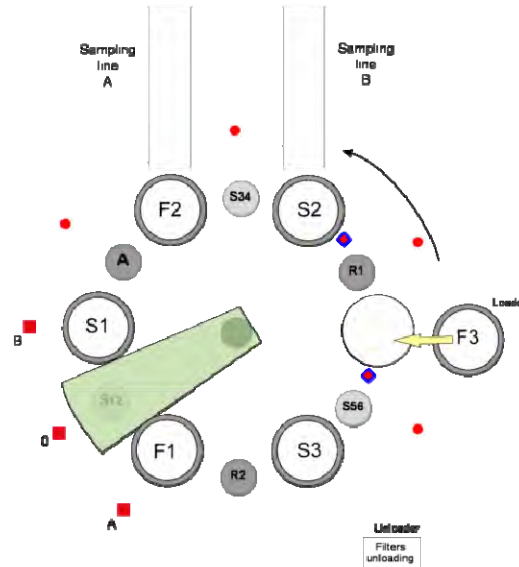
4) Laden von Filter 1



5) Laden von Filter 2

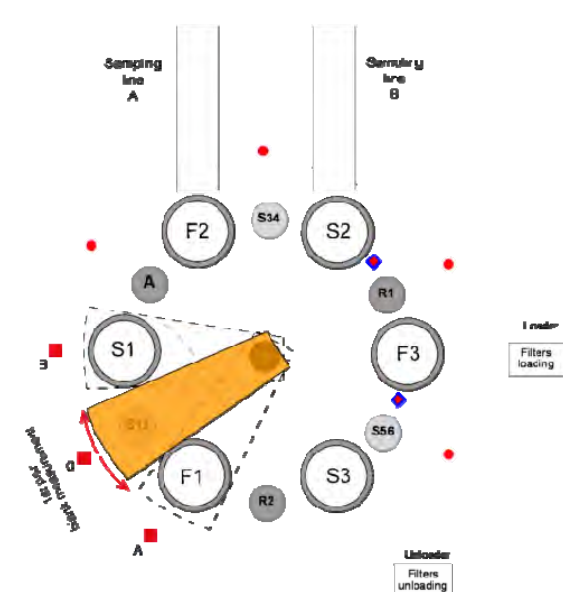


6) Laden von Filter 3

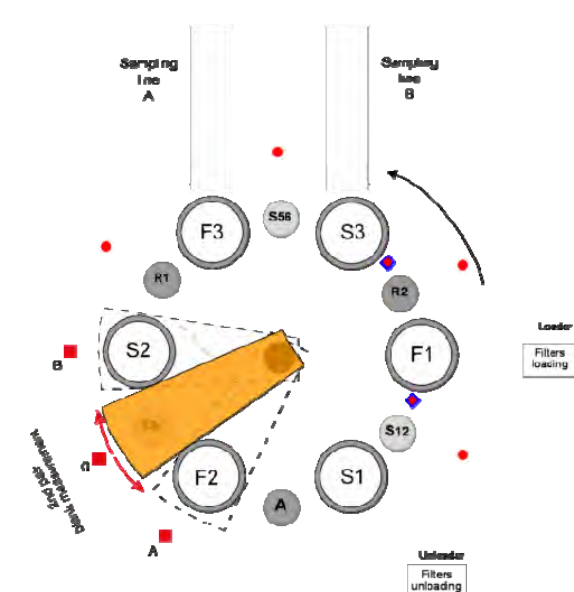


Die Abbildungen unten zeigen den Ablauf des Filterladens, Probenahme, Massenmessungen (Blank und Collect) und Entladeschritte, nach dem Gerätestart in Monitor Modus A

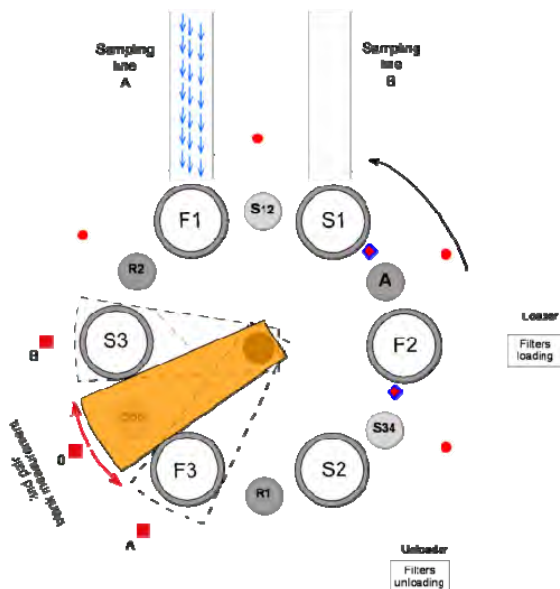
7) Im Delay Status werden die Blankmessungen auf den Filtern F1 und S1 ausgeführt



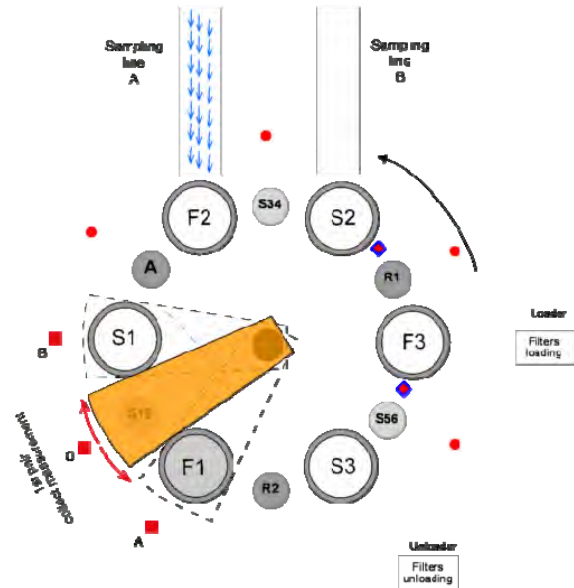
8) Im Delay Status werden die Blankmessungen auf den Filtern F2 und S2 ausgeführt



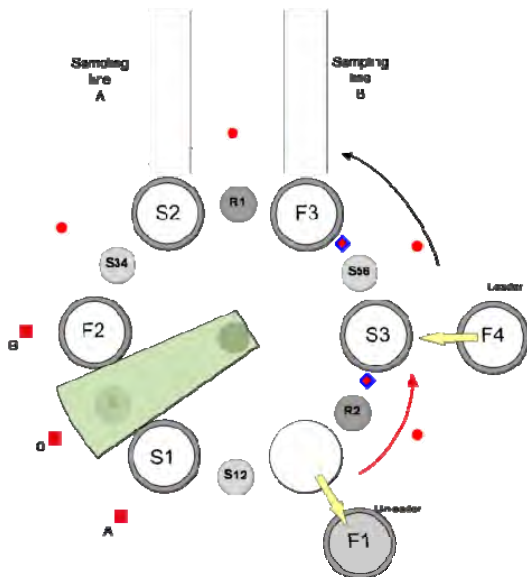
9) Zum programmierten Datum und Zeit, startet das Gerät mit der Probenahme auf Filter F1. Während des Probenahmeprozess werden die Blankmessungen auf den Filtern F3 und S3 ausgeführt.



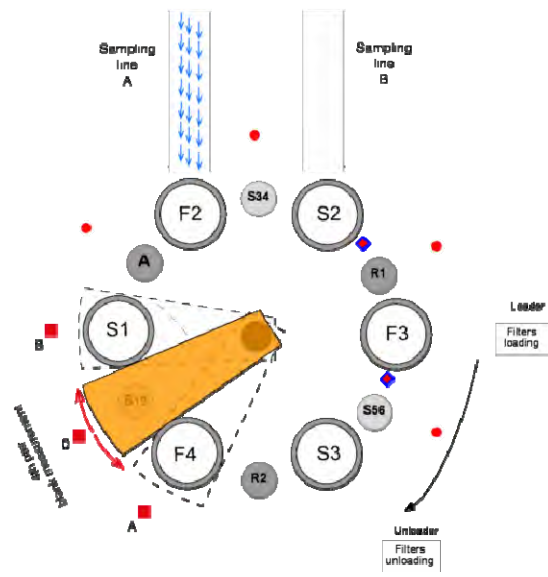
10) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F1 und S1, starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf Filter F2



11) Am Ende der Collectmessung, wird Filter F1 im Entlademagazin gespeichert und Filter F4 wird auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, hält die Pumpe für etwa 30 sec an gestoppt wird.)

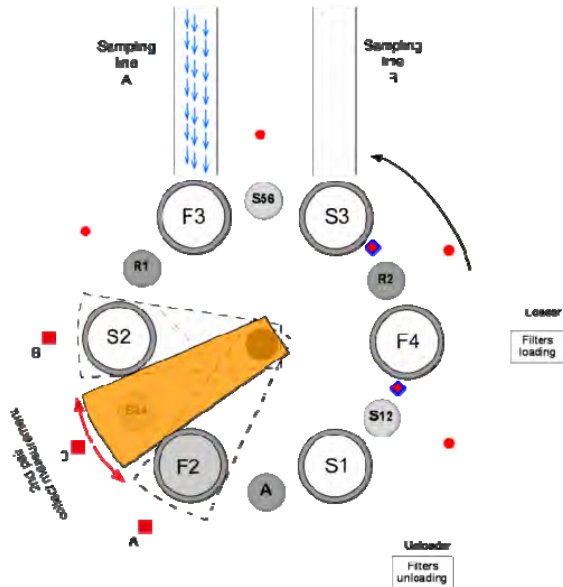


12) Der Filter F2 wird wieder auf der Probenahme fläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F4 und S1 ausgeführt.

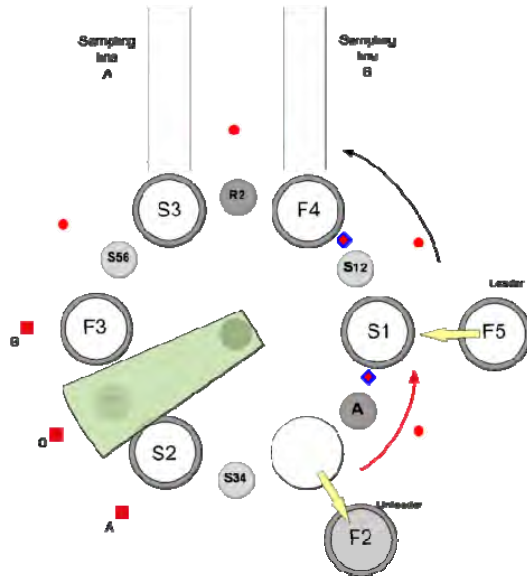




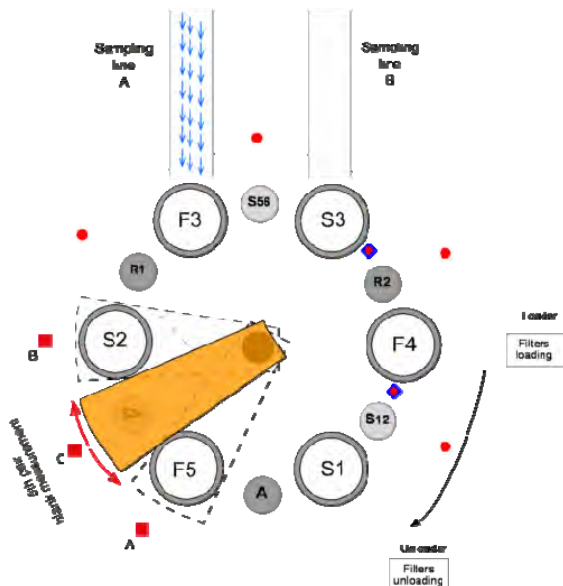
13) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F2 und S2 starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf Filter F3.



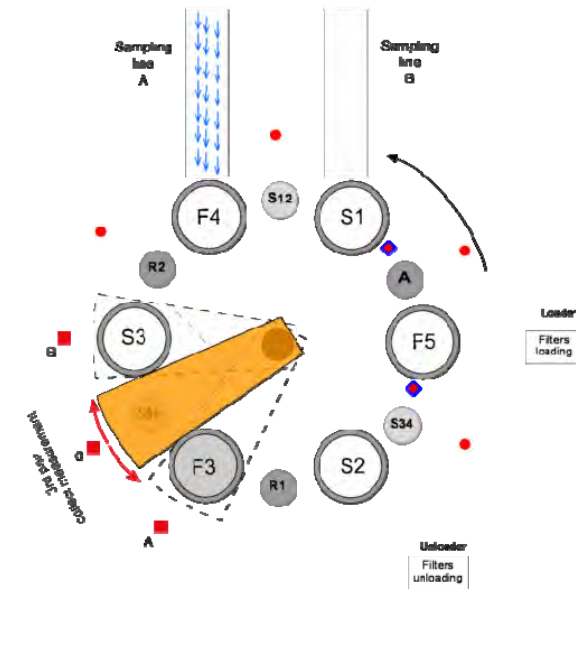
14) Am Ende der Collectmessung, wird Filter F2 im Entlademagazin gespeichert und Filter F5 wird auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, hält die Pumpe für etwa 30 sec an gestoppt wird.)



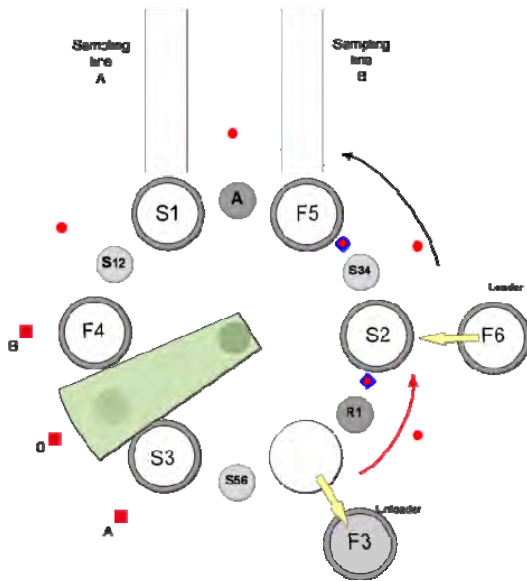
15) Der Filter F3 wird wieder auf der Probenahme fläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F5 und S12 ausgeführt.



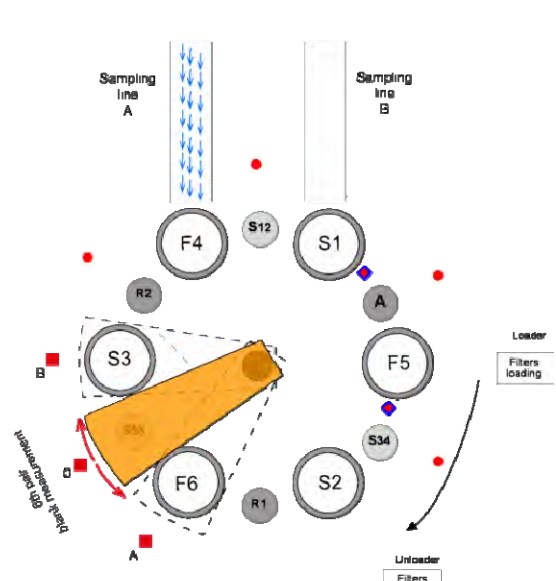
16) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F3 und S3 starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf Filter F4.



17) Am Ende der Collectmessung, wird Filter F3 im Entlademagazin gespeichert und Filter F6 wird auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, hält die Pumpe für etwa 30 sec an gestoppt wird.)



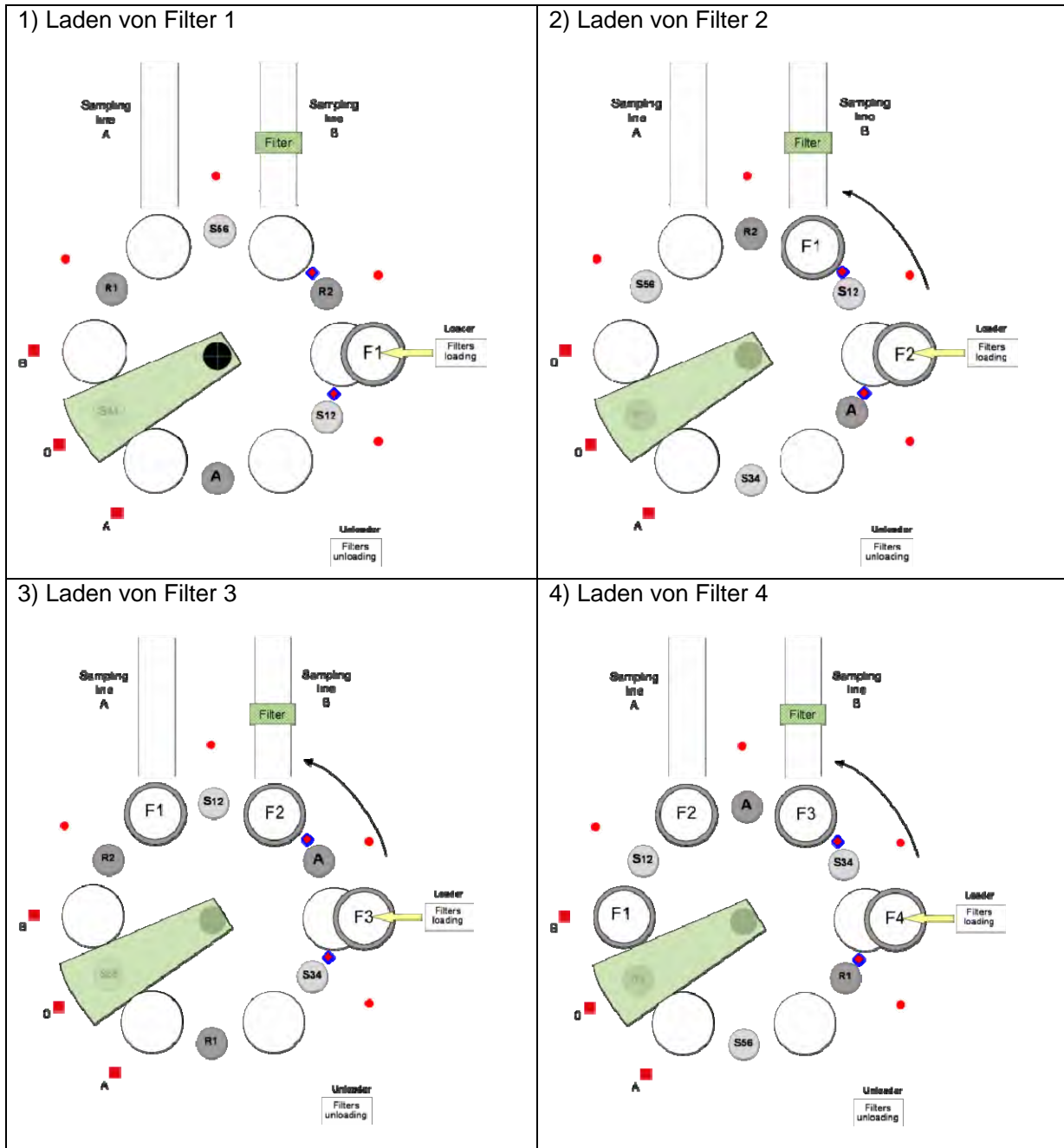
18) Der Filter F4 wird wieder auf der Probenahmeffläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F6 und S3 ausgeführt.



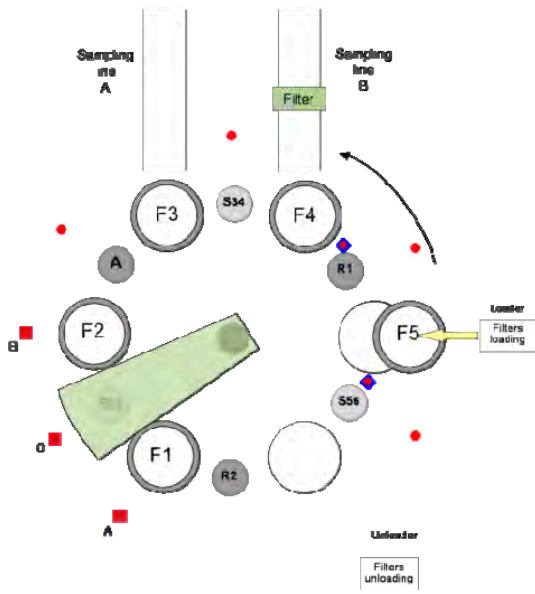
Die Vorgänge „Filter laden“, „Probennahme“, „Massenbestimmung“ (Blank und Collect) und die Entladesequenz dauern bis der Probenahme- und Messzyklus stoppt oder bis alle unbenutzten Filter verbraucht sind.

Filtermanagement im Reference Modus

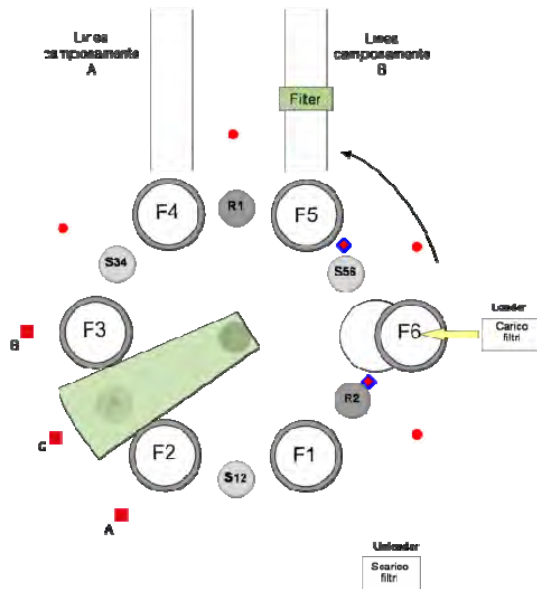
Die Abbildungen unten zeigen den Ablauf des Ladevorgangs für unbenutzte Filter im Referenzmodus.



5) Laden von Filter 5

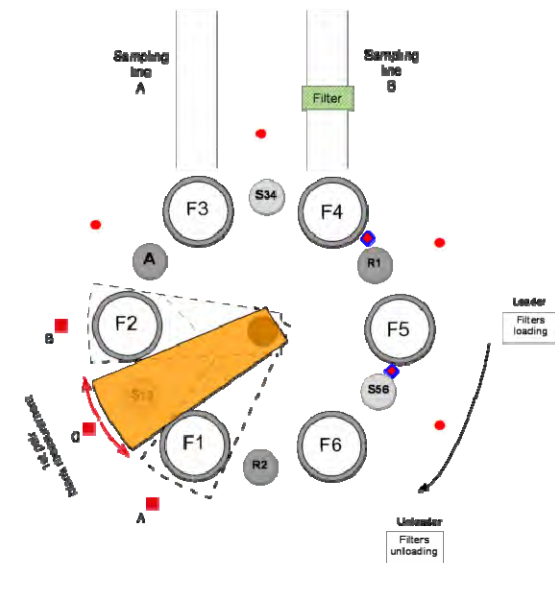


6) Laden von Filter 6

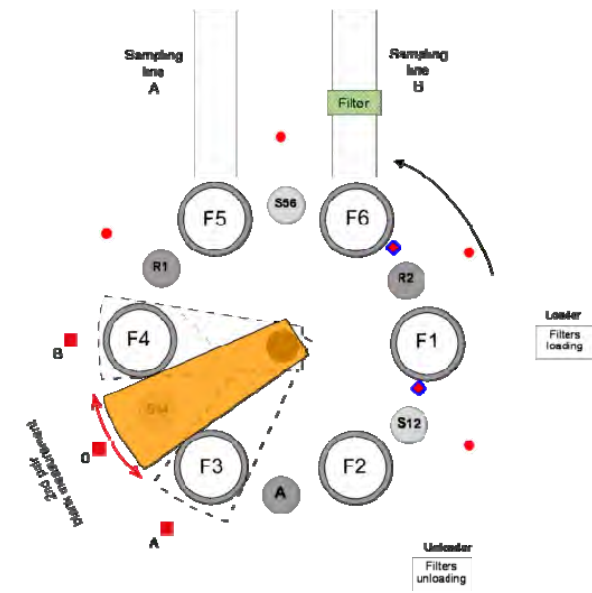


Die Vorgänge Filter laden, Probennahme, Massenbestimmung (Blank und Collect) und die Entladesequenz, nachdem das Gerät im Referenzmodus gestartet ist.

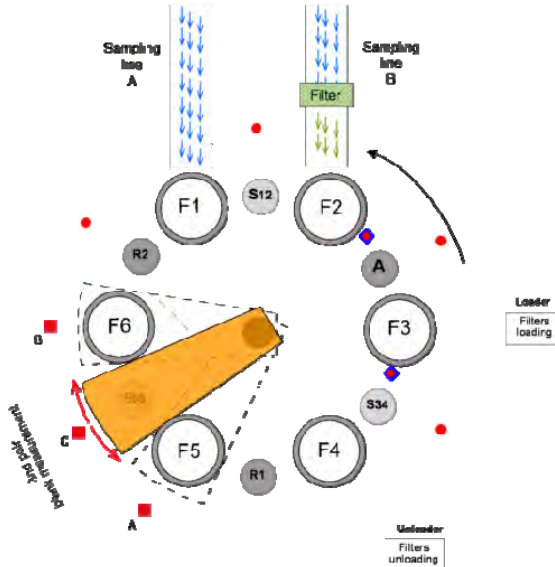
7) Im Delay Status werden die Blankmessungen auf den Filtern F1 und F2 ausgeführt



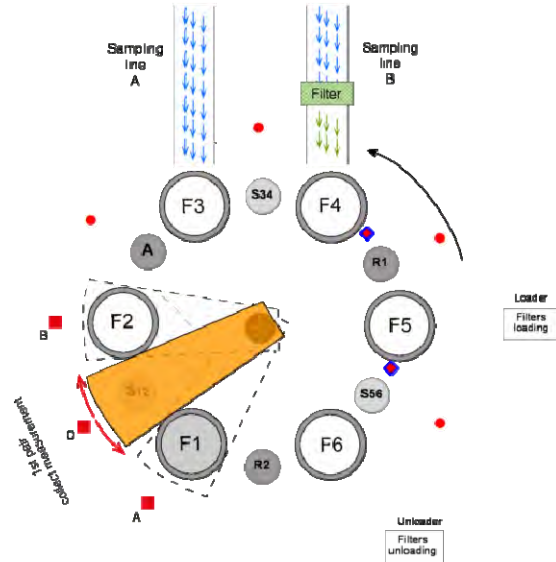
8) Im Delay Status werden die Blankmessungen auf den Filtern F3 und F4 ausgeführt



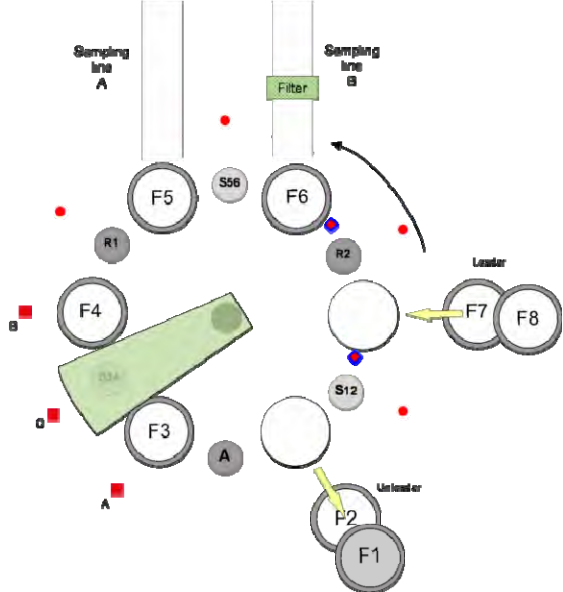
9) Zum programmierten Datum und Zeit, startet das Gerät mit der Probenahme auf den Filter F1 und F2 (field blank). Während des Probenahmeprozess werden die Blankmessungen auf den Filtern F5 und S6 ausgeführt.



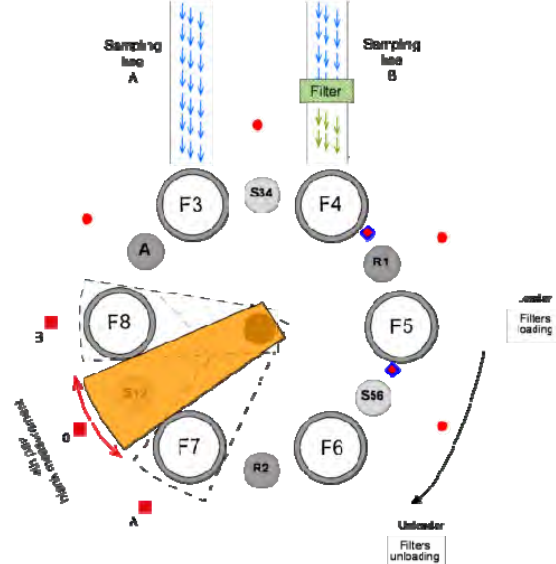
10) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F1 und F2, starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf den Filter F3 und F4 (field blank)



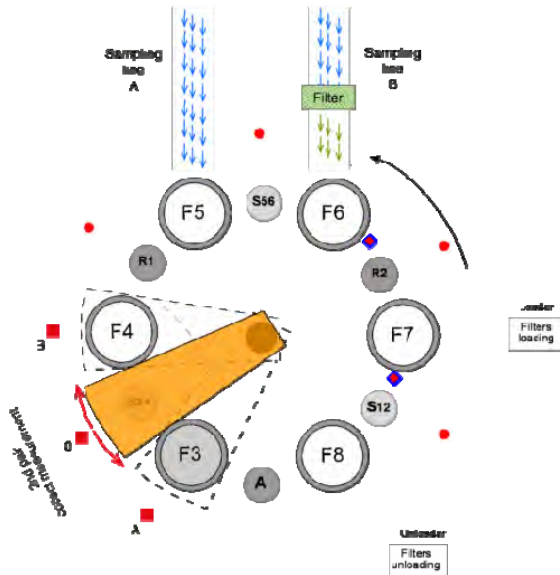
11) Am Ende der Collectmessung, werden die Filter F1 und F2 im Entlademagazin gespeichert und die Filter F7 und F8 wird auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, die Pumpe für etwa 30 sec gestoppt wird).



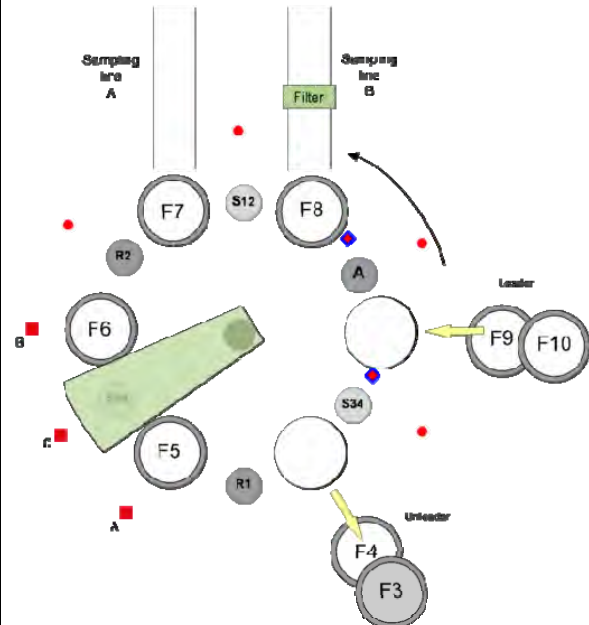
12) Die Filter F3 und F4 werden wieder auf der Probenahmefläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F7 und F8 ausgeführt.



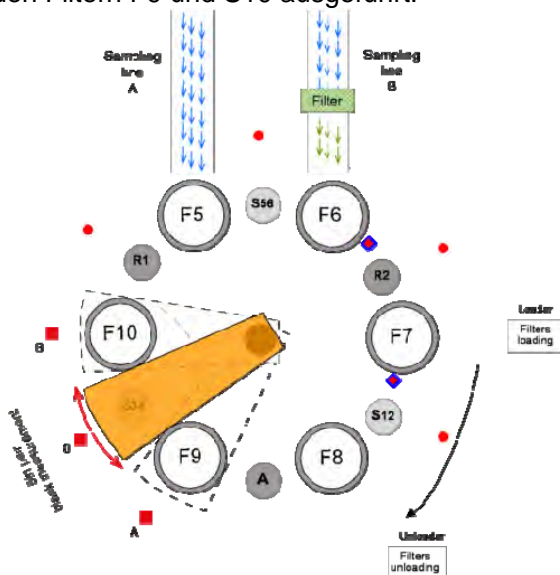
13) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F3 und F4 starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf den Filtern F5 und F6 (field blank).



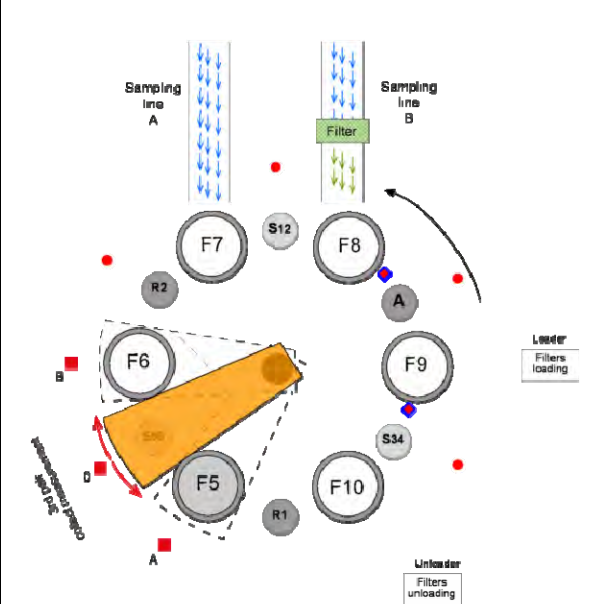
14) Am Ende der Collectmessung, werden die Filter F3 und F4 im Entlademagazin gespeichert und die Filter F7 und F8 werden auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, die Pumpe für etwa 30 sec gestoppt wird).



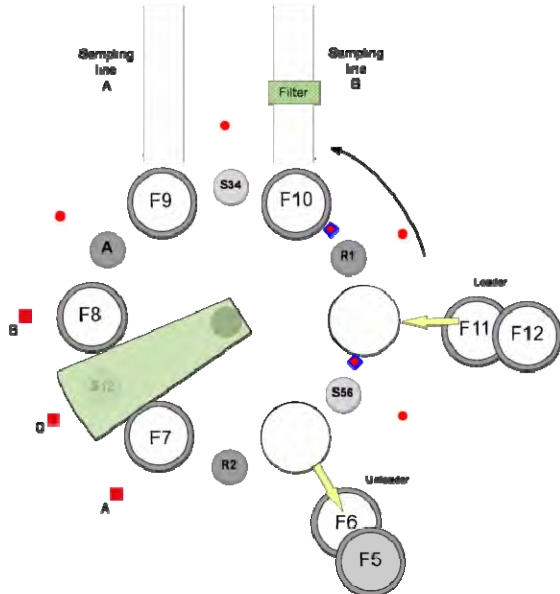
15) Die Filter F5 und F6 werden wieder auf der Probenahme fläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F9 und S10 ausgeführt.



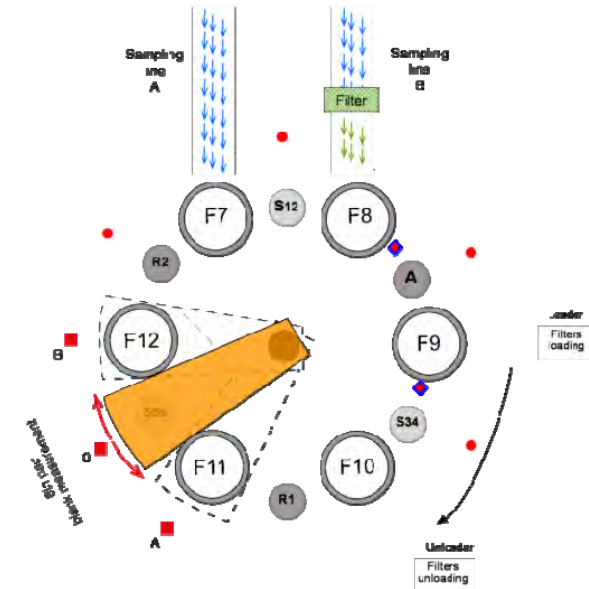
16) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F5 und F6 starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf den Filtern F7 und F8 (field blank).



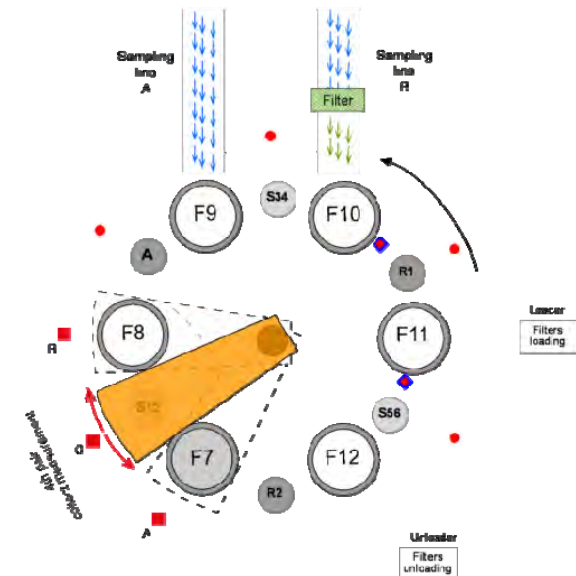
17) Am Ende der Collectmessung, werden die Filter F5 und F6 im Entlademagazin gespeichert und die Filter F11 und F12 werden auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, die Pumpe für etwa 30 sec gestoppt wird).



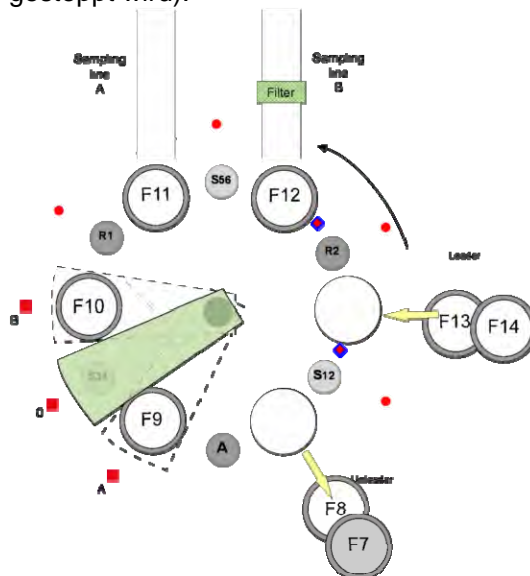
18) Die Filter F7 und F8 werden wieder auf der Probenahmeffläche platziert um den Probenahmeprozess abzuschließen. Gleichzeitig werden die Blankmessungen auf den Filtern F11 und S12 ausgeführt.



19) Am Ende der Probenahme auf den Filtern F7 und F8 starten die Collectmessungen und gleichzeitig startet das Gerät die Probenahme auf den Filtern F9 und F10 (field blank).

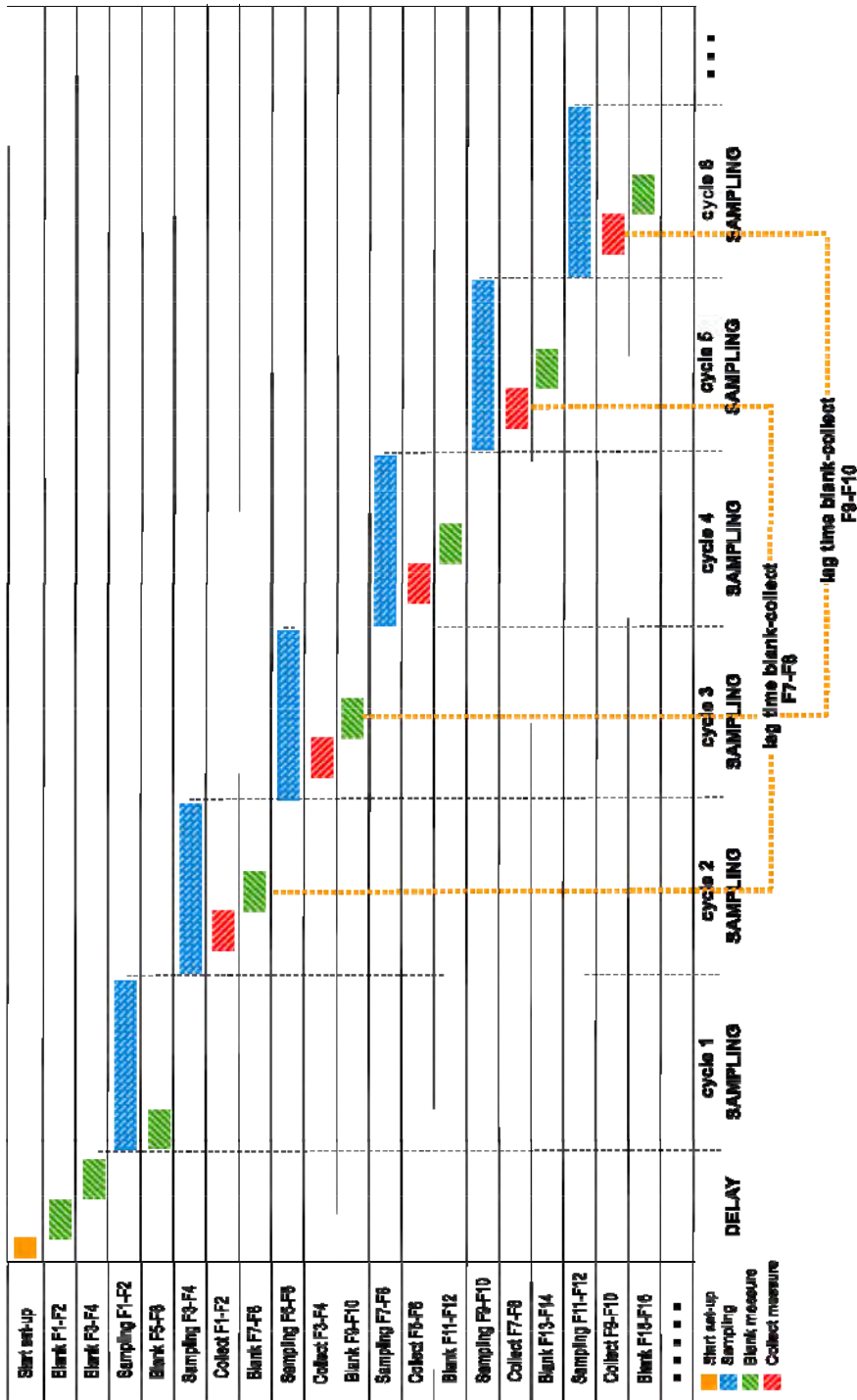


20) Am Ende der Collectmessung, werden die Filter F7 und F8 im Entlademagazin gespeichert und die Filter F13 und F14 werden auf die Scheibe geladen (um dieses Verfahren auszuführen, die Pumpe für etwa 30 sec gestoppt wird).



Die Vorgänge Filter laden, Probenahme, Massenbestimmung (Blank und Collect) und die Entladesequenz dauern bis der Probenahme- und Messzyklus stoppt oder bis alle unbenutzte Filter verbraucht sind.

Die Abbildung hier zwingt ein Beispiel eines Zeitablaufs des Verfahrens, ausgeführt mit dem Gerät (in Monitor Modus A&B) während die Filtermembran lädt, Probenahme, Massenbestimmung (Blank und Collect) und Entladen des Filterladens.







# **TEST- & KALIBRIER VERFAHREN**

## INHALTSVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN ÜBER DIE VERBINDUNG DES SWAM 5a DUAL CHANNEL MIT EINEM PC UND ÜBER DIE RS232 BEFEHLE .....	3
2 FUNKTIONSTEST DER TEMPERATURSENSOREN .....	7
2.1 Befehlssequenz für den Funktionstest des Temperatursensors .....	7
2.2 Funktionstest der Drucksensoren .....	7
2.3 Befehlssequenz für den Funktionstest der Drucksensoren .....	8
3. Dichtigkeit des pneumatischen System: Leak Test.....	9
3.1 Allgemeine Anmerkungen .....	9
3.2 Auto Leak Test.....	11
3.3 Manueller Leak Test .....	12
4. Kalibrierung des Durchflusssystem.....	19
4.1 Kalibrierung des Durchflusssystem.....	19
4.2 Kalibrierung des Durchflussratenbestimmungssystem.....	20
4.3 Kalibrierverfahren .....	21
4.4 “Auto Span Test constant” Einstellungen .....	26
4.5 Automatische Wertung der Kalibrierung des Durchflusssystem (Auto Span Test).....	26
5. Kalibrierung des Massenbestimmungssystem.....	28
5.1 Das Massenbestimmungssystem.....	28
5.2 Kalibrierung des Massenbestimmungssystem.....	28
5.3 Kalibrierverfahren .....	28
5.3.1 Einlegen der Referenzmembranen in das Lademagazin. ....	31
5.4 Download der Kalibrierdaten.....	32
5.5 Analyse der Kalibrierdaten .....	34
5.6 Ermittlung der Koeffizienten der Kalibrierkurve.....	37
5.7 Einstellung der Kalibrierkurvenkoeffizienten.....	38
5.8 Automatischer Kalibriercheck .....	39
6. VERFAHREN FÜR DIE BESTIMMUNG DES OFFSET-WERTS .....	40
6.1 Bestimmung des Offset-Werts .....	40
6.2 Einstellung des Offset-Werts .....	41

# 1. ALLGEMEINE INFORMATIONEN ÜBER DIE VERBINDUNG DES SWAM 5a DUAL CHANNEL MIT EINEM PC UND ÜBER DIE RS232 BEFEHLE

SWAM 5a Dual Channel Monitor kann mit jedem PC verbunden werden, der mit einer RS232 Schnittstelle ausgestattet ist und mit einer gebräuchlichen Terminalsoftware ausgestattet ist, die es erlaubt, Befehle für Gerätsprogrammierung und –management zu versenden.

Die Verbindungseinstellungen sind:

- Speed: 19200 baud
- Parity: none
- Data bit: 8
- Stop bit: 1
- Flow control: none

Ein Befehl besteht nur aus ASCII-Schriftzeichen. Die Befehle haben folgende Syntax:

**<command code>[<specifiers>]<CR>**

Dabei:

**<command code>** ist ein Paar von numerischen Schriftzeichen im ASCII-Format innerhalb des Intervalls [00÷99].

**<specifiers>** sind ein oder mehr optionale ASCII-Schriftzeichen, die den gegebenen Befehl genauer bestimmen.

**<CR>** (ASCII 13) ist der Terminator für jeden Befehl/Antwort gegeben/erhalten von/durch das Gerät.

Als Antwort für jeden gegebenen Befehl, sendet das Gerät mind. ein Schriftzeichen welches von dem Gerät erhalten wird. wie in der folgenden Tabelle gezeigt und daraufhin, falls erwartet, die Antwort auf den Befehl gibt.

Antwort	Bedeutung
<	Befehlslänge weniger als 3 Byte (command+CR)
?	Befehl ist außerhalb des Intervalls 00 ÷ 99
*	Befehl nicht nachvollziehbar
#	Befehlslänge entspricht nicht der erwarteten Länge
=	Befehl erkannt und ausgeführt

Falls der Befehl nach einer Antwort fragt, sendet das Gerät:

**=<response>**

Die **<response>** kann eine oder mehrere Zeilen lang sein. Jede Zeile endet mit den Schriftzeichen **<CR>** :

**<line-1><CR>[<line-2><CR><line-3><CR>....<line-N><CR>]**

Jede **<line-i>** besteht aus in einem oder mehr Feldern, jeweils durch ein Komma unterteilt:

**<field-1>[,<field -2>,<field -3>,...,<field -N>]**

Jedes **<field -i>** besteht aus einer Abfolge von ASCII-Schriftzeichen:

---

*< ASCII characters sequence that can contain no commas >*

Die nicht ganzzahligen numerischen Daten sind dargestellt durch einen Punkt der als Trennzeichen zwischen einer ganzen Zahl und Dezimalzahl fungiert.

Falls ein eingegebener Befehl des Sendens einen funktionellen Parameter verlangt (alle Befehle die mit 04 anfangen), wird die Antwort sein:

- =? Falls der Parameter nicht akzeptiert wurde
- =! Falls der Parameter akzeptiert wurde

Alle Befehle die gebraucht werden um funktionelle Parameter zu definieren (Kalibrierkoeffizienten, offset values, etc.) haben folgende Struktur:

04SHXXXXYZZ####

Dabei:

- **04SH** ist der Ansatzcode für alle funktionellen Parameter
- **XXXX** ist die Identifizierungsnummer des Geräts, die in Großbuchstaben umgewandelt wurde, wie unten beschrieben:

Ziffer	Schriftzeichen
0	A
1	B
2	C
3	D
4	E
5	F
6	G
7	H
8	I
9	L

- **Y** ist der Code der entsprechend zu dem Parametertyp der eingefügt werden soll und Werte zwischen 0 und 2 annimmt

Y	Parameter
0	Kalibrierung
1	System
2	Einstellung

- **ZZ** ist der Identifizierungscode des Parameters, der eingefügt werden soll (siehe Tab. 1).
- **####** sind die numerischen ASCII-Schriftzeichen (von 0-9) die den numerischen Wert des Parameters, der eingefügt werden soll, darstellen. Die nicht-ganzzahligen Parameter müssen eingefügt werden, indem ein Punkt die ganze Zahl von der Dezimalzahl trennt. Der numerische Wert jedes Parameters kann durch das Symbol “-“ eingeleitet werden.

Die untenstehende Tabelle listet die verfügbaren Befehle auf, um die Hauptkalibrierung und Systemparameter einzustellen.

Parameter		Ansatzcode	Seriennummer	Parameter-typ <b>Y</b>	Parameter-code <b>ZZ</b>	Format <b>####</b>
<i>Massenbestimmung</i>						
Kalibrierung Systemkalibrierung	<i>a</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	20	#.#####
	<i>b</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	21	#.#####
	<i>c</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	22	#.#####
Berechnung der Masse	Offset Linie A	04SH	XXXX	1	11	#.#####
	Offset Linie B	04SH	XXXX	1	13	#.#####
<i>Pneumatische Parameter "Dichtigkeit"</i>						
Dichtigkeits Prüfvolumen	$V_{leak}$ Linie A oder B	04SH	XXXX	1	30	#. #
<i>Pneumatische Parameter "Spanwert"</i>						
Linie A, Kalibrierung der Durchfluss- menge	<i>a</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	14	#.#####
	<i>b</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	15	#.#####
	<i>c</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	16	#.#####
Linie B, Kalibrierung der Durchfluss- menge	<i>a</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	17	#.#####
	<i>b</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	18	#.#####
	<i>c</i> Koeffizient	04SH	XXXX	0	19	#.#####
Span- Konstante	Span Test Linie A	04SH	XXXX	0	08	#. #
Span- Konstante	Span Test Linie B	04SH	XXXX	0	11	#. #

Tab.1

## 2 FUNKTIONSTEST DER TEMPERATURSENSOREN

Die Temperatursensoren innerhalb des Geräts sind:

1. Außentemperatur
2. Raumtemperatur
3. Geigertemperatur
4. Filtertemperatur Linie A
5. Filtertemperatur Linie B
6. Temperatur der Durchflussrate Linie A
7. Temperatur der Durchflussrate Linie B

Wir empfehlen das Ansprechverhalten der Sensoren in einem Raum mit kontrollierter Temperatur zu testen. So ist es möglich die gemessenen Werte der Sensoren zu vergleichen und die Abweichungen zu bestimmen, im Bezug auf die gemessenen Werte des Vergleichsensors.

### 2.1 Befehlssequenz für den Funktionstest des Temperatursensors

Um die Temperaturwerte zu lesen, benutzen sie die Befehle aus Tabelle 2:

Befehl	Antwort							
13	Absolutdruck	Gehäuse-Temperatur	Außen-Temperatur	Betriebs-Druck	Lüfter-Temperatur	RH	V Sensoren	T Geiger
14	Temp. Filter A	Temp. der Durchflussrate A	Filterdruck A	Druckverlust A	Druck der Durchflussrate A	Pumpendruck A		
19	Temp. Filter B	Temp. der Durchflussrate B	Filterdruck B	Druckverlust B	Druck der Durchflussrate B	Pumpendruck B		

Tab.2

Beispiel eines Antworttrings

**13**=100.22,293.28,293.50,260.1,265.00, 23.5,4.8035,293.01

**14**=293.77,293.18,100.23, 0.00,0.0088,100.24

**19**=293.56,293.71,100.23, 0.00,0.0044,100.25

### 2.2 Funktionstest der Drucksensoren

Die Sensoren müssen ein genaues und stabiles Erfassen der Druckrate garantieren und beständiges Ablesen des Druckwertes. Die Sensoren des Geräts sind:

1. Atmosphärendruck
2. Filterdruck Linie A
3. Filterdruck Linie B
4. Pumpendruck Linie A
5. Pumpendruck Linie B
6. Differentialdruck Durchflusslinie A
7. Differentialdruck Durchflusslinie B

Die Pumpe muss während des Tests abgeschaltet sein, so dass der Druck der Atmosphäre als Referenzdruck angesehen wird.

Die Verfahrensweise setzt sowohl den Vergleich der Messwerte jedes einzelnen Sensors, als auch den Vergleich der die Reaktion jedes einzelnen Sensors mit den Messwerten des Sensors, der als Übertragungsstandart genutzt wird, voraus.

### 2.3 Befehlssequenz für den Funktionstest der Drucksensoren

Um die Druckwerte aus zu lesen, benutzen sie die Befehle aus Tabelle 3:

Befehl	Antwort							
13	Absolutdruck	Fall-Temperatur	Externe Temperatur	Betriebs-Druck	Lüfter-Temperatur	RH	V Sensoren	T Geiger
14	Filter Temp. A	Durchfluss Temp. A	Filterdruck A	Druckverlust A	Druck der Durchflussrate A	Pumpen-Druck A		
19	Filter Temp. B	Durchfluss Temp. B	Filterdruck B	Druckverlust B	Druck der Durchflussrate B	Pumpen-druck B		

Tab.3

Beispiele für einen Antwortstring:

13 =100.22,293.28,293.50,260.1,265.00, 23.5,4.8035,293.01

14=294.77,294.18,100.23, 0.00,0.0088,100.24

19=294.56,294.71,100.23, 0.00,0.0044,100.25



### 3. Dichtigkeit des pneumatischen System: Leak Test

#### 3.1 Allgemeine Anmerkungen

Es sind zwei verschiedene Überprüfungsarten für die Dichtigkeit des pneumatischen Systems möglich: *Auto Leak Test* und *Manual Leak Test*. Der *Auto Leak Test* erlaubt es Dichtigkeit hinter dem Ansammlungsteil zu überprüfen. Der *Manual Leak Test* erlaubt es die Dichtigkeit des pneumatischen Systems als Ganzes (hier inklusive der Probenahmelinie) oder von Teile davon zu überprüfen (unter Verwendung der mitgelieferten Zusatztools).

Um das Ausmaß möglicher Verluste festzustellen wird eine Gleichung gebraucht, die den Gleichgewichtstatus, eines idealen Gases ( $PV = nRT$ ) in einem System mit bekanntem Volumen, beschreibt.

Der Wert des Volumens des pneumatischen Systems variiert, abhängig von auf der jeweils ausgeführten Leak-Testart und muss programmiert werden, bevor der Test gestartet wird.

Die Abfolge der Vorgänge, die das Gerät ausführt ist:

- „Leak“-Magnetventil schließt sich (nur im *Auto Leak Test*), siehe Abb. 1
- Blindfilter laden (*Manual Leak Test case 1*, siehe par. 3.3) oder laden eines kompletten Filter (*Manual Leak Test case 2 and 3*, siehe par. 3.3).
- Vakuumpumpe wird eingeschaltet, bis der minimale inline-Druck „ $P_r$ “ erreicht ist (Restdruck)
- Vakuumpumpe schaltet sich aus, der inline Druckwert “ $P_l(t)$ ” und tendiert dazu zu steigen, abhängig vom Ausmaß der möglichen Verluste.
- Durch Benutzung der Idealgasgleichung, stellt das Gerät den Mengenverlust durch die Gleichung fest

$$\frac{dn}{dt} = \frac{V}{RT} \cdot \frac{dP}{dt}$$

Der Wert dieses Verlusts, der in ml/min unter Standardbedingungen ( $T=273.1$  K  $P=101.3$  kPa) ausgedrückt wird, verweist auf einen Druckwert innerhalb des pneumatisches Systems der gleich ist mit „ $P_r$ “. Unter Betriebsbedingungen ist der pneumatische Systemdruck viel höher als der Restdruck. Deshalb, ist der Mengenflusswert proportional niedriger. In Anbetracht der pneumatischen Systemart des Geräts, ist es möglich anzunehmen, dass der Mengenverlust proportional zur Differenz zwischen dem Umgebungsdruck „ $P_a$ “ und dem pneumatisches Systemdruck „ $P_1$ “ ist. Wenn diese Werte einmal bekannt sind, ist es möglich den Verlustwert unter Betriebsbedingungen zu berechnen, wenn der Wert des Terms  $\left(\frac{Q_{leak}^r}{P_a - P_r}\right)$  bekannt ist, mit

der Gleichung:

$$Q_{leak}^{op} = Q_{leak}^r \cdot \left(\frac{P_a - P_l}{P_a - P_r}\right) = \left(\frac{Q_{leak}^r}{P_a - P_r}\right) \cdot (P_a - P_l)$$

Aus diesem Grund gibt das Gerät den Wert dieses Terms (bestimmtes Leck) am Ende des Tests an, einfach dargestellt als “ $Q_{leak}$ ” in ml/(min\*kPa).

Beispiel: Angenommen:  $Q_{leak} = 0.57 \text{ ml/min} \cdot \text{kPa}$  ;  $P_a=101.5 \text{ kPa}$ ;  $P_i=93.1 \text{ kPa}$ ;  
 $Q_{leak}^{op} = 4.79 \text{ ml/min}$

### 3.2 Auto Leak Test

#### Automatische Überprüfung der Dichtigkeit des pneumatischen Systems hinter der Akkumulationsfläche

Die Konfigurationen des pneumatischen Systems für den Auto Leak Test werden in Abb. 1 gezeigt, wo die Leak- und Span- Magnetventile geschlossen sind und der Kreislaufteil, der in den Test involviert ist, grün gekennzeichnet ist.

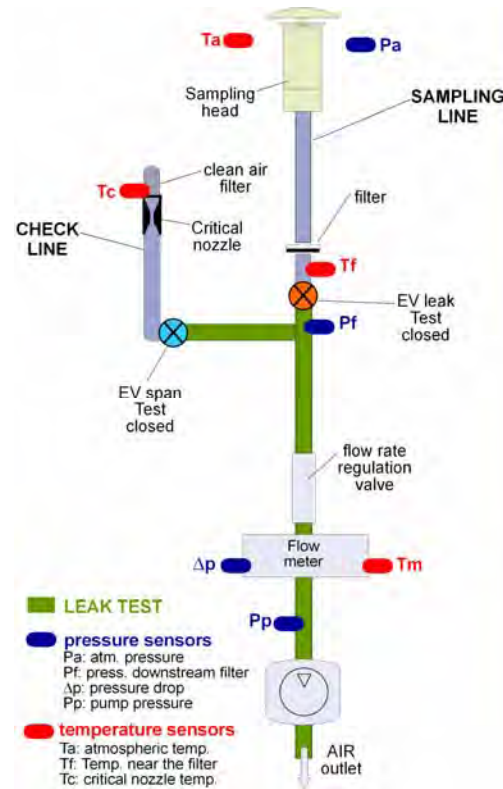


Abb. 1

Um den Test zu starten (siehe Abb. 2):

1. drücken sie vom READY Status aus ENTER und dann SELECT um den "Instrument Tools" Bildschirm anzuzeigen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum „Instrument Tool“-Menü zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das „Test“-Menü auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Linie des pneumatischen Systems die im Test involviert sind auszuwählen  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
5. drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. drücken sie ENTER um den Test zu starten

Am Ende des Tests zeigt das Display die Werte des Restdrucks "P<sub>r</sub>" [kPa] und die des bestimmten Lecks "Q<sub>leak</sub>" [ml/(min\*kPa)]

**Wenn der Wert des bestimmten Lecks höher als 5ml/(min\*kPa) ist, wird automatisch eine Warnmeldung angezeigt. Wenn der Wert höher als 10 ml/(min\*kPa) ist, wird automatisch eine Alarmmeldung angezeigt.**

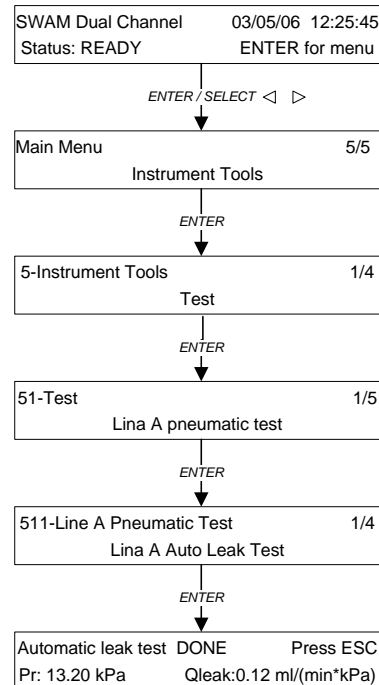


Abb.2

### 3.3 Manueller Leak Test

#### Fall 1: Überprüfung des Pneumatisches Systemabdichtung hinter dem Filter.

Die pneumatische Systemkonfiguration ist in Abb. 3 gezeigt, wo das Leakmagnetventil geöffnet ist während das Spanmagnetventil geschlossen ist. Der Kreislaufteil der am Test beteiligt ist, ist grün gekennzeichnet.

Bevor der Test gestartet wird, mit dem Gerät im READY Status, ist es notwendig den Unloading-Prozess auszuführen (siehe Bedienungsanleitung Kap. 5.10) um sicher zu gehen, dass keine Filter im Gerät vorhanden sind.

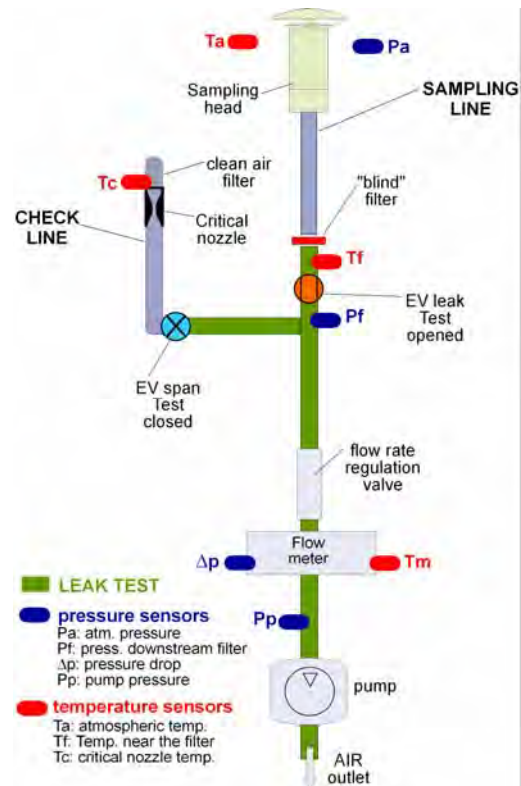


Abb. 3

Um den Test zu starten (siehe Abb. 4):

1. drücken sie vom READY Status ENTER und dann SELECT um den "Instrument Tools" Bildschirm anzuzeigen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum „Instrument Tool“-Menü zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das „Test“-Menü auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Linie des Pneumatisches System die im Test involviert sind auszuwählen  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
5. drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. drücken sie SELECT um „Line A Manual Leak Test“ auszuwählen und drücken sie ENTER zum Bestätigen
7. entriegeln das Lademagazin für unbenutzte FW und setzen darein den leeren Filter (zugeführt mit dem Gerät, siehe fig.5) mit dem Hohlraum nach unten ein
8. verriegeln sie den Lademagazin wieder
9. drücken sie ENTER um den Test zu starten  
 Das Display zeigt die Werte des Restdrucks "P<sub>r</sub>" [kPa] und die des best. Lecks "Q<sub>leak</sub>" [ml/(min\*kPa)] (siehe Anmerkung 1)
10. drücken sie ENTER um den Test zu beenden

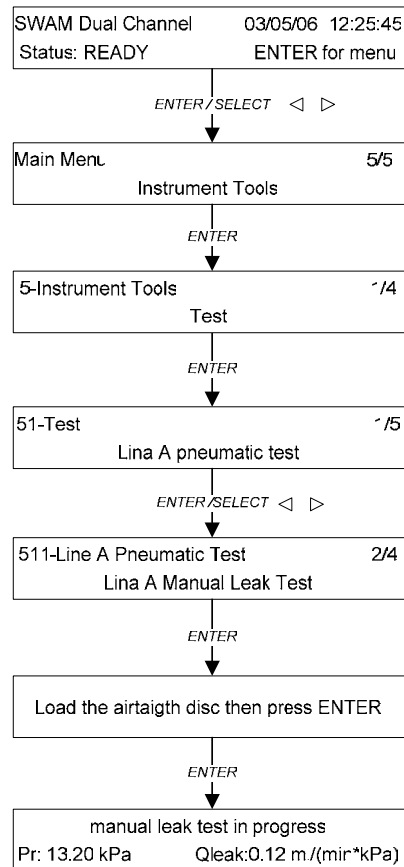


Abb. 4



Fig.5

ANMERKUNG: Starten sie das "Auto and Manual Leak Test" Makro, wenn sie automatisch die Daten, bezüglich zu aller involvierten physikalischen Größen, erhalten wollen

**FALL 2: Überprüfung des pneumatischen Systems als Ganzes (Probenahmelinie ausgeschlossen)**

Die Luftkreislaufkonfiguration, in welcher das Leckmagnetventil geöffnet ist, während das Spanmagnetventil geschlossen ist, wird in Abb. 6 gezeigt. Der Kreislaufteil der im Test mit eingeschlossen ist, ist grün markiert

Bevor der Test mit dem Gerät im READY Status gestartet wird, ist es notwendig das „Filters Unloading“ Verfahren durchzuführen (siehe Benutzeranleitung par. 5.10) um sicher zu gehen, dass keine Filter im Gerät verbleiben.

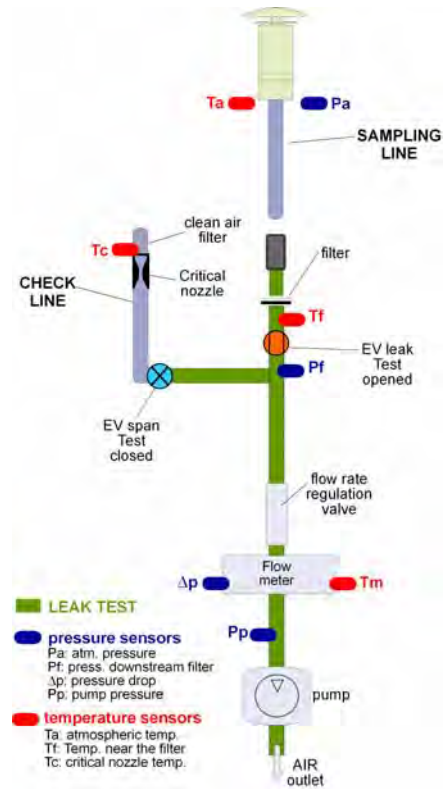


Abb. 6

Um den Test zu starten (siehe Abb.7):

1. drücken sie vom READY Status ENTER und dann SELECT um die "Instrument Tools" Bildschirm anzuzeigen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum „Instrument Tool“-Menü zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das „Test“-Menü auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Linie des Pneumatisches System die im Test involviert sind auszuwählen  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
5. drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. drücken sie SELECT um „Line A Manual Leak Test“ auszuwählen und drücken sie ENTER zum bestätigen
7. entriegeln sie das Lademagazin für unbenutzte FW und setzen sie einen Filterhalter ein, der einen Filter desselben Typs beinhaltet, wie er für die Probe genutzt wird.
8. verriegeln sie das Lademagazin wieder
9. Verschließen sie den Eingang der Probenahmelinie am Gerät selbst unter Verengung des gelieferten Zusatztools (Abb.8).
10. drücken sie ENTER um den Test zu starten  
 Das Display zeigt den Wert des Restdruck "P<sub>r</sub>" [kPa] an und den des best. Leck "Q<sub>leak</sub>" [ml/(min\*kPa)] (siehe ANMERKUNG 1)
11. drücken sie ENTER um den Test zu beenden



Abb.8

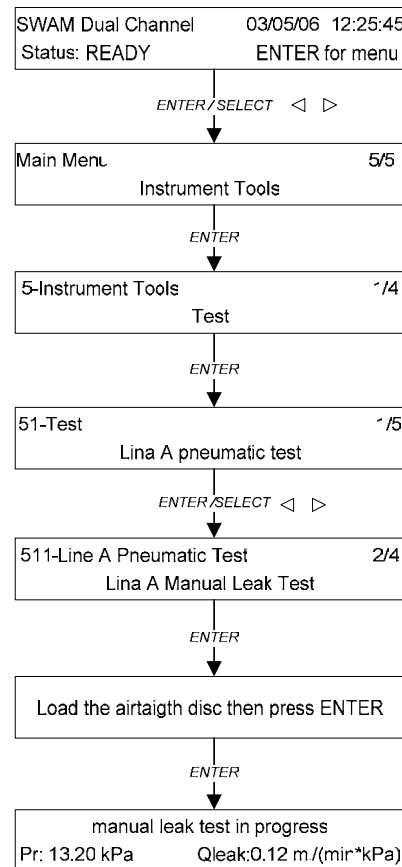


Abb. 7

ANMERKUNG: Starten sie das "Auto and Manual Leak Test" Makro, wenn sie automatisch die Daten, bezüglich zu aller involvierten physikalischen Größen, erhalten wollen

**FALL 3: Überprüfung der Dichtigkeit des pneumatischen System als Ganzes (Probenahmelinie enthalten)**

Die Luftkreislaufkonfiguration in der das Leakmagnetventil geöffnet während das Spannmagnetventil geschlossen ist, wird in Abb. 9 gezeigt. Der Teil des Kreislaufs, der in dem Test mit eingeschlossen ist, ist grün markiert.

In dieser Konfiguration ist das Volumen "Vleak" des Teil des pneumatisches Systems der im Test mit eingeschlossen ist höher als der Vorgabewert (1.3 Liter). Bevor der Test gestartet wird, stellen sie das effektive Volumen „Vleak“ von Linie A und B ein.

Vleak line A= 1,85 liter  
 Vleak line B= 1,75 liter

Um die Vleak A und Vleak B Werte einzustellen, verbinden sie das Gerät mit einem PC der mit der seriellen Schnittstelle RS232 ausgestattet ist und senden sie die Befehle wie in Tabelle 4.

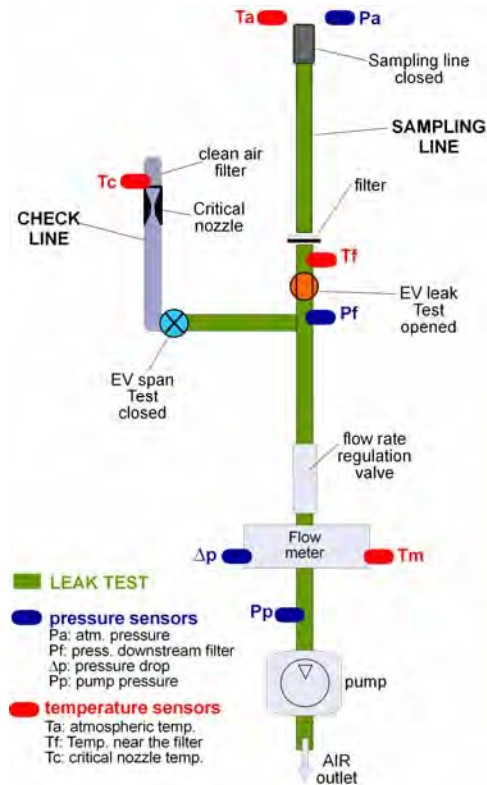


Abb. 9

SWAM 5a Dual Channel Seriennr.	Test	Befehl	Bestätigungsantwort
Sn0127	Vleak line A	04SH****130#.#	!
	Vleak line B	04SH****130#.#	!
Sn0131	Vleak line A	04SH****130#.#	!
	Vleak line B	04SH****130#.#	!

Bei #.# ist das Format der Vleak Werte in Litern angegeben  
 Tab.4

Zum Überprüfen der richtigen Einstellungen der Vleak Werte, senden sie die Auslese für die Systemparameter

Befehl:  
 051

Antwort:  
 =SYS:1500.0,35,0.0010,-0.0030,0.0006,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,1.000000,  
 -0.001000,1306842,200,750,ID,33333,33334,DOMAIN,HOST,293.0,+3900000000000,+390000000000,  
 +390000000000, 5.20, 5.20, 7.07,11.95,1,1,6,25,35, 1.3, 1.3,0,200,22,1, -0.001, 200, 577142.87

Das 46. Feld der Antwort, entspricht den programmierten Vleak Wert.



**ANMERKUNG: Am Ende des Tests ist es notwendig die Vorgabewerte (1.3 Liter), zurückzusetzen, benutzen sie dafür die Verfahrensweise die oben beschrieben ist.**

Bevor der Test gestartet wird, mit dem Gerät im READY Status, ist es notwendig das "Filters Unloading" Verfahren durchzuführen (siehe Bedienungsanleitung Kap.5.10) um sicher zu gehen, dass keine Filter im Gerät sind.

Um den Test zu starten (siehe Abb. 10):

1. drücken sie vom READY Status ENTER und dann SELECT um den "Instrument Tools" Bildschirm anzuzeigen
2. drücken sie ENTER um Zugang zum „Instrument Tool“-Menü zu bekommen
3. drücken sie ENTER um das „Test“-Menü auszuwählen
4. benutzen sie die SELECT-Knöpfe um die Linie des Pneumatisches System die im Test involviert sind auszuwählen  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
5. drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
6. drücken sie SELECT um „Line A Manual Leak Test“ auszuwählen und drücken sie ENTER zum bestätigen
7. entriegeln das Lademagazin für unbenutzte FW und setzen darein den leeren Filter (zugeführt mit dem Gerät, siehe fig.5) mit dem Hohlraum nach unten ein
8. Verriegeln sie den Eingang der Probenahmelinie selbst unter Benutzung des gelieferten Zusatztools (Abb.11).
9. drücken sie ENTER um den Test zu starten  
 Das Display zeigt den Wert des Restdruck "P<sub>r</sub>" [kPa] an und den des best. Leck "Q<sub>leak</sub>" [ml/(min\*kPa)] (siehe ANMERKUNG 1)
10. drücken sie ENTER um den Test zu beenden

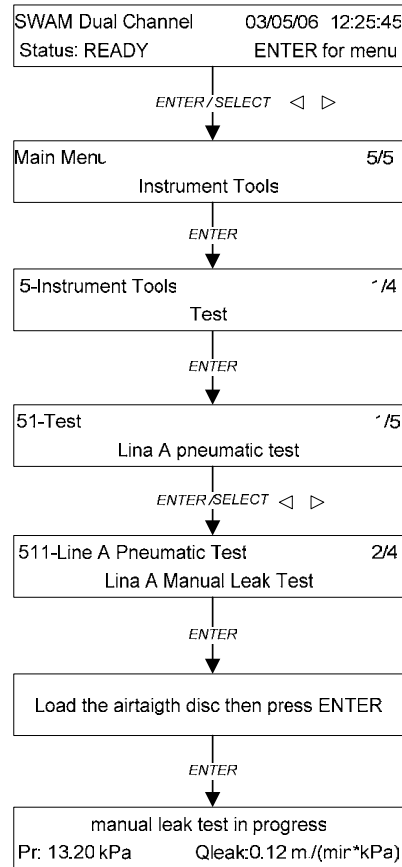


Abb. 10



Abb.11



ANMERKUNG: Starten sie das "Auto and Manual Leak Test" Makro, wenn sie automatisch die Daten, bezüglich zu aller involvierten physikalischen Größen, erhalten wollen

## 4. Kalibrierung des Durchflusssystemes

### 4.1 Kalibrierung des Durchflusssystemes

Das Probenahmemodul benutzt zwei Vakuumpumpen, die es erlauben eine Betriebsdurchflussrate zu erreichen, welche im Bereich  $0.5 \div 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$  programmierbar ist. Die Durchflussratenregulierung in Echtzeit arbeitet mit einem Schrittmotor, der durch das Regulierungsventil bewegt wird.

Zwei Magnetventile sind auf jeder Probenahmelinie platziert. Diese erlauben das pneumatische System von der Beispielkonfiguration zu den Spantest- und den Leak-Testkonfigurationen. Das Schema unten zeigt eine einzige Luftlinie (Fig. 12).

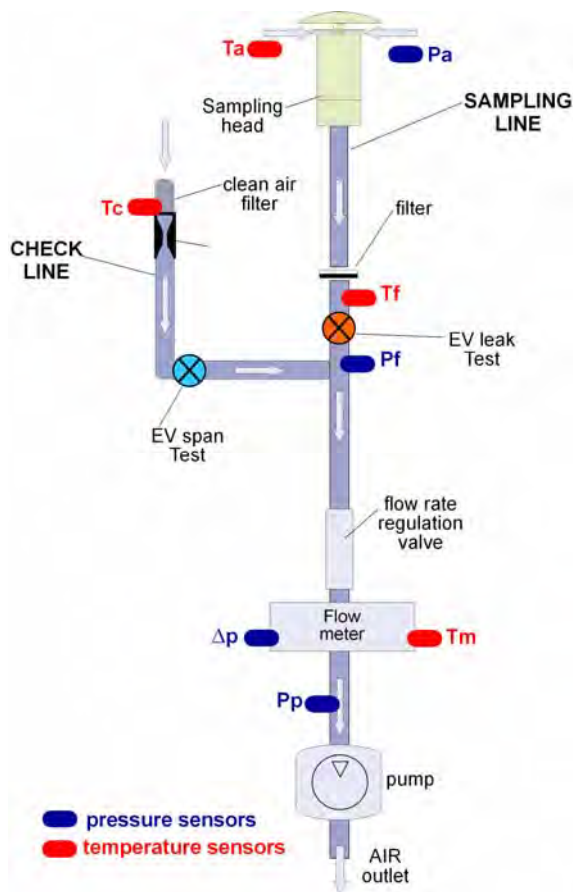


Fig.12

#### Probenahmelinie:

**Pa:** Atmosphärendruck

**Ta:** Lufttemperatur

**Tf:** Temperatur im Akkumulationsbereich

**Pf:** Druckhinterfilter

**ΔP:** Druckabfall an der Messblende

**Pp:** Pumpendruck

#### Testlinie:

**Tc:** Lufttemperatur an der Öffnung

Die fünf möglichen Konfigurationen des pneumatischen Systems sind:

- **Sampling:** EV leak Test open EV span Test closed
- **Auto Leak Test:** EV leak Test closed EV span Test closed
- **Manual Leak Test:** EV leak Test open EV span Test closed
- **Auto Span Test:** EV leak Test open EV span Test open
- **Manueller Span Test:** EV leak Test open EV span Test closed

### 4.2 Kalibrierung des Durchflussratenbestimmungssystem

Die Probemessung der Durchflussrate basiert auf physikalischen Gesetzen die den Luftmassentransfer durch eine Düse hinter ein Regulierungsventil einstellt.

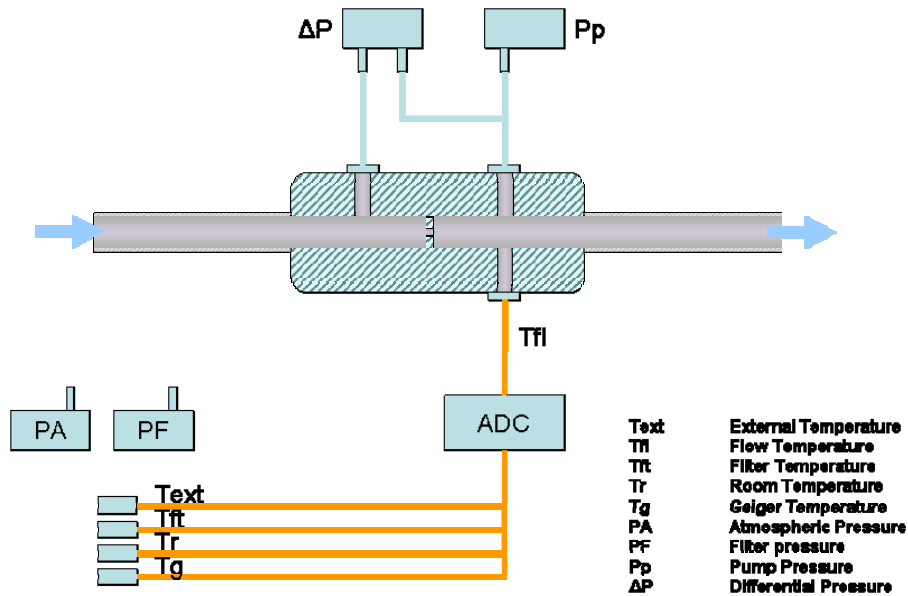


Fig.13

Durch Messungen des Drucks “ $P_p$ ” hinter des Düse, der Düsendruck “ $\Delta P$ ” und die Lufttemperatur “ $T_m$ ” im Bereich der Messung, ist es möglich, die Normdurchflussrate „ $Q_s$ “ zu berechnen, mit der Gleichung:

$$Q_s = f(z)$$

mit:

$$z = \sqrt{\frac{\Delta P \cdot (2P_p - \Delta P)}{T_m}}$$

Die Kalibrierung des pneumatischen Systems wird während des allgemeinen Tests und Inspektion durchgeführt, mit Geräten für die Durchflussrate-, Volumen-, Temperatur- und Druckmessungen ausgestattet mit Zertifikaten für die Primärmethoden. Die Kalibrierung basiert auf einem „multipoint“ Verfahren. Zu jedem “ $z_i$ ” Wert, den das Gerät ausgibt bei einer definiertem Betriebsdurchflussrate wird ein entsprechender Wert der Referenzdurchflussrate “ $Q_{i\text{ ref}}$ ” (vorgegebene Normbedingung  $T_s=273.1\text{K}$ ,  $P_s=101.3\text{ kPa}$ ) hinzugefügt. So ist es möglich die Koeffizienten  $a$ ,  $b$  und  $c$  von einer Gleichung zweiter Ordnung in “ $z$ ”  $y=az^2+bz+c$  zu berechnen; diese beschreibt höchstens die Relation zwischen „ $z$ “ und der Referenzdurchflussrate

Zu den “ $z_i$ ” Variablenwerten, die durch das Gerät versorgt werden bei bekannten Betriebsbedingungen, müssen sich Korrespondenzwerte der Referenzstandarddurchflussrate “ $Q_{i\text{ ref}}$ ” beziehen (zu  $z_i$  und  $Q_{i\text{ ref}}$  -Werten müssen mit dem bezüglichen Unsicherheitswert verknüpft sein.)

Wir empfehlen die Kalibrierungsfunktion unter Verwendung von mindestens fünf “ $Q_{i\text{ref}}$ ” Werten in dem Intervall  $0.8 \div 2.5 \text{ Nm}^3/\text{h}$  zu definieren. Für jeden Punkt sind die “ $z_i$ ” und “ $Q_{i\text{ref}}$ ” Mittelwerte zu bestimmen mit ihnen zugehörigen unbestimmten Werten.

$\bar{z}_1$	$\sigma(z_1)$	$\bar{Q}_{1\text{ref}}$	$\sigma(Q_{1\text{ref}})$
$\bar{z}_2$	$\sigma(z_2)$	$\bar{Q}_{2\text{ref}}$	$\sigma(Q_{2\text{ref}})$
$\bar{z}_3$	$\sigma(z_3)$	$\bar{Q}_{3\text{ref}}$	$\sigma(Q_{3\text{ref}})$
$\bar{z}_4$	$\sigma(z_4)$	$\bar{Q}_{4\text{ref}}$	$\sigma(Q_{4\text{ref}})$
$\bar{z}_5$	$\sigma(z_5)$	$\bar{Q}_{5\text{ref}}$	$\sigma(Q_{5\text{ref}})$

Tab.5

Unter Verwendung der Daten aus Tab. 5, ist es möglich die “a”, “b” und “c” Kalibrierungskoeffizienten zu bestimmen, die im Gerät programmiert werden (siehe Kap. 4.3).

### 4.3 Kalibrierverfahren

Bevor das Kalibrierverfahren gestartet wird, ist es erforderlich:

- die Probenahmelinie vom Gerät zu trennen
- das Gerät zur Bestimmung der Durchflussrate “ $Q_{i\text{ref}}$ ” in Reihe schalten mit der pneumatischen Geräteenergie unter Verwendung des passenden Zubehörttools (siehe Abb. 14)
- sicher stellen, dass keine Filter in dem Gerät und innerhalb des Lademagazins sind (siehe „Filterentladung“ Verfahren in der Bedienungsanleitung – Kap. 5.10).
- das Instrument mit einem PC, der mit RS232 Schnittstelle ausgestattet ist, zu verbinden.



Abb. 14

Um das Kalibrierverfahren zu starten:

1. drücken sie Vom READY Status ENTER und dann SELECT bis das „Instrument Tool“ Menü erscheint und drücken sie dann ENTER
2. Drücken sie ENTER um Zugang zum Testmenü zu bekommen
3. Benutzen sie die SELECT Knöpfe, wählen sie die Pneumatische Systemlinie welche eine Kalibrierung unterzogen werden soll  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
4. Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen.
5. Benutzen sie den SELECT Knopf “Line A Manual Span Test” und “Line B Manual Span Test” und drücken sie ENTER
6. Fügen sie einen kompletten Filter in das Lademagazin und drücken ENTER um den Ladeprozess abzuschließen.
7. Starten sie die Vakuumpumpe, indem sie ENTER drücken
8. Regulieren sie die Öffnung des Ventils, bis die Durchflussrate, die auf dem Referenzgerät angezeigt wird, sich auf den ausgewählten  $Q_{i\text{ ref}}$ -Wert stabilisiert hat. Um den gewünschten Durchflussratewert zu erreichen, benutzen sie die Auswahlknöpfe: mit dem rechtem „SELECT“ Knopf regulieren sie die St Parameter, mit den „YES“ und „NO“ Knöpfen, bestimmen sie einen Durchflussrateswert durch einstellen der Ventilöffnung.

St: H (hoch) / M (mittel) / L (niedrig) zeigen die Weite des Regulierintervalls, durch die es möglich ist den gewünschten Durchflussratenwert zu erreichen

V: zeigen die Position des Regulierungsventil verglichen mit der Nullposition

Qs: zeigen den gemessenen Durchflussratenwert durch das Instrument in Normbedingungen

Qi: zeigt die Einlassdurchflussrate, gemessen unter Verwendung des Temperaturwerts, welcher am Gerätaufstellung gemessen wird

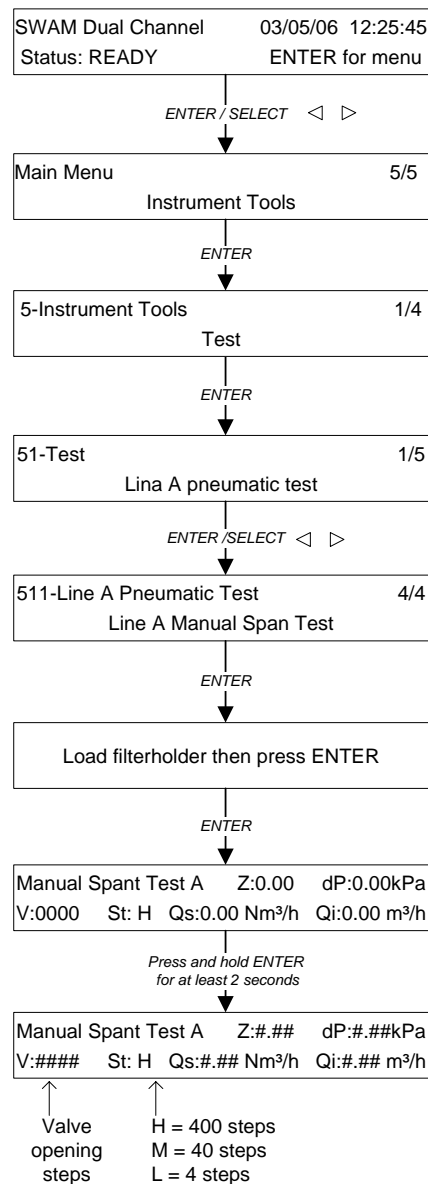


Abb.15

9. Starten sie den “Swam DC Z calculation” Makro um den Wert der Variablen aufzuzeichnen, die mit dem “z<sub>i</sub>” Parameter verbunden sind
10. Wenn die Daten bezüglich des zu überprüfenden Punkts erreicht sind, stoppen sie Makro 2
11. Wiederholen sie die Schritte von Punkt 8 an, für alle ausgewählten Punkte in dem Intervall 0.8÷2.5 Nm<sup>3</sup>/h
12. Drücken sie ESC um das Kalibrierverfahren anzuhalten  
Wiederholen sie dieses Verfahren für die anderen pneumatischen Linien

Am Ende des ausgeführten Verfahrens, bekommen sie eine Tabelle, wie die hier für Linie A

$z_i$	$\bar{Q}_{i,ref}$ (Nm <sup>3</sup> /h)
0.338	0.799
0.575	1.359
0.779	1.831
0.877	2.062
1.010	2.371

Tab. 6

Wenn die Datenpaare von Tabelle 6 auf einem xy Koordinatensystem platziert werden, ist es möglich die am besten passende Funktion zu bestimmen, indem ein Polynom zweitrangig über „z“ gebildet wird.

$$y = az^2 + bz + c$$

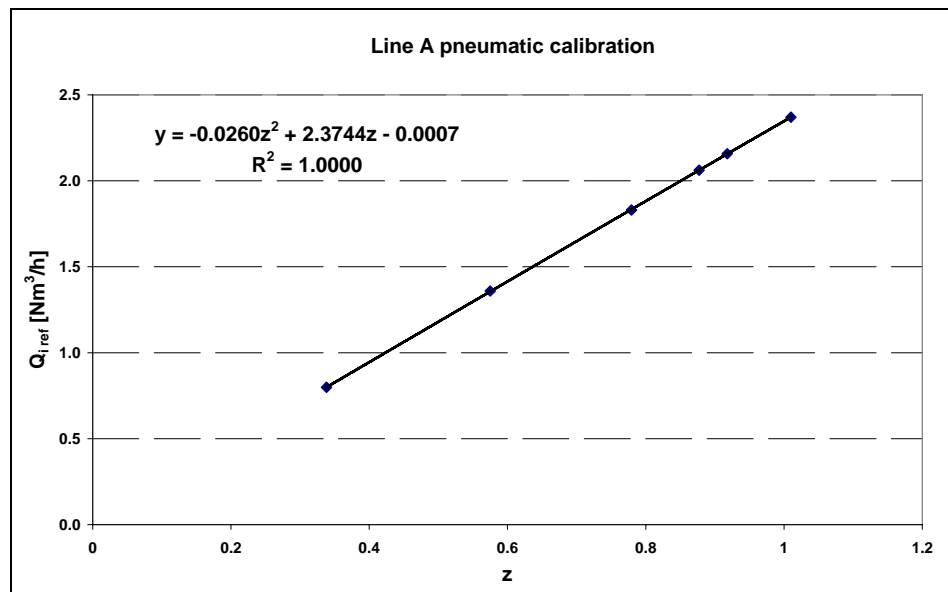


Abb. 16

---

So bekommen wir die folgenden Werte für die Koeffizienten der Luftkalibrierungsgleichung für Linie A

$$\mathbf{a} = -0.0260$$

$$\mathbf{b} = +2.3744$$

$$\mathbf{c} = -0.0007$$



Um die Werte der sechs Kalibrierungskoeffizienten, erworben für Linie A und Linie B, einzustellen, verbinden sie das Gerät mit einem PC, der mit RS232 Serienschchnittstelle ausgestattet ist und senden die Befehle die in Tabelle 7 gezeigt werden:

SWAM 5a Dual Channel Seriennr.	Parameter	Befehl	Bestätigungs-Antwort
Sn0127	Coeff <b>a</b> line A	04SHABCH014#.####	!
	Coeff <b>b</b> line A	04SHABCH015#.####	!
	Coeff <b>c</b> line A	04SHABCH016#.####	!
Sn0131	Coeff <b>a</b> line B	04SHABDB017#.####	!
	Coeff <b>b</b> line B	04SHABDB018#.####	!
	Coeff <b>c</b> line B	04SHABDB019#.####	!

Wobei #.#### das Format der Koeffizientenwerte darstellt.

Tab.7

Beispiel für Parametereinstellungen von pneumatischen Kalibrierungen von SWAM 5a Dual Channel sn 0131:

Linie A

Koeffizient **a**           04SHABBD014-0.0260

Koeffizient **b**           04SHABBD0152.3744

Koeffizient **c**           04SHABBD016-0.0007

Um die richtigen Einstellung der Kalibrierkoeffizienten zu überprüfen, senden sie den Befehl **050** und überprüfen sie die Antwortfelder, indem sie diese mit der Tabelle unten vergleichen:

programmierter Parameter	Antwortfeld
Coeff a line A	15
Coeff b line A	16
Coeff c line A	17
Coeff a line B	18
Coeff b line B	19
Coeff c line B	20

Zum Beispiel:

Befehl:

**050**

Antwort:

16/03/07,16/03/07,001,0127,101.5,4.213,2.320,-0.005,0.1624,2.623,-0.051,0.1605,0,2000,  
**-0.0260, +2.3744, -0.0007, -0.0182, 2.3230, -0.0054**,0.062000,-0.779300,5.278300,0.005539,  
 0.007007,160000,1600,1.007,1.007,1.000,1.000,0.000,5,2.8,0.100,0.28,10,10

Koeffizienten Linie A:

**a** = -0.0260

**b** = +2.3744

**c** = -0.0007

Koeffizienten Linie B:

**a** = -0.0182

**b** = +2.3230

**c** = -0.0054

#### 4.4 “Auto Span Test constant” Einstellungen

Die “Auto Span Test constant” Einstellungen müssen am Ende der Kalibrierung des Durchflusssystems ausgeführt werden. Diese Einstellung kann ausgeführt werden, indem sie dem unten beschriebenen Verfahren folgen:

1. Um den gespeicherten “Auto Span Test constant” Wert auf Null zu setzen, benutzen sie die Befehle 04SHXXXX0080 und 04SHXXXX0110 (siehe Tabelle 8):

SWAM 5a Dual Channel Seriennr.	Parameter	Befehl	Bestätigungs- Antwort
Sn0127	Span Test Line A zero setting	04SHABCH0080	!
	Span Test Line B zero setting	04SHABCH0110	!
Sn0131	Span Test Line A zero setting	04SHABDB0080	!
	Span Test Line B zero setting	04SHABDB0110	!

Tab. 8

2. Starten sie den Auto Span Test (siehe Kap. 4.5). Das Gerät rechnet und automatisch die neue “Auto Span Test constant”

#### 4.5 Automatische Wertung der Kalibrierung des Durchflusssystems (Auto Span Test)

Um den *Auto Span Test* auszuführen wird von dem Gerät eine automatische Folge von Vorgängen durchgeführt. Dieser kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Öffnung des Spanmagnetventils und Schließung des Leakventils
- Einschaltung der Pumpe
- Automatische Überprüfung des Erreichen der kritischen Druckbedingungen; durch vergleichen der Messwerte von dem Druck hinter der Düse „Pf“ und vor der Düse „Pa“ (siehe Anmerkung 1)
- Anzeigen und Speichern der Referenzdurchflussrate “ $Q_{cal}$ ” (in Nm<sup>3</sup>/h) bei den programmierten Temperatur- und Druckbedingungen (siehe Bedienungsanleitung Kap. 5.5)
- Anzeigen und Speichern von den Durchflussraten “ $Q_{test}$ ” (in Nm<sup>3</sup>/h), bestimmt durch das Durchflusssystem
- Berechnung und anzeigen der prozentualen Abweichung “*ERR%*” zwischen den Werten “ $Q_{cal}$ ” und “ $Q_{test}$ ”.

Um den Auto Span Test zu starten, folgen sie dem folgendem Verfahren:

1. Drücken sie ENTER, wenn sich das Gerät im READY-Status befindet, und dann SELECT bis das Menü "Instrument Tools" angezeigt wird; drücken sie ENTER
2. Drücken sie ENTER um Zugang zum „Test“ Menü zu bekommen
3. Benutzen sie die SELECT Knöpfe, wählen sie die pneumatische Systemlinie um sich am Test zu beteiligen.  
*Line A pneumatic test*  
*Line B pneumatic test*
4. Drücken sie ENTER um ihre Wahl zu bestätigen
5. Benutzen sie den SELECT Knopf; wählen sie „Line A Auto Span Test“ oder „Line B Auto Span Test“ und drücken sie ENTER um den Test zu starten.

Die " $Q_{test}$ ", " $Q_{cal}$ " Werte und die prozentuale Abweichung " $ERR\%$ " wird angezeigt.

**Wenn die prozentuale Abweichung von dem gestarteten Kalibrierungswert aus dem Intervall  $\pm 4\%$  raus ist, erscheint automatisch eine Warnmitteilung (Warnung 13, siehe Anhang 8). Wenn die prozentuale Abweichung aus dem Intervall  $\pm 10\%$  raus ist, erscheint automatische eine Alarmmeldung.**

**ANMERKUNG:** Wenn Err:+99.9% erscheint, bedeutet das, die Düse nicht die „kritische Bedingung“ erreicht hat. Dies bedeutet, dass der Test nicht ausgeführt wird.

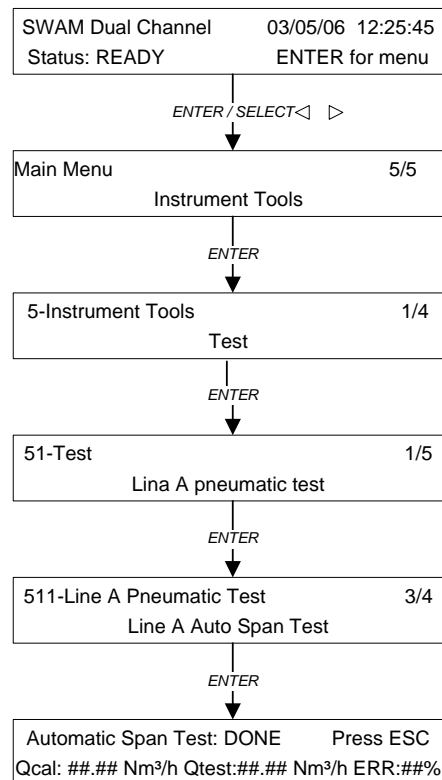


Abb. 17

## 5. Kalibrierung des Massenbestimmungssystems

### 5.1 Das Massenbestimmungssystem

In SWAM 5a Dual Channel Monitor basiert die PMx Massenbestimmung auf der  $\beta$  Schwächungstechnik. Diese Technik ist auf der Basis einer eingehenden theoretischen Analyse der Interaktion zwischen  $\beta$ -Strahlen und Materie umgesetzt worden, die zu der Formulierung von einer allgemeinen Parametergleichung führte. Diese Gleichung beschreibt die Zusammenhang zwischen der Schwächung des  $\beta$  Fluss, der durch den dünnen Film und die Massendicke dieses Materialschicht hindurchführt (vom operativen Standpunkt, impliziert dies, dass jede Art von Filtermedien benutzt werden kann, ohne dass eine Nachkalibrierung der Geräte nötig ist. In Abhängigkeit des benutzten Filtermediums die zu einer Massendichte bis zu 10 mg/cm<sup>2</sup> führt. Der verwendete methodologische Ansatz, erlaubt es die  $\beta$ -Messtechnik in dem Gerät zu übertragen, als ob man es so entwickelt, dass es metrologisch rückverfolgbar ist.

### 5.2 Kalibrierung des Massenbestimmungssystems

Das Ziel des Kalibrierverfahrens ist die experimentelle Bestimmung der Funktion  $g(z)$  (siehe Bedienungsanleitung Kap 2.5 und 2.6), die in SWAM Dual Channel erhalten ist, durch den Verwendung eines *multipoint* Ansatzes.

Das während der finalen Abnahmeprüfung eingesetzte Kalibrierverfahren erlaubt die quantitative Vernachlässigung aller Unsicherheiten, die aus der Reproduzierbarkeit der Beta-Messung resultieren (Poisson-Verteilung der Beta-Emission/Reproduzierbarkeit der technischen Positionierungen, Schwankungen in der Leistungsfähigkeit des Detektors, Schwankungen der Luftdichte zwischen Quelle und Detektor)!

Um die Kalibrierfunktion korrekt zu bestimmen, wird während der finalen Abnahmeprüfung, die Stabilität des Ansprechverhaltens des Geiger-Müller-Zählers ausgewertet.

#### ANMERKUNG:

**Das Gerät hat, auf Grund des hohen Niveaus der technologischen Ausführung der Massebestimmung, keinen Bedarf für regelmäßige Kalibrierungen, außer im Falle eines Messsystemfehler, der der Austausch von einer oder mehreren Komponenten (GM Detektor und verbundener Elektronik) beinhaltet.**

### 5.3 Kalibrierverfahren

Das Kalibrierverfahren, das vom Gerät umgesetzt wird, fragt nach sechs Aluminiumreferenzmembranen mit bekannter Oberflächen-Massendichte " $x_i$ ". Die Werte der Massendichte die gewöhnlich gebraucht werden, liegen zwischen 0÷10 mg/cm<sup>2</sup> und werden in Tabelle 9 gezeigt.

Referenzmembran	Referenzmassendichte
F11	2.963
F12	3.405
F13	5.926
F14	6.810
F15	8.889
F16	9.773

Tab. 9

Unter Nutzung eines geeigneten Tools, führt das Gerät fünf Messzyklen an den Referenzmembranen durch. Jedem Zyklus geht eine Messung des Hintergrundrauschens „DRK“ und Messungen der natürlichen Radioaktivität „NAT“ voraus und jeder Zyklus ist wie folgt strukturiert:

$$\left. \begin{array}{l} DRK \quad NAT \\ A_{11} \quad F_{11} \quad A_{1X} \quad F_{12} \quad A_{12} \\ A_{13} \quad F_{13} \quad A_{1Y} \quad F_{14} \quad A_{14} \\ A_{15} \quad F_{15} \quad A_{1Z} \quad F_{16} \quad A_{16} \end{array} \right\} 1 \text{ cycle}$$

mit “F”=Referenzmembran und “A”=„Luft“-Zählrate der jeweiligen Einzelmembran. Ein Messzyklus dauert ungefähr 97 Minuten (Tabelle 10 zeigt die Dauer von jeder einzelnen Flussmessung)

Measure	Duration [mm.ss]
DRK	02.30
NAT	02.30
A	03.30
F	10.00

Tab.10

Darüber hinaus verbinden mit der 17 Beta Flussmessungen, die den Zyklus bilden sind ergänzende Messungen der Temperatur, Druck und Feuchtigkeit im Bereich der Messung und der Geiger-Müller Hochspannung.

Darum, wird es am Ende der Kalibrierprozedur möglich sein mit jedem “ $x_i$ ” Normwert den entsprechenden  $z_i = \ln\left(\frac{\Phi_0}{\Phi(x_i)}\right)$  Wert zu verknüpfen und die am besten passende Funktion durch ein homogenes Polynom dritter Ordnung “ $g(z)$ ” zu bestimmen, dessen Koeffizienten die Kalibrierparameter sein werden, siehe Kap. 5.6.

**In dem berücksichtigten Intervall, muss die Ableitung “ $k(z)$ ” der Funktion “ $g(z)$ ”, stetig fallen.**

Um das Massenbestimmungssystem zu kalibrieren folgen sie dem untenstehenden Verfahren.

1. Stellen sie sicher, dass das Gerät in einem klimatisierten Raum installiert ist, so dass die Temperaturschwankungen nicht höher als 3 K sind.
2. Das Gerät muss im READY-Status sein, folgen sie dem „Filters Unloading“-Verfahren (siehe Bedienungsanleitung Kap. 5.10)
3. Entfernen sie die Spy-Filter für den Fall, dass sie noch im Gerät sind (siehe Bedienungsanleitung Kap. 5.6 und 5.7)
4. Laden sie alle Daten herunter, die sich im „Buffer Data“ befinden (siehe Bedienungsanleitung Anhang 2), da während des Kalibrierfahrens der „Buffer Data“ automatisch gelöscht wird.
5. Mit dem Gerät im READY-Status, drücken und halten sie den ESC-Knopf mind. 5 Sek. lang um Zugriff auf die Menüs für das Tool-Management zu bekommen.
6. Benutzen sie die SELECT, YES und NO-Knöpfe wählen sie „menu code“ 912 aus und drücken sie ENTER zum Bestätigen.
7. Drücken sie noch einmal ENTER um Zugang zum Kalibriermenü zu bekommen.
8. Entriegeln sie die das Lademagazin für unbenutzte Filter und legen sie die sechs Referenz-Aluminiummembranen ein (mit dem Gerät geliefert), siehe Kap. 5.3.1.
9. Verriegeln sie das Lademagazin und drücken sie ENTER

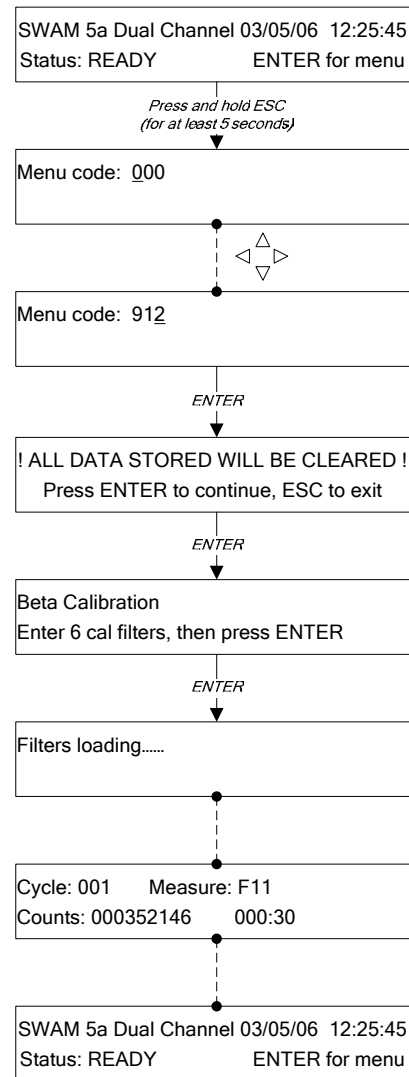


Abb.18

**ANMERKUNG 1:** Während des Kalibrierfahrens wird der echte Wert der gemessenen Zählrate des Geiger Müller dargestellt (um die Daten herunterzuladen, siehe Kap. 5.4)

**ANMERKUNG 2:** Falls eine oder mehrere Referenzmembranen inkorrekt eingesetzt sind, wird die Nachricht “Filter not loaded, Test aborted” angezeigt. In diesem Fall drücken sie ESC um zurück zum Hauptmenü zu kommen und das “Filters Unloading”-Verfahren auszuführen (siehe Bedienungshandbuch Kap. 5.10). So werden alle Membranen zum Entlademagazin bewegt werden. Das Kalibrierverfahren muss von Schritt 5 an wiederholt werden

**ANMERKUNG 3:** Wenn sie das Kalibrierverfahren anhalten wollen, bevor es zu Ende ist, drücken sie ESC.

**ANMERKUNG 4:** Am Ende des Kalibrierfahrens wird sich das Gerät in den READY-Status versetzen und die Referenzaluminium-Membranen werden automatisch zu den Entlademagazin für geprobte Filter bewegt.

5.3.1 Einlegen der Referenzmembranen in das Lademagazin.

Bevor die Referenzmembranen in das Lademagazin eingesetzt werden, stellen sie sicher, dass es leer ist. Wenn einige Filter im Lademagazin sind, entfernen sie diese indem sie das in Kap. 4.6 beschriebene Verfahren anwenden.

Um die Referenzmembranen im Lademagazin einlegen, entriegeln und drehen sie es gegen den Uhrzeigersinn und stellen sie sicher, dass jedes Filterelement mit dem hohlen Seite nach unten gerichtet eintritt (siehe Bedienungsanleitung Kap. 4.6)

Die Einsetzsequenz der Membranen muss dieselbe sein wie in Abb. 19. Es ist wichtig die Reihenfolge der Einsetzung zu beachten, weil sie in der Reihenfolge im Instrument geladen werden, in der sie im Lademagazin sind.

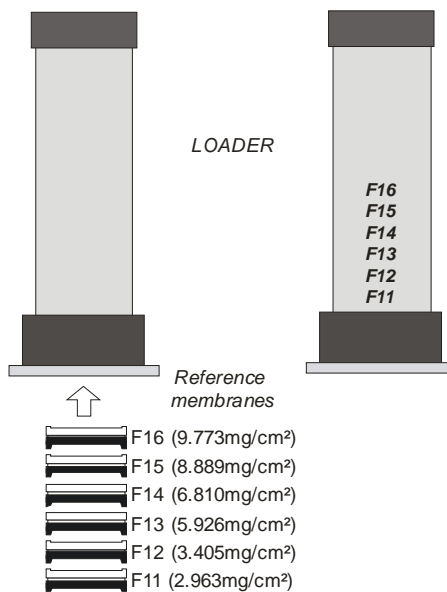


Abb19



### 5.4 Download der Kalibrierdaten

Die Kalibrierdaten müssen heruntergeladen werden, bevor die anderen Vorgänge des Geräts durchgeführt werden, ansonsten werden sie gelöscht. Um die Daten herunterzuladen verbinden sie das Gerät mit einem PC und senden sie Befehl 44 (jede Zeile der Antwort besteht aus 8 Feldern, die durch Kommata getrennt werden).

Befehl	Antwort	Antwortfeld	Format
44	14/06/07 11.11.1,DRK,300.4,100.7,625.4,50,27	Datum und Zeit	dd/mm/yy hh:mm:ss
	14/06/07 11.14.1,NAT,300.4,100.7,625.2,50,21		
	14/06/07 11.17.1,A11,300.4,100.7,625.2,49,1562139	Nummer des Messzyklus	###
	14/06/07 11.27.1,F11,300.5,100.6,625.3,49,848937		
	14/06/07 11.29.1,A1X,300.6,100.6,625.2,49,1564526	Durchgeführte Messungen DRK= Hintergrundrauschen NAT= natürliche Radioaktivität A11= Beta-Fluss (Luft) F11= membranel (2.963 mg/cm <sup>2</sup> ) A1X= Beta-Fluss (Luft) F12= membrane2 (3.405 mg/cm <sup>2</sup> ) A12= Beta-Fluss (Luft) A13= Beta-Fluss (Luft) F13= Membran 3 (5.926 mg/cm <sup>2</sup> ) A1Y= Beta-Fluss (Luft) F14= Membran 4 (6.810 mg/cm <sup>2</sup> ) A14= Beta-Fluss (Luft) A15= Beta-Fluss (Luft) F15= Membran 5 (8.889 mg/cm <sup>2</sup> ) A1Z= Beta-Fluss (Luft) F16= Membran 6 (9.773 mg/cm <sup>2</sup> ) A16= Beta-Fluss (Luft)	XXX
	14/06/07 11.39.1,F12,300.6,100.6,625.3,48,780896		
	14/06/07 11.42.1,A12,300.6,100.7,625.2,48,1563670		
	14/06/07 11.45.1,A13,300.6,100.7,625.3,48,1566319		
	14/06/07 11.55.1,F13,300.7,100.7,625.3,48,404091		
	14/06/07 11.57.1,A1Y,300.7,100.6,625.2,47,1565320		
	14/06/07 12.07.1,F14,300.8,100.6,625.3,47,315841		
	14/06/07 12.10.1,A14,300.8,100.6,625.2,47,1565510		
	14/06/07 12.13.1,A15,300.8,100.6,625.2,47,1566012		
	14/06/07 12.23.1,F15,300.8,100.6,625.3,47,156669		
14/06/07 12.25.1,A1Z,300.8,100.6,625.2,47,1566158			
14/06/07 12.35.1,F16,300.8,100.6,625.3,46,114971			
14/06/07 12.38.1,A16,300.8,100.6,625.3,46,1564537			
14/06/07 12.39.2,DRK,300.8,100.6,625.3,46,19			
14/06/07 12.42.2,NAT,300.8,100.6,625.2,46,23			
14/06/07 12.45.2,A11,300.8,100.6,625.2,46,1566836			
14/06/07 12.55.2,F11,300.8,100.6,625.2,46,849988			
14/06/07 12.57.2,A1X,300.8,100.6,625.3,46,1565628			
14/06/07 13.07.2,F12,300.9,100.6,625.3,46,781543			
14/06/07 13.10.2,A12,300.9,100.6,625.3,46,1567422			
14/06/07 13.13.2,A13,300.9,100.6,625.3,46,1566733			
14/06/07 13.23.2,F13,300.9,100.6,625.2,46,404250			
14/06/07 13.25.2,A1Y,301.100.6,625.2,46,1567796			
14/06/07 13.35.2,F14,301.100.6,625.3,45,315914			
14/06/07 13.38.2,A14,301.1,100.6,625.2,45,1567645			
14/06/07 13.41.2,A15,301.100.6,625.2,45,1567144			
14/06/07 13.51.2,F15,301.100.5,625.3,45,157133			
14/06/07 13.53.2,A1Z,301.1,100.6,625.2,45,1565642			
14/06/07 14.03.2,F16,301.1,100.6,625.2,45,115268			
14/06/07 14.06.2,A16,301.1,100.6,625.3,45,1566931			
14/06/07 14.07.3,DRK,301.1,100.6,625.2,45,17			
14/06/07 14.10.3,NAT,301.2,100.6,625.2,45,22			
14/06/07 14.13.3,A11,301.1,100.6,625.3,45,1568870			
14/06/07 14.23.3,F11,301.2,100.6,625.2,45,850998			
14/06/07 14.25.3,A1X,301.2,100.6,625.3,45,1568016			
14/06/07 14.35.3,F12,301.2,100.5,625.2,45,782035			
14/06/07 14.38.3,A12,301.3,100.5,625.3,45,1566755			
14/06/07 14.41.3,A13,301.3,100.5,625.3,45,1567122			
14/06/07 14.51.3,F13,301.3,100.5,625.2,45,404902			
14/06/07 14.53.3,A1Y,301.3,100.5,625.4,45,1567510			
14/06/07 15.03.3,F14,301.4,100.5,625.2,45,315996			
14/06/07 15.06.3,A14,301.5,100.5,625.3,45,1567756			
14/06/07 15.09.3,A15,301.5,100.5,625.2,45,1567631			
14/06/07 15.19.3,F15,301.5,100.5,625.2,45,157034			
14/06/07 15.21.3,A1Z,301.6,100.5,625.2,45,1567096			
14/06/07 15.31.3,F16,301.7,100.6,625.2,45,115378			
14/06/07 15.34.3,A16,301.7,100.6,625.4,45,1568269			
14/06/07 15.35.4,DRK,301.7,100.6,625.3,45,21			
14/06/07 15.38.4,NAT,301.6,100.6,625.3,45,19			
14/06/07 15.41.4,A11,301.7,100.6,625.2,45,1569175			
14/06/07 15.51.4,F11,301.7,100.6,625.2,45,850583			
14/06/07 15.53.4,A1X,301.8,100.6,625.2,45,1567023			
14/06/07 16.03.4,F12,301.7,100.6,625.2,45,782240			
14/06/07 16.06.4,A12,301.8,100.6,625.1,45,1567832			
		durchschnittliche Temperatur während der Messung [K]	###.#
		durchschnittlicher Druck während der [kPa]	###.#
		Geiger Muller Hochspannung[V]	###.#
		durchschnittliche relative Feuchte während der Messung[%]	###
		Gemessene Zählrate [counts/min]	#####



	<p>14/06/07 16.09,4,A13,301.8,100.6,625.2,45,1566488          14/06/07 16.19,4,F13,301.8,100.6,625.3,45,405102          14/06/07 16.21,4,A1Y,301.7,100.6,625.1,45,1567437          14/06/07 16.31,4,F14,301.7,100.6,625.2,44,316351          14/06/07 16.34,4,A14,301.7,100.6,625.2,44,1566832          14/06/07 16.37,4,A15,301.7,100.6,625.2,44,1568896          14/06/07 16.47,4,F15,301.8,100.6,625.3,44,157410          14/06/07 16.49,4,A1Z,301.7,100.6,625.3,44,1568005          14/06/07 16.59,4,F16,301.7,100.6,625.3,44,115333          14/06/07 17.02,4,A16,301.7,100.6,625.2,44,1567367          14/06/07 17.03,5,DRK,301.7,100.6,625.3,44,21          14/06/07 17.06,5,NAT,301.7,100.6,625.3,44,25          14/06/07 17.09,5,A11,301.8,100.6,625.3,44,1568276          14/06/07 17.19,5,F11,301.7,100.6,625.3,44,850599          14/06/07 17.21,5,A1X,301.8,100.6,625.2,44,1567386          14/06/07 17.32,5,F12,301.8,100.6,625.2,44,782066          14/06/07 17.34,5,A12,301.8,100.6,625.1,44,1567499          14/06/07 17.37,5,A13,301.8,100.6,625.2,44,1568672          14/06/07 17.47,5,F13,301.7,100.6,625.2,44,405318          14/06/07 17.49,5,A1Y,301.8,100.6,625.2,44,1568445          14/06/07 18.00,5,F14,301.7,100.6,625.2,44,316672          14/06/07 18.02,5,A14,301.8,100.6,625.2,44,1567880          14/06/07 18.05,5,A15,301.8,100.6,625.2,44,1568368          14/06/07 18.15,5,F15,301.8,100.6,625.1,44,157620          14/06/07 18.17,5,A1Z,301.7,100.6,625.2,44,1568430          14/06/07 18.27,5,F16,301.7,100.6,625.2,44,115309          14/06/07 18.30,5,A16,301.7,100.6,625.2,44,1566173.</p>		
--	---	--	--

### 5.5 Analyse der Kalibrierdaten

Nach dem Datendownload und bevor die Koeffizienten der Kalibrierungskurve des Massenbestimmungssystems bestimmt werden, ist es möglich einige wesentliche Qualitätskontrollen des Kalibrierverfahrens durchzuführen:

- *Hintergrundrauschen*

Falls während des Kalibrierverfahrens das Hintergrundrauschen das Limit von 150cmp überschreitet, muss das Verfahren wiederholt werden. Falls der Fehler weiterhin besteht, kontaktieren sie die technische Unterstützung von FAI Instruments s.r.l.

- *Temperatur*

Wir empfehlen die Temperatur während des Kalibrierverfahrens zu kontrollieren. Die maximale Differenz zwischen den Temperaturwerten sollte nicht höher als 3 K sein.

Für Beispiele: siehe Tab. 11 und Abb. 20:

Temperatur [K]	
avg.	301.3
max	301.8
min	300.4
max diff.	1.4
# run	85
s.d.	0.452

Tab.11

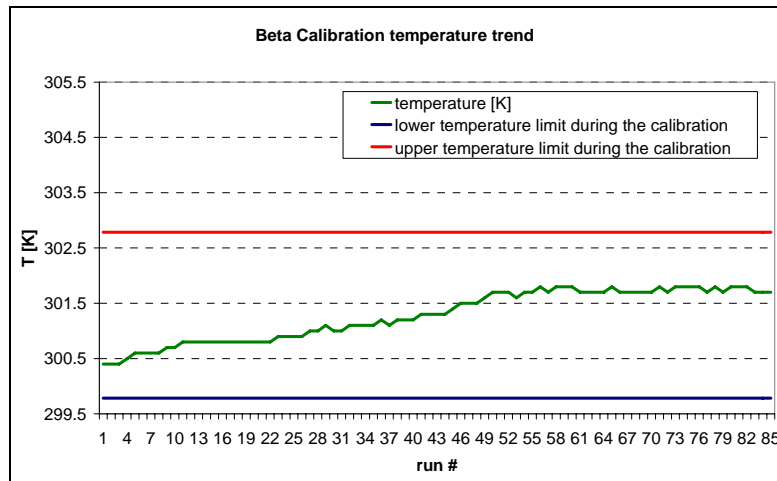


Abb.20

- Geiger Muller Hochspannung

Die Qualität der Geigerzählerantwort ist ausschließlich mit der Stabilität des Hochspannungswerts verbunden. Die Versorgungsleitung im Gerät, ist in der Lage stabile Spannung innerhalb von 1‰ des Mittelwerts zu laden. Wenn die Normabweichung des Geiger-Hochspannungswerts höher als 2‰ ist, muss das Kalibrierverfahren wiederholt werden. Für ein Beispiel: siehe Tab. 12 und Abb. 21.

Geiger Muller H.V.[Volt]	
avg.	625.2
max	625.4
min	625.1
# run	85
s.d. %	0.010

Tab.12

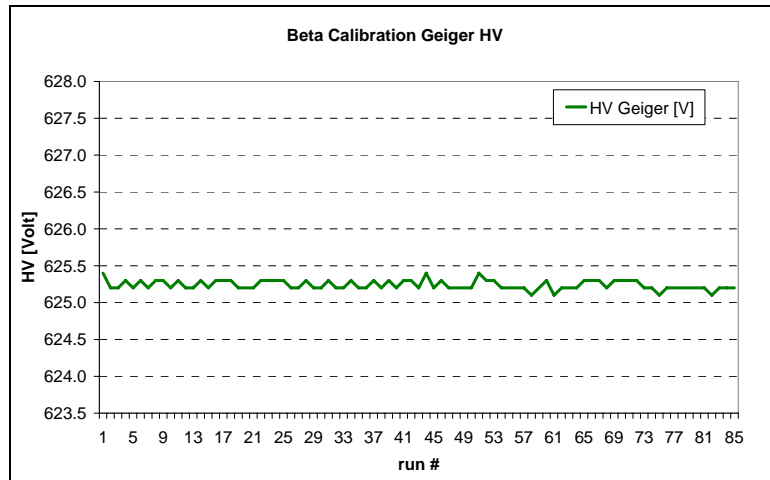


Abb.21

- Stabilität der Geiger-Müller-Antwort

Die Stabilität der Geigerzählerantwort kann berechnet werden. Benutzen sie “air count” Flüsse und kontrollieren sie die prozentuale Differenz zwischen dem Mittelwert der Luftflüsse und die gemessenen Einzelwerte die nicht höher als 1.5% sind.

$$-1.5\% < \left[ \left( \frac{A_{measured} - \bar{A}}{A_{measured}} \right) \cdot 100 \right] < +1.5\%$$

Mit

$A_{measured}$  Einzelmessung der “air”-Zählrate

$\bar{A}$  Mittelwert der 45 Messungen (9 pro Zyklus) der “air”-Zählrate

"Air" counts [cpm]	
avg.	1567003
max	1569175
min	1562139
# run	45
s.d.	1427
diff. % max	0.31

Tab.13

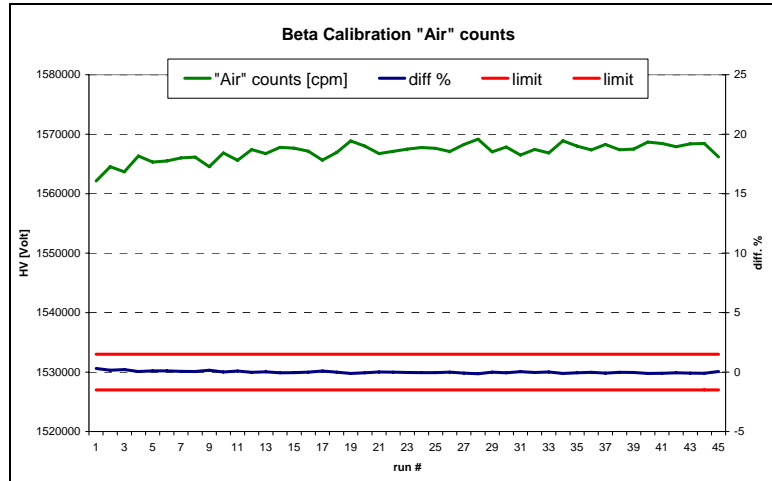


Abb.22

### 5.6 Ermittlung der Koeffizienten der Kalibrierkurve

Um die Koeffizienten der Kalibrierkurve zu bestimmen, genügt es zu jedem Nennwert “ $x_i$ ” (Referenz Massendichte) den zugehörigen “ $z_i$ ”- Wert zu verbinden mit  $z_i = \ln\left(\frac{\Phi_0}{\Phi(x_i)}\right)$ , wobei “ $\Phi_0$ ”  $\bar{A}$  entspricht (Mittelwert der 45 Messungen des “air flux”) und “ $\Phi(x_i)$ ” ist der Mittelwert der Flüsse die mit jeder einzelnen Membran “F”. verknüpft sind.  
Zum Beispiel:

Messung	Durchschnittszählrate [cpm]	$z_i$	$x_i$ [mg/cm <sup>2</sup> ]
air	1567004	0	0
F11	850221	0.611424	2.963
F12	781756	0.695378	3.405
F13	404733	1.353694	5.926
F14	316155	1.600689	6.810
F15	157173	2.299572	8.889
F16	115252	2.609801	9.773

Tab.14

Mit jedem Nennwert “ $x_i$ ” wird ein korrespondierender Wert  $z_i = \ln\left(\frac{\Phi_0}{\Phi(x_i)}\right)$  verbunden, die *am besten passende* Funktion wird bestimmt durch eine homogenes Polynom 3. Ordnung “ $g(z)$ ” (schneidet durch den Nullpunkt) deren Koeffizienten die Kalibrierparameter darstellen.

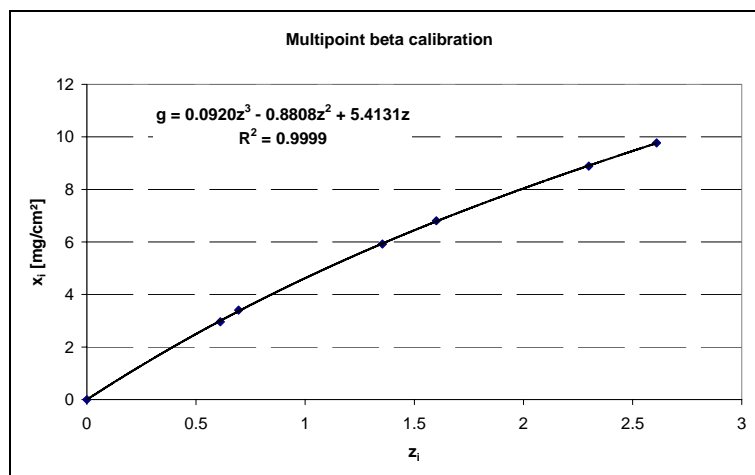


Fig.23

$$g(z) = az^3 + bz^2 + cz$$

Die Koeffizienten “a”, “b” und “c” stellen die Kalibrierparameter des Massenbestimmungssystems dar, die in das Gerät einprogrammiert werden.

### 5.7 Einstellung der Kalibrierkurvenkoeffizienten

Um die Koeffizienten der experimentell bestimmten Kalibrierkurve einzustellen, wird das Gerät an einen PC, der mit serieller Schnittstelle RS232 ausgestattet ist, angeschlossen. Tab. 15 zeigt die Befehle die gebraucht werden um die Koeffizienten auf jedem Gerät einzustellen:

Gerät-Seriennummer	Koeffizient	Befehl	Bestätigungs-Antwort
0127	<i>a</i>	04SHABCH020#.#####	!
	<i>b</i>	04SHABCH021#.#####	!
	<i>c</i>	04SHABCH022#.#####	!
0131	<i>a</i>	04SHABDB020#.#####	!
	<i>b</i>	04SHABDB021#.#####	!
	<i>c</i>	04SHABDB022#.#####	!

Mit #.##### = Koeffizientenwert

Tab. 15

Beispiel: Wenn man  $b = -0.8808$  auf dem SWAM 5a Dual Channel sn0127, einstellen möchte, dann muss man folgenden Befehl senden: 04SHABCH021-0.8808

Um zu kontrollieren, ob die Kalibrierkoeffizienten richtig programmiert wurden, senden sie Befehl 050, die Felder 21,22 und 23 der Antwort korrespondieren entsprechend auf den Koeffizient "a", "b" und "c".

Beispiel:

Befehl:

050

Antwort:

16/03/07,16/03/07,001,0127,101.5,4.213,2.320,-0.005,0.1624,2.623,-0.051,0.1605,0,2000,  
-0.032200,2.320,-0.005,-0.173000,2.623,-0.051,**0.0920**, **-0.8808**,**5.4131**,0.005539,  
0.007007,160000,1600,1.007,1.007,1.000,1.000,0.000,5,2.8,0.100,0.28,10,10

Koeffizienten:

$a = 0.0920$

$b = -0.8808$

$c = 5.4131$

### 5.8 Automatischer Kalibriercheck

Das Gerät kann automatisch einen  $\beta$  Kalibriercheck durchführen (*Beta span test*) indem abwechselnd der  $\beta$ -Fluss in der Luft und der  $\beta$ -Fluss des Durchgangs durch zwei Aluminium-Referenzmembrane die im Gerät platziert sind, gemessen wird. (siehe Bedienungsanleitung Kap. 7.2.2).

Um den Beta Spantest zu starten folgen sie dem unten beschriebenen Verfahren:

1. Stellen sie sicher, dass die inneren Referenzmembranen richtig ins Gerät geladen wurden (Bedienungsanleitung par. 5.6)
2. Wenn das Gerät im READY-Status ist, drücken sie ENTER und dann SELECT bis das Menü "Instrument Tools" angezeigt wird.
3. Drücken die ENTER um Zugang zu dem Menü zu bekommen
4. Drücken sie ENTER und dann SELECT bis das Menü "Beta Span Test" angezeigt wird
5. Drücken sie ENTER um den Test zu starten

Wenn der Test gestartet ist, wird das Display Flüsse anzeigen, bezüglich der Hintergrundradioaktivität (D) der Luft (A), aus den Referenzmembranen R1 und R2.

Am Ende des Tests werden die folgenden Parameter für beide Membranen angezeigt:

- *Cal*: Wert der Massen-Oberflächendichte der Referenzmembran (mg/cm<sup>2</sup>)
- *Test*: Wert der Massen-Oberflächendichte der Membran, gemessen mit dem Gerät (mg/cm<sup>2</sup>)
- *Err*: prozentuale Abweichung

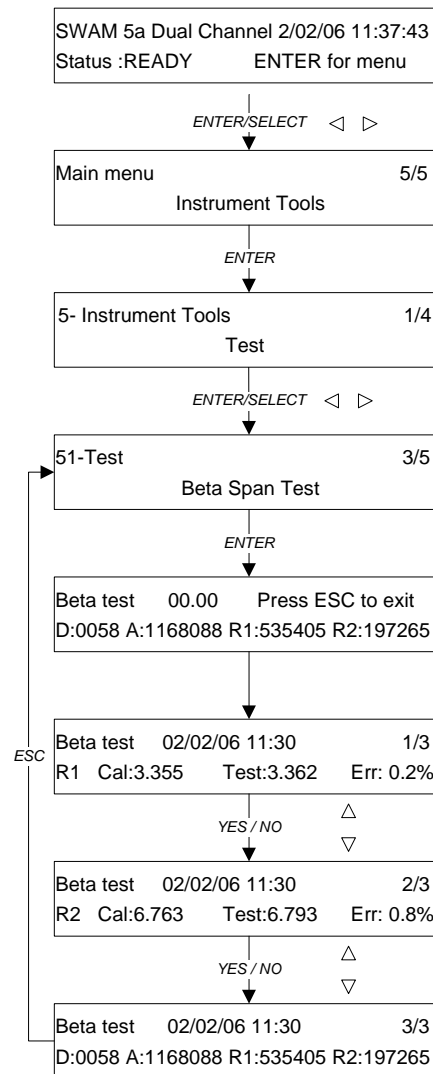


Abb. 24

## 6. VERFAHREN FÜR DIE BESTIMMUNG DES OFFSET-WERTS

SWAM 5a Dual Channel Monitor benutzt folgende Gleichung um die Masse der Partikel die sich auf dem Filter sammeln zu berechnen (siehe Bedienungsanleitung Kap 2.5.3).

$$m_p = S \cdot x_p = S \cdot \bar{k}(z) \cdot Z_{r1}^* \cong S \cdot k_{sh} \cdot \left[ \bar{k}(z) \cdot \ln \left( \frac{\bar{\Phi}^i(x_{Fr}) \cdot \bar{\Phi}^j(x_{Fs})}{\bar{\Phi}^j(x_{Fr} + x_p) \cdot \bar{\Phi}^i(x_{Fs})} \right) + offset \right]$$

Der Begriff “**offset**” (angegeben in mg/cm<sup>2</sup>) wurde in die Gleichung eingefügt um von dem berechnen Massenwert den möglichen Beitrag von Messabweichungen durch kleinere Def. zu entfernen, auf Grund der Messtendenz, die durch kleine Deformationen des Filtermediums während des Probenahmevorgangs.

Normalerweise wird das Gerät vom Hersteller getestet und kalibriert, und es wird ein vorgegebener “offset“ –Wert eingefügt. Falls ein Nulltest Massenwerte und nicht vernachlässigbare Massenwerte liefert, sollten sie den “offset” –Wert kontrollieren, und, falls notwendig, einen “offset”-Wert einstellen.

Die Ermittlung des Offset-Werts“ kommt von einer Serie von durchgeführten Massenbestimmungen, bei denen ein Absolutfilter auf für jede der beiden Probenahmelinien installiert ist (Durchführung von Nullmessungen).

### 6.1 Bestimmung des Offset-Werts

1. Setzen sie den “offset”-Wert jeder Linie auf Null, gemäß dem Verfahren, das in Kap 6.2 gezeigt wird.
2. Führen sie einige Nullmessungen auf den Linien A&B durch mit mind. 10 Probenahmezyklen à 12 Stunden (siehe Bedienungsanleitung Kap 7.7 über die Nullmessungen)
3. Am Ende der Probenahmezyklen, laden sie den “Buffer Data” runter, wählen sie das Volumen, die Masse und die Konzentrationsdaten der Nullmessungen aus und decodieren sie den Massenwert gespeichert in dem Puffer (siehe Bedienungsanleitung Kap.7.7.1)
4. Berechnen sie den durchschnittlichen Massenwert “ $\bar{m}_A$ ” und “ $\bar{m}_B$ ” für Linie A und Linie B (mind. 10 Massenmessungsdaten für jede Linie)
5. Bestimmen sie den “offset”-Wert für beide Linien mit dieser Gleichung:

$$offset = -\frac{\bar{m}}{1000 \times S} \quad [\text{mg/cm}^2]$$

mit  $S$  als Wert, in cm<sup>2</sup>, der benutzen “Fläche zur Betonung” (5.20, 7.07, 11.95)

Wichtig: das Minuszeichen wurde in die Gleichung eingefügt, um das Zeichen des berechneten durchschnittlichen Massenwertes so umzudrehen, um den Korrekturwert, der im Gerät eingestellt wird, zu erhalten



Beispiel für die Berechnung des offset-Werts

Masse aus Spannung [µg]	Masse gemessen [µg] (encodiert)	Masse aus Spannung [µg]	Masse gemessen [µg] (encodiert)
65507	-29	15	15
65513	-23	23	23
65514	-22	65534	-2
3	3	65530	-6
0	0	14	14
4	4	22	22
9	9	11	11
65510	-26	17	17
3	3	21	21
65512	-24	12	12

Linie A Mittelwert gemessene Masse	-11 [µg]	Linie B Mittelwert gemessene Masse	13 [µg]
Linie A Offset Wert ( mit $S = 7.07$ )	0.0015 [mg/cm <sup>2</sup> ]	Linie B Offset Wert ( mit $S = 7.07$ )	-0.0018 [mg/cm <sup>2</sup> ]

## 6.2 Einstellung des Offset-Werts

Um im Gerät die ermittelten Werte einzustellen, folgen sie dem oben beschriebenen Verfahren, verbinden sie das Gerät mit einem PC über die serielle Schnittstelle RS232 und verwenden sie die folgenden Befehle:

```
04SHXXXX111#.##### für Line A
04SHXXXX113#.##### für Line B
```

Mit #.#### wird das Format angezeigt in dem der Offset-Wert einzustellen ist

Siehe Kap 1 und Tab. 1 des vorliegenden Dokuments

Beispiel Einstellung der Offsetwerte im SWAM 5a Dual Channel sn 0127:

SWAM 5a Dual Channel Seriennummer	Parameter	Befehl	Bestätigung
Sn0127	Offset Linie A	04SHABCH1110.0015	!
	Offset Linie B	04SHABCH113-0.0018	!

## TÜV RHEINLAND ENERGY GMBH



### ADDENDUM

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009

TÜV-Bericht: 936/21239762/B  
Köln, 7. September 2018

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



[tre-service@de.tuv.com](mailto:tre-service@de.tuv.com)

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

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

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

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

Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichtes bedarf der schriftlichen Genehmigung.

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

**Leerseite**

## Inhaltsverzeichnis

1. KURZFASSUNG .....	11
1.1 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse .....	17
2. AUFGABENSTELLUNG .....	22
2.1 Art der Prüfung .....	22
2.2 Zielsetzung .....	22
3. BESCHREIBUNG DER GEPRÜFTEN MESSEINRICHTUNG .....	24
3.1 Messprinzip .....	24
3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung .....	26
3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung .....	38
4. PRÜFPROGRAMM .....	52
4.1 Allgemeines .....	52
4.2 Laborprüfung .....	53
4.3 Feldtest .....	54
5. REFERENZMESSVERFAHREN .....	72
6. PRÜFERGEBNISSE .....	74
6.1 1 Messbereiche .....	74
6.1 2 Negative Signale .....	75
6.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3) .....	76
6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4) .....	78
6.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5) .....	80
6.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6) .....	84
6.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.) .....	86
6.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7) .....	89
6.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) .....	92
6.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung .....	94
6.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) .....	95
6.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) .....	98
6.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4) .....	105
6.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5) .....	107
6.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6) .....	108
6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8) .....	111
6.1 16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS $u_{bs,AMS}$ (7.5.8.4) .....	112
6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....	128
6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) .....	161
6.1 18 Wartungsintervall (7.5.7) .....	169
6.1 19 Automatische Überprüfung (7.5.4) .....	170
6.1 20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte .....	171
7. EMPFEHLUNGEN ZUM PRAXISEINSATZ .....	172
8. LITERATURVERZEICHNIS .....	173
9. ANLAGEN .....	177

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor), aus [11].....	15
Tabelle 2: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor), aus [12] .....	15
Tabelle 3: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor, aus [13].....	16
Tabelle 4: Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten).....	16
Tabelle 5: Gerätetechnische Daten Typ SWAM 5a (Herstellerangaben).....	50
Tabelle 6: Feldteststandorte .....	56
Tabelle 7: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte .....	67
Tabelle 8: Ergebnisse Grubbs-Ausreißertest – Referenz PM <sub>10</sub> .....	69
Tabelle 9: Ergebnisse Grubbs-Ausreißertest – Referenz PM <sub>2,5</sub> .....	69
Tabelle 10: Entfernte Wertepaare Referenz PM <sub>10</sub> nach Grubbs.....	70
Tabelle 11: Entfernte Wertepaare Referenz PM <sub>2,5</sub> nach Grubbs .....	70
Tabelle 12: Nicht berücksichtigte Messwerte (keine Doppelbestimmung) .....	70
Tabelle 13: Eingesetzte Filtermaterialien .....	71
Tabelle 14: Nullniveau und Nachweisgrenze SN 127, Linie A und B.....	77
Tabelle 15: Nullniveau und Nachweisgrenze SN 131, Linie A und B.....	77
Tabelle 16: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C (SN 111) .....	79
Tabelle 17: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5°C und +40°C (SN 395) .....	79
Tabelle 18: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN 127 .....	81
Tabelle 19: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN 131 .....	81
Tabelle 20: Ermittlung der Leckrate, SN 127 .....	85
Tabelle 21: Ermittlung der Leckrate, SN 131 .....	85
Tabelle 22: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , Mittelwert aus drei Messungen, SN 127, Linie A & B.....	87
Tabelle 23: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , Mittelwert aus drei Messungen, SN 131, Linie A & B.....	88
Tabelle 24: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Referenzfolien) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN 127 .....	90
Tabelle 25: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Referenzfolien) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN 131 .....	91
Tabelle 26: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 111 .....	93
Tabelle 27: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 395 .....	93
Tabelle 28: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , SN 111 .....	96
Tabelle 29: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , SN 395.....	96
Tabelle 30: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , SN 111, Einzelwerte.....	97
Tabelle 31: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m <sup>3</sup> , SN 395, Einzelwerte.....	97
Tabelle 32: Nullpunktprüfungen SN 127 mit Nullfilter, Standorte Köln 2007, Bonn und Brühl .....	99

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 5 von 240

Tabelle 33: Nullpunktprüfungen SN 131 mit Nullfilter, Standorte Köln 2007, ' Bonn und Brühl .....	99
Tabelle 34: Nullpunktprüfungen SN 145 mit Nullfilter, Standort Teddington .....	100
Tabelle 35: Nullpunktprüfungen SN 149 mit Nullfilter, Standort Teddington .....	100
Tabelle 36: Ermittlung der Verfügbarkeit (Köln 2007, Bonn, Brühl) .....	110
Tabelle 37: Ermittlung der Verfügbarkeit (Teddington).....	110
Tabelle 38: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 127 / 145 / 248 und SN 131 / 149 / 249, Version SWAM 5a Dual Channel Monitor, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> .....	114
Tabelle 39: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 127 / 145 / 248 und SN 131 / 149 / 249, Version SWAM 5a Dual Channel Monitor, Messkomponente PM <sub>10</sub> .....	115
Tabelle 40: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 111 und SN 112, Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> .....	115
Tabelle 41: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 111 und SN 112, Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor, Messkomponente PM <sub>10</sub> .....	116
Tabelle 42: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 331 und SN 333, Version SWAM 5a Monitor, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> .....	116
Tabelle 43: Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs,AMS}$ für die Testgeräte SN 329 und SN 330, Version SWAM 5a Monitor, Messkomponente PM <sub>10</sub> .....	116
Tabelle 44: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM <sub>2,5</sub> .....	131
Tabelle 45: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM <sub>10</sub> .....	134
Tabelle 46: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM <sub>2,5</sub> .....	138
Tabelle 47: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM <sub>10</sub> .....	138
Tabelle 48: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Monitor für PM <sub>2,5</sub> .....	139
Tabelle 49: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Monitor für PM <sub>10</sub> .....	139
Tabelle 50: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$ für PM <sub>2,5</sub> .....	140
Tabelle 51: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten $u_{bs,RM}$ für PM <sub>10</sub> .....	140
Tabelle 52: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SWAM 5a DC, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> nach Korrektur Steigung/Offset .....	165
Tabelle 53: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SWAM 5a DC, Messkomponente PM <sub>10</sub> nach Korrektur Steigung .....	167
Tabelle 54: Stabilität Eichgewicht .....	233
Tabelle 55: Stabilität der Kontrollfilter .....	235
Tabelle 56: Wägebbedingungen und Wiegezeiten .....	236

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Massenbestimmung am Beispiel des SWAM5a Dual Channel Monitor .....	28
Abbildung 2:	Massenbestimmung SWAM 5a Monitor.....	29
Abbildung 3:	Schematischer Aufbau Probenahmeeinheit, 2 Kanal-Version.....	31
Abbildung 4:	Schematischer Aufbau Probenahmeeinheit, 1 Kanal-Version.....	32
Abbildung 5:	Filtermanagementsystem .....	34
Abbildung 6:	Messgerät SWAM 5a Dual Channel Monitor .....	38
Abbildung 7:	Messgerät SWAM 5a Monitor.....	39
Abbildung 8:	Vakuumpumpe .....	40
Abbildung 9:	Kompressor zur Erzeugung von Druckluft .....	41
Abbildung 10:	Probenahmeköpfe FAI.....	42
Abbildung 11:	Outdoor-Messschränke am Feldteststandort Bonn, Belderberg.....	43
Abbildung 12:	SWAM 5a Dual Channel Monitor in Outdoor-Messschrank .....	44
Abbildung 13:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Hauptbildschirm).....	45
Abbildung 14:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Aktueller Status) .....	45
Abbildung 15:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Probenahme Information) .....	46
Abbildung 16:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Warnmeldungen) .....	46
Abbildung 17:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Datenspeicher) .....	47
Abbildung 18:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Parametrierung des Systems).....	47
Abbildung 19:	Bediensoftware Dr. FAI Manager (Ergebnisse interner Tests).....	48
Abbildung 20:	Nullfilter (a = Nullfilter, b = Adapter zum Anschluss an Ansaugrohr) .....	49
Abbildung 21:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2007“ .....	57
Abbildung 22:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2007“ .....	57
Abbildung 23:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“ .....	58
Abbildung 24:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“ .....	58
Abbildung 25:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“ .....	59
Abbildung 26:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“ .....	59
Abbildung 27:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“ .....	60
Abbildung 28:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“ .....	60
Abbildung 29:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2011“.....	61
Abbildung 30:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2011“.....	61
Abbildung 31:	Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bornheim“ .....	62
Abbildung 32:	Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bornheim“ .....	62
Abbildung 33:	Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände, 2007 .....	63
Abbildung 34:	Feldteststandort Bonn, Belderberg .....	63
Abbildung 35:	Feldteststandort Teddington.....	64
Abbildung 36:	Feldteststandort Brühl .....	64
Abbildung 37:	Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände, 2011, Referenzgeräte (LVS 3) installiert im mittleren Trailer.....	65
Abbildung 38:	Feldteststandort Bornheim, Referenzgeräte (LVS 3) installiert im mittleren Trailer.....	65

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 7 von 240

Abbildung 39:	Durchfluss am Testgerät SN 127, Linie A .....	82
Abbildung 40:	Durchfluss am Testgerät SN 127, Linie B .....	82
Abbildung 41:	Durchfluss am Testgerät SN 131, Linie A .....	83
Abbildung 42:	Durchfluss am Testgerät SN 131, Linie B .....	83
Abbildung 43:	Nullpunktdrift SN 127, Linie A .....	101
Abbildung 44:	Nullpunktdrift SN 127, Linie B .....	101
Abbildung 45:	Nullpunktdrift SN 131, Linie A .....	102
Abbildung 46:	Nullpunktdrift SN 131, Linie B .....	102
Abbildung 47:	Nullpunktdrift SN 145, Linie A .....	103
Abbildung 48:	Nullpunktdrift SN 145, Linie B .....	103
Abbildung 49:	Nullpunktdrift SN 149, Linie A .....	104
Abbildung 50:	Nullpunktdrift SN 149, Linie B .....	104
Abbildung 51:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, SWAM 5a DC, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , alle Standorte .....	117
Abbildung 52:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	117
Abbildung 53:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Bonn, Belderberg .....	118
Abbildung 54:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Brühl .....	118
Abbildung 55:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Teddington .....	119
Abbildung 56:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	119
Abbildung 57:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 248 / SN 249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, Standort Bornheim .....	120
Abbildung 58:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	120
Abbildung 59:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	121
Abbildung 60:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, alle Standorte .....	121
Abbildung 61:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	122
Abbildung 62:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Bonn, Belderberg .....	122
Abbildung 63:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Brühl .....	123



Abbildung 64:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Teddington .....	123
Abbildung 65:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011).....	124
Abbildung 66:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 248 / SN 249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, Standort Bornheim .....	124
Abbildung 67:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	125
Abbildung 68:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	125
Abbildung 69:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 111 / SN 112, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a DC HM, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	126
Abbildung 70:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 111 / SN 112, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a DC HM, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	126
Abbildung 71:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 331 / SN 333, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , SWAM 5a, Standort Bornheim .....	127
Abbildung 72:	Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 329 / SN 330, Messkomponente PM <sub>10</sub> , SWAM 5a, Standort Bornheim .....	127
Abbildung 73:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , alle Standorte.....	141
Abbildung 74:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , alle Standorte.....	141
Abbildung 75:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	142
Abbildung 76:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	142
Abbildung 77:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bonn, Belderberg .....	143
Abbildung 78:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bonn Belderberg .....	143
Abbildung 79:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Brühl.....	144
Abbildung 80:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Brühl.....	144
Abbildung 81:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 145, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Teddington .....	145
Abbildung 82:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 149, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Teddington .....	145
Abbildung 83:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	146
Abbildung 84:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	146
Abbildung 85:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 248, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bornheim.....	147

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 9 von 240

Abbildung 86:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bornheim.....	147
Abbildung 87:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	148
Abbildung 88:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Werte $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	148
Abbildung 89:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente .....	
	PM <sub>10</sub> , alle Standorte .....	149
Abbildung 90:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , alle Standorte .....	149
Abbildung 91:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	150
Abbildung 92:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2007) .....	150
Abbildung 93:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bonn, Belderberg .....	151
Abbildung 94:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bonn, Belderberg .....	151
Abbildung 95:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Brühl.....	152
Abbildung 96:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Brühl.....	152
Abbildung 97:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 145, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Teddington .....	153
Abbildung 98:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 149, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Teddington .....	153
Abbildung 99:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	154
Abbildung 100:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	154
Abbildung 101:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 248, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bornheim.....	155
Abbildung 102:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bornheim.....	155
Abbildung 103:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	156
Abbildung 104:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Werte $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....	156
Abbildung 105:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 111, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	157
Abbildung 106:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 112, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	157
Abbildung 107:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 111, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	158
Abbildung 108:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 112, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Köln, Parkplatzgelände (2011) .....	158
Abbildung 109:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 331, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bornheim.....	159
Abbildung 110:	Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 333, Messkomponente PM <sub>2,5</sub> , Bornheim.....	159

Abbildung 111: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 329, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bornheim.....	160
Abbildung 112: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 330, Messkomponente PM <sub>10</sub> , Bornheim.....	160
Abbildung 113: Erstbekanntgabe BAnz. 25. August 2009, Nr. 125, Seite 2929, Kapitel II Nr. 2.1.....	174
Abbildung 114: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 29. Juli 2011, Nr. 113, Seite 2725, Kapitel III 7. Mitteilung .....	174
Abbildung 115: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 2. Mitteilung.....	175
Abbildung 116: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 3. Mitteilung.....	175
Abbildung 117: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 05.03.2013 B10, Kapitel V 12. Mitteilung.....	175
Abbildung 118: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV 8. Mitteilung.....	176
Abbildung 119: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 26.08.2015 B4, Kapitel V 44. Mitteilung.....	176
Abbildung 120: Stabilität Eichgewicht .....	232
Abbildung 121: Stabilität der Kontrollfilter .....	234
Abbildung 122: Streuung der Emfab Filter für (A) Anfangswägung m Vergleich zum Prüfge- wicht und (B) Endwägung im Vergleich zum Prüfgewicht. ....	239

## 1. Kurzfassung

Im Auftrag der Firma FAI Instruments s.r.l. führte die TÜV Rheinland Energy GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> gemäß den folgenden Richtlinien durch.

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM<sub>2,5</sub>-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005
- Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom November 2005

Auf Basis der aufgeführten Prüfgrundlagen wurden die Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> bereits eignungsgeprüft und wie folgt bekanntgegeben:

- SWAM 5a Dual Channel Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 03. August 2009 (BAnz. 25. August 2009, Nr. 125, Seite 2929, Kapitel II Nr. 2.1) – Erstbekanntgabe

- SWAM 5a Dual Channel Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 15. Juli 2011 (BAnz. 29. Juli 2011, Nr. 113, Seite 2725, Kapitel III 7. Mitteilung) – Mitteilung zu Erfüllung der Anforderungen der DIN EN 15267 hinsichtlich Herstellung und Qualitätsmanagement
- SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 23. Februar 2012 (BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 2. Mitteilung) – Mitteilung zur Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor mit 1-h-Messmodus und zu deren OEM-Version Model 602 BetaPlus der Firma Teledyne Advanced Pollution Instrumentation
- SWAM 5a Dual Channel Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> und SWAM 5a Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 23. Februar 2012 (BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 3. Mitteilung) – Mitteilung zur Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Monitor (einkanalige Bauform)
- SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> und SWAM 5a Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 12. Februar 2013 (BAnz AT 05.03.2013 B10, Kapitel V 12. Mitteilung) – Mitteilung zu neuer Softwareversion für Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor
- SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> und SWAM 5a Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 25. Februar 2015 (BAnz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV 8. Mitteilung) – Mitteilung zu neuen Softwareversionen für die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor, optionales Ethernetboard für SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 13 von 240

- SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> und SWAM 5a Monitor für Schwebstaub PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> mit Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 22. Juli 2015 (BAnz AT 26.08.2015 B4, Kapitel V 44. Mitteilung) – Mitteilung zu Verfügbarkeit von Standard-Probeneinlässen gemäß Anhang A der Richtlinie DIN EN 12341 (Ausgabe August 2014)

Seit Juli 2017 liegt nun die Europäische Richtlinie DIN EN 16450 „Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>)“ vor. Diese enthält erstmalig auf europäischer Ebene einheitliche Anforderungen an die Eignungsprüfung von automatischen Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>) und dient zukünftig als Basis für die Zulassung von automatischen Schwebstaubmeseinrichtungen.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a (Versionen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor) im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen gemäß der Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017).

Da die in Kapitel 7 der Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017) formulierten Leistungskenngrößen und Leistungskriterien zum überwiegenden Teil schon im Rahmen der bereits vorliegenden Eignungsprüfung überprüft bzw. ermittelt wurden, kann der Großteil der Ergebnisse komplett aus dem ursprünglichen Eignungsprüfbericht bzw. aus den im Rahmen der Zulassung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor in Mitteilungen dokumentierten Prüfungen entnommen bzw. neu ausgewertet werden. Lediglich für die Prüfpunkte 7.4.4 „Genauigkeit des Volumenstroms“, 7.4.8 „Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung“ und 7.4.9 „Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration“ wurden im Sommer 2017 komplett neue Prüfungen durchgeführt.

Die Prüfungen wurden alle mit der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor durchgeführt. Für die Zulassung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor wurden zusätzliche Untersuchungen der Äquivalenz gemäß den von der zuständigen Stelle genehmigten Prüfpläne vom 20.03.2010 (SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor) bzw. vom 18.06.2011 (SWAM 5a Monitor) durchgeführt. Diese Äquivalenzuntersuchungen werden in dem vorliegenden Addendum ebenfalls dargestellt.

Alle erzielten Prüfergebnisse und daraus folgenden Schlüsse und Aussagen sind in vollem Umfang für alle 3 Geräteversionen gültig.

Das Addendum ist nach seiner Veröffentlichung fester Bestandteil des TÜV Rheinland Prüfberichtes der Nummer 936/21207522/A vom 23. März 2009 und wird im Internet unter [www.qal1.de](http://www.qal1.de) einsehbar sein.

Die Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor sind automatische und sequentielle Messgeräte zur Staubmessung auf Filtermembranen. Die Systeme werden entweder mit zwei vollständig unabhängigen Probenahmelinien (SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor) oder mit nur einer Probenahmelinie (SWAM 5a Monitor) betrieben. Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wurde bei den zweikanaligen Versionen immer eine Probenahmelinie mit einem PM<sub>10</sub> Probenahmekopf und die zweite Probenahmelinie mit einem PM<sub>2,5</sub> Probenahmekopf betrieben – abweichende Konfigurationen sind möglich. Bei den Zweikanalversionen wird mit Hilfe von zwei Pumpen Umgebungsluft zum einen über den PM<sub>10</sub> Probenahmekopf und zum anderen über den PM<sub>2,5</sub> Probenahmekopf angesaugt. Die Staub beladene Probenahmeluft wird dann jeweils auf einem Filter (1 x PM<sub>10</sub>, 1 x PM<sub>2,5</sub>) abgeschieden. Bei der Einkanalversion SWAM5a Monitor erfolgt die Probenahme entsprechend nur für eine PM-Fraktion.

Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf den Filtern erfolgt nach der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption. Die zeitliche Auflösung (Zykluszeit) der Messung betrug in der Prüfung 24 h (SWAM 5a Dual Channel Monitor bzw. SWAM 5a Monitor) bzw. 1 h (SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor).

Es besteht die Möglichkeit, die Filter gravimetrisch auszuwiegen. Zudem stehen die Filter für weitere analytische Verfahren (z.B. eine Schwermetallanalyse) zur Verfügung.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 15 von 240

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während mehrmonatigen Feldtests.

Die mehrmonatigen Feldtests erfolgten an den Standorten gemäß Tabelle 1 bis Tabelle 3.

**Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor), aus [11]**

	Köln, Parkplatzgelände	Bonn, Belderberg	Teddington, UK	Brühl
Zeitraum	10/2007 – 02/2008	02/2008 – 04/2008	07/2008 – 11/2008	09/2008 – 12/2008
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	100	64	83	55
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund	Verkehr	Städtischer Hintergrund	Kieswerk
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	durchschnittlich bis hoch	niedrig bis durchschnittlich	durchschnittlich

**Tabelle 2: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor), aus [12]**

	Köln, Parkplatzgelände
Zeitraum	02/2011 – 05/2011
Anzahl der Messwertpaare SWAM 5a DC:	67 (PM <sub>2,5</sub> ) 80 (PM <sub>10</sub> )
Anzahl der Messwertpaare SWAM 5a DC HM:	77
Charakterisierung	Städtischer Hintergrund
Einstufung der Immissionsbelastung	durchschnittlich bis hoch



**Tabelle 3: Beschreibung der Messstellen (SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor, aus [13])**

	Bornheim
Zeitraum	08/2011 – 10/2011
Anzahl der Messwertpaare SWAM 5a DC:	73
Anzahl der Messwertpaare SWAM 5a PM <sub>2,5</sub> :	47
Anzahl der Messwertpaare SWAM 5a PM <sub>10</sub> :	71
Charakterisierung	Ländliche Struktur + Autobahn
Einstufung der Immissionsbelastung	niedrig

Zur Äquivalenzauswertung im Rahmen des vorliegenden Dokuments für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor wurden alle verfügbaren Datensätze aus Tabelle 1 bis Tabelle 3 zusammengefasst und neu ausgewertet, um einen möglichst umfassenden und robusten Gesamtdatensatz für die Auswertung bereitzustellen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der durchgeführten Äquivalenztests:

**Tabelle 4: Ergebnisse der Äquivalenztests (Rohdaten)**

Nummer	Geräteversion	PM <sub>x</sub>	Steigung	Achsabschnitt	Alle Datensätze W <sub>CM</sub> <25 % Rohdaten	Kalibrierung ja/nein	Alle Datensätze W <sub>CM</sub> <25 % kal. Daten
1	SWAM 5a DC	PM <sub>10</sub>	1,051	-0,271	ja	ja*	ja
2	SWAM 5a DC	PM <sub>2,5</sub>	0,973	0,355	ja	ja*	ja
3	SWAM 5a DC HM**	PM <sub>10</sub>	0,972	-0,305	ja	nein	-
4	SWAM 5a DC HM**	PM <sub>2,5</sub>	0,998	0,685	ja	nein	-
5	SWAM 5a**	PM <sub>10</sub>	1,007	-0,900	ja	nein	-
6	SWAM 5a**	PM <sub>2,5</sub>	0,971	0,235	ja	nein	-

\* Kalibrierung notwendig wegen Signifikanz von Steigung und/oder Achsabschnitt

\*\* Auswertung beinhaltet nur eine Vergleichskampagne

## 1.1 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

### Ergebniszusammenstellung Prüfung gemäß Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017)

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
1 Messbereiche	0 µg/m <sup>3</sup> bis 1000 µg/m <sup>3</sup> als ein 24-Stunden-Mittelwert 0 µg/m <sup>3</sup> bis 10000 µg/m <sup>3</sup> als ein 1-Stunden-Mittelwert, falls zutreffend	Die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor ermöglichen im 24h-Zyklus die Überwachung bis zu einem Messbereichsendwert von größer 2.000 µg/m <sup>3</sup> . Die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor ermöglicht im 1h-Zyklus die Überwachung bis zu einem Messbereichsendwert von 10.000 µg/m <sup>3</sup> .	ja	74
2 Negative Signale	Dürfen nicht unterdrückt werden.	Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.	ja	75
3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3)	Nullniveau: ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup> Nachweisgrenze: ≤ 2,0 µg/m <sup>3</sup>	Das Nullniveau ermittelte sich aus den Untersuchungen für beide Geräte zu maximal 0,39 µg/m <sup>3</sup> und die Nachweisgrenze zu maximal 0,71 µg/m <sup>3</sup> .	ja	76
4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)	≤ 2,0 %	Die ermittelte relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei +5 °C und +40 °C lag bei maximal 1,17 % .	ja	78
5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben durchflusses ≤ 5 % des momentanen Proben durchflusses	Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 2,0 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.	ja	80
6 Dichtheit des Probenahme-systems (7.4.6)	≤ 2,0 % des gemittelten Proben-volumenstroms	Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu maximal 0,24 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,30 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem Restdruck p0 im System, sowie zu maximal 0,08 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,06 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem atmosphärischen Luftdruck von 102,8 kPa.	ja	84

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.)	$\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt +5 °C bis +40 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt von 0,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt werden.	ja	86
8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7)	$\leq 5 \%$ vom Wert bei der Nennprüftemperatur	Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt +5 °C bis +40 °C. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen > 0,1 % ermittelt werden.	ja	89
9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)	$\leq 5 \%$ vom Wert bei der Nennprüfspannung	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > - 0,4 %, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.	ja	92
10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung	Geräteparameter müssen gegen Verlust gesichert sein. Bei Rückkehr der Netzspannung muss das Gerät automatisch die Funktion wieder aufnehmen.	Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.	ja	94

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9)	$\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Nullluft	Die maximal ermittelte Differenz zwischen den Messwerten bei 40 % und bei 90 % relativer Feuchte liegt bei $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .	ja	95
12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)	Absoluter Wert $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Die maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag bei $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .	ja	98
13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4)	Messeinrichtungen müssen in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen zur telemetrischen Übermittlung – zumindest – der folgenden Parameter bereitzustellen: Volumenstrom Druckabfall über dem Probenahmefilter (falls zutreffend) Probenahmedauer Probenvolumen (falls zutreffend) Massenkonzentration der betroffenen Staubfraktion(en) Außenlufttemperatur Außenluftdruck Lufttemperatur in der Messeinheit Temperatur des Probeinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass eingesetzt wird	Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege (Ethernet, RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.	ja	105
14 Tagesmittelwerte (7.5.5)	Die AMS muss die Bildung von Tagesmittelwerten oder tageswerten ermöglichen.	Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist möglich.	ja	107
15 Verfügbarkeit (7.5.6)	Mindestens 90 %	Die Verfügbarkeit betrug für SN 127 99,1 %, für SN 131 97,8 %, für SN 145 96,7 % und für SN 149 100 %.	ja	108

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS $u_{bs,AMS}$ (7.5.8.4)	$\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs}$ liegt für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor mit maximal $0,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ und mit maximal $1,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{10}$ unterhalb des geforderten Wertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs}$ liegt für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor mit $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ und mit $0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{10}$ unterhalb des geforderten Wertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen $u_{bs}$ liegt für die Geräteversion SWAM 5a Monitor mit $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{2,5}$ und mit $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für $\text{PM}_{10}$ ebenfalls unterhalb des geforderten Wertes von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .	ja	112
17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	$\leq 25 \%$ bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert für die Rohdaten, sonst Kalibrierung erforderlich.	Die ermittelten Unsicherheiten WAMS liegen für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor sowohl für $\text{PM}_{2,5}$ wie auch für $\text{PM}_{10}$ für alle betrachteten Datensätze bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von $25 \%$ für Feinstaub. Dies gilt auch für die ermittelten Unsicherheiten WAMS für die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor.	ja	128
17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)	Nach der Kalibrierung: $\leq 25 \%$ bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert.	Die ermittelten Unsicherheiten $W_{AMS}$ sowohl für $\text{PM}_{2,5}$ wie auch für $\text{PM}_{10}$ liegen bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit $W_{d,qo}$ von $25 \%$ für Feinstaub. Durch Anwendung der Korrekturfaktoren für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor erfüllen die Prüflinge weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze mit einer leichten Verschlechterung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz für $\text{PM}_{2,5}$ und einer deutlichen Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz für $\text{PM}_{10}$ .	ja	161

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 21 von 240

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
18 Wartungsintervall (7.5.7)	Mindestens 14 d	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten (Wechsel Filter / eventuell Reinigung Probenahmekopf) bestimmt und beträgt 15 Tage für PM2,5 und 30 Tage für PM10.	ja	169
19 Automatische Überprüfung (7.5.4)	Muss bei der AMS möglich sein	Die Ergebnisse der internen Tests zur Qualitätssicherung / Funktionsüberwachung z.B. zur Dichtigkeit des Systems, der Durchflusskalibrierung sowie der radiometrischen Massenbestimmung werden im System gespeichert.	ja	170
20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte	Müssen bei der Prüfung der AMS innerhalb der folgenden Kriterien liegen ± 2 °C ± 1 kPa ± 5 % RH	Die relevanten extern angeordneten Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur und des Luftdrucks sind leicht vor Ort überprüfbar und justierbar. Die Überprüfung von internen Sensoren (z.B. im Bereich des Filters während der Probenahme oder im Bereich der Durchflussmessung) ist ebenfalls möglich, erfordert aber eine Demontage der Installation und sollte daher vorzugsweise als Teil der jährlichen Prüfung gemäß DIN EN 16450 Tabelle 4 in Laborräumen durchgeführt werden	ja	171

## 2. Aufgabenstellung

### 2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der FAI Instruments s.r.l. wurde von der TÜV Rheinland Energy GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor vorgenommen.

Die Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> sind bereits eignungsgeprüft und im Bundesanzeiger bekanntgegeben.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen an automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration gemäß der neuen Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017).

### 2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtungen sollen den Gehalt an PM<sub>10</sub> und an PM<sub>2,5</sub> Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 200 µg/m<sup>3</sup> bestimmen.

Die bereits bestehende Eignungsprüfung war anhand der zum Zeitpunkt der Prüfung aktuellen Richtlinien unter Berücksichtigung der neuesten Entwicklungen durchgeführt worden.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002 [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004 [2]
- Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998, [3]
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM<sub>2,5</sub>-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005 [4]
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung vom November 2005 [5]

Seit Juli 2017 liegt nun die Europäische Richtlinie

- DIN EN 16450 „Außenluft - Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>)“, Deutsche Fassung EN 16450:2017 [9]

vor. Diese enthält erstmalig auf europäischer Ebene einheitliche Anforderungen an die Eignungsprüfung von automatischen Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM<sub>10</sub>; PM<sub>2,5</sub>) und dient zukünftig als Basis für die Zulassung von automatischen Schwebstaubmeseinrichtungen.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 23 von 240

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a (Versionen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor) im Hinblick auf die Einhaltung der Anforderungen gemäß der Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017).

Da die in Kapitel 7 der Richtlinie DIN EN 16450 (Juli 2017) formulierten Leistungskenngrößen und Leistungskriterien zum überwiegenden Teil schon im Rahmen der bereits vorliegenden Eignungsprüfung überprüft bzw. ermittelt wurden, kann der Großteil der Ergebnisse komplett aus dem ursprünglichen Eignungsprüfbericht bzw. aus den im Rahmen der Zulassung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor in Mitteilungen dokumentierten Prüfungen entnommen bzw. neuausgewertet werden. Lediglich für die Prüfpunkte 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4), 6.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) und 6.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) wurden im Sommer 2017 komplett neue Prüfungen durchgeführt.

Die Prüfungen wurden alle mit der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor durchgeführt. Für die Zulassung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor wurden zusätzliche Untersuchungen der Äquivalenz gemäß den von der zuständigen Stelle genehmigten Prüfplänen vom 20.03.2010 (SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor) bzw. vom 18.06.2011 (SWAM 5a Monitor) durchgeführt. Diese Äquivalenzuntersuchungen werden in dem vorliegenden Addendum ebenfalls dargestellt.

Alle erzielten Prüfergebnisse und daraus folgenden Schlüsse und Aussagen sind in vollem Umfang für alle 3 Geräteversionen gültig.

Das Addendum ist nach seiner Veröffentlichung fester Bestandteil des TÜV Rheinland Prüfberichtes der Nummer 936/21207522/A vom 23. März 2009 und wird im Internet unter [www.qal1.de](http://www.qal1.de) einsehbar sein.



### 3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

#### 3.1 Messprinzip

In den Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor wird zur Massenbestimmung der abgeschiedenen Partikel auf das Prinzip der Abschwächung von Betastrahlen beim Durchgang durch eine dünne Schicht an Material zurückgegriffen.

Der Zusammenhang zwischen der Abschwächung von einem Betastrahlenfluss beim Durchgang durch ein dünnes Material und der Massendichte des Materials kann durch eine Gleichung beschrieben werden.

Die Ermittlung der Massendichte  $x_p$  der auf dem Filter gesammelten Partikel basiert hierbei auf der exakten Quantifizierung der relativen Änderung des Betastrahlenflusses, die mittels eines exakt positionierten Detektors ermittelt wird, beim Vorhandensein bzw. bei der Abwesenheit der Partikelschicht auf dem Filtermaterial.

Stark vereinfacht gilt prinzipiell die Beziehung:  $m_p = S \cdot x_p$  mit  $x_p = k(z) \cdot \ln \frac{\text{Flux}_{\text{blank}}}{\text{Flux}_{\text{collect}}}$

Mit	$m_p$	Masse der Staubpartikel
	$S$	beaufschlagte Oberfläche
	$x_p$	Massendichte der Staubpartikel
	$k(z)$	Funktion des Massenabsorptionskoeffizienten
	$\text{Flux}_{\text{blank}}$	Betastrahlenfluss vor der Probenahme
	$\text{Flux}_{\text{collect}}$	Betastrahlenfluss nach der Probenahme

In den gemessenen Betastrahlenflüssen können systematische Schwankungen enthalten sein, die nicht auf die Partikelmasse auf dem Filter zurückgeführt werden können. Diese Unsicherheitsbeiträge kommen in erster Linie von:

- Änderungen in der Massendichte des Filtermediums (z.B. Feuchteeffekte)
- Schwankungen der Luftdichte
- Schwankungen in der Detektorempfindlichkeit

Um diese Einflüsse zu quantifizieren und rechnerisch zu berücksichtigen, werden als zusätzliches Feature bei den Versionen SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor sogenannte Spy-Filter in dem System implementiert. Die Spy-Filter bestehen aus dem gleichen Filtermaterial wie die zur Messung verwendeten Filter und verbleiben beständig im Gerät. Sie werden während des Messvorgangs immer wieder abwechselnd zu dem Messfilter vermessen. Anhand der erhaltenen Betastrahlenflüsse für den Spy-Filter, können etwaige Einflüsse durch oben aufgeführte Größen berücksichtigt werden.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 25 von 240

Es ergibt sich die Gleichung:

$$m_p = S \cdot x_p = S \cdot \bar{k}(z) \cdot Z_{r1}^* \cong S \cdot k_{sh} \cdot \left[ \bar{k}(z) \cdot \ln \left( \frac{\bar{\Phi}^i(x_{Fr}) \cdot \bar{\Phi}^j(x_{Fs})}{\bar{\Phi}^j(x_{Fr} + x_p) \cdot \bar{\Phi}^i(x_{Fs})} \right) + offset \right]$$

Wobei die Konstante  $k_{sh}$  per Definition den Wert „1“ besitzt.

$p$  = Partikel,  $F_r$  = Messfilter,  $F_s$  = Spy-Filter und

$x_{Fr}$  = Blank sowie  $x_{Fr} + x_p$  = Collect

Die Funktion  $k(z)$  wird vom Gerätehersteller ermittelt mit Hilfe von 6 Referenzaluminiumfolien ermittelt und ins Gerät einprogrammiert.

Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar zu Beginn des nächsten Messzyklus) kann diese Kalibrierung mit Hilfe von zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte überprüft werden. Die erhaltenen Werte werden mit den entsprechenden Vorgabewerten verglichen und als %-Abweichung angegeben. Das Ergebnis des jeweilig letzten „Beta Span Test“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden.

Anmerkung für Geräteversion SWAM 5a Monitor:

Bei der Geräteversion SWAM 5a Monitor werden keine Spy-Filter zur zusätzlichen Korrektur der radiometrischen Massenmessung verwendet. Es zeigt sich jedoch in der Praxis, dass sowohl der Geigerzähler selbst als auch die Energieversorgung des Geigerzählers äußerst driftstabil sind. Die Performance des Geiger-Zählers sowie dessen Energieversorgung werden zudem auch im SWAM 5a Monitor im Zuge der implementierten internen Qualitätskontrollen ständig überwacht. Bei Abweichungen von den zulässigen Toleranzen werden Warn- bzw. Alarmmeldungen generiert.

Starke Temperaturschwankungen im Gerät werden durch den Betrieb des Systems in temperaturkontrollierter Umgebung (klimatisierter Messschrank – oder Container) verhindert. D.h. bei ordnungsgemäßem Betrieb der Messeinrichtung SWAM 5a Monitor sind Schwankungen in den radiometrischen Messungen durch o.g. Ursachen sehr unwahrscheinlich und zudem über die Warn-/Alarmmeldungen rechtzeitig und zuverlässig erkennbar. Damit sind potentielle negative Einflüsse auf die Massenbestimmung jederzeit rückverfolgbar.

### 3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor ist ein automatisches und sequentielles Messgerät zur Staubmessung auf Filtermembranen. Das System wird mit zwei vollständig unabhängigen Probenahmelinien betrieben. Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wird eine Probenahmelinie mit einem PM<sub>10</sub> Probenahmekopf und die zweite Probenahmelinie mit einem PM<sub>2,5</sub> Probenahmekopf betrieben – abweichende Konfigurationen sind möglich. Mit Hilfe von zwei Pumpen wird hierbei Umgebungsluft zum einen über den PM<sub>10</sub> Probenahmekopf und zum anderen über den PM<sub>2,5</sub> Probenahmekopf angesaugt. Die Staub beladene Probenahmeluft wird dann jeweils auf einem Filter (1 x PM<sub>10</sub>, 1 x PM<sub>2,5</sub>) abgeschieden. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf den Filtern erfolgt nach der Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption. Dabei wird die abgeschiedene Staubmasse auf den Filtern für beide Probenahmelinien mit nur einem radiometrischen Massenbestimmungsmodul bewerkstelligt.

Die Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor unterscheidet sich in der Funktionsweise wie folgt von der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor:

1. Die Sammelfläche pro Filter (Filterbeaufschlagungsfläche) beträgt 2,27 cm<sup>2</sup> und ist somit kleiner wie bei der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor (im Test 5,20 cm<sup>2</sup>, alternativ 2,54 cm<sup>2</sup>, 7,07 cm<sup>2</sup> und 11,95 cm<sup>2</sup>).
2. Die Beta-Strahlenquelle liegt während der radiometrischen Messung dichter am Filter.
3. Insgesamt werden pro Linie 3 Filter jeweils 8-mal pro Tag eingesetzt (Zeitliche Auflösung 1 h statt 24 h).

Die Version SWAM 5a Monitor unterscheidet sich in der Funktionsweise wie folgt von der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor:

1. SWAM 5a Monitor betreibt nur eine Probenahmelinie anstelle von 2 parallel betriebenen Probenahmelinien bei SWAM 5a Dual Channel Monitor .
2. SWAM5 a Monitor verwendet keine „Spy“-filter zur zusätzlichen Korrektur der radiometrischen Massenmessung.

Die nachfolgenden Ausführungen zur Funktionsweise der Messeinrichtung gelten falls nicht explizit gekennzeichnet für alle 3 Geräteversionen und können in ausführlichster Form auch den entsprechenden Gerätehandbüchern entnommen werden .

## **a) Betriebsmodi der Messeinrichtung**

Die zweikanaligen Messeinrichtungen können grundsätzlich in zwei Betriebsmodi – Monitor Modus und Referenz Modus – betrieben werden.

### **Monitor Modus:**

Der Monitor Modus erlaubt die Probenahme und Massenbestimmung für Partikel auf zwei unabhängigen Linien (SWAM 5a DC und SWAM 5a DC HM) bzw. auf einer Linie (SWAM 5a). Bei den zweikanaligen Geräteversionen erlaubt diese Konfiguration die gleichzeitige Bestimmung von 2 PM-Fraktionen (z.B. PM<sub>10</sub> & PM<sub>2,5</sub>). Darüber hinaus sind auch Konfigurationen zu metrologischen Untersuchungen denkbar, z.B.

- Untersuchung des Anteils an flüchtigen Staubbestandteilen durch Betrieb einer Linie mit Heizung (oder Kühlung) und einer Linie ohne Heizung (oder Kühlung)
- Untersuchung der Leistungsfähigkeit / Vergleichbarkeit verschiedener Probenahme-köpfe

Im Rahmen der vorliegenden Prüfungen wurden die Messeinrichtungen ausschließlich im Monitor Modus betrieben, bei den zweikanaligen Versionen mit einer PM<sub>10</sub>-Linie und einer PM<sub>2,5</sub>-Linie.

### **Referenz Modus (nur SWAM 5a DC und SWAM 5a DC HM):**

Im Referenz Modus wird die Messeinrichtung als nochmals verbessertes, hochwertiges Ein-kanal-Messsystem genutzt. In diesem Modus wird eine Linie wie gewohnt für die PM-Probenahme genutzt und die zweite Linie durch einen am Eingang installierten Null-Filter zur Erzeugung eines Feldblindwertes genutzt. In dieser Konfiguration ist also zu jedem Messwert auch ein Feldblindwert verfügbar.

**b) Massenbestimmung**

**SWAM 5a Dual Channel Monitor / SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor**

Das Modul zur radiometrischen Massenbestimmung ist in einem mechanischen Schwenkarm so installiert, dass Quelle und Detektor fest miteinander verbunden sind und gemeinsam auf verschiedene Positionen gefahren werden können (siehe auch Abbildung 1).

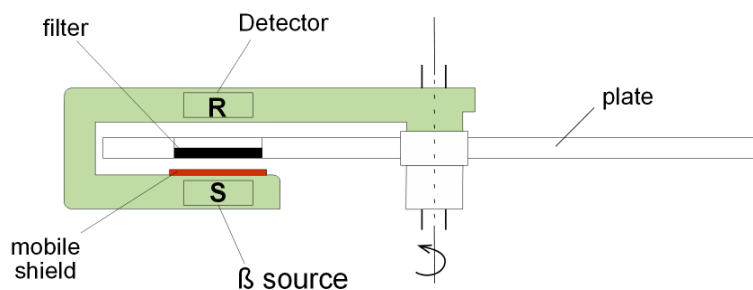
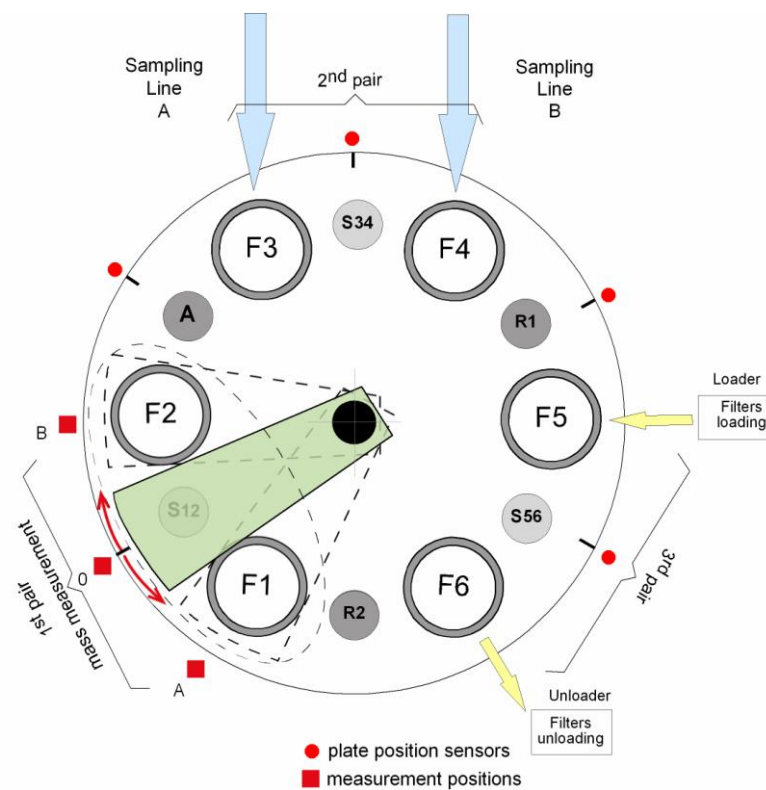


Abbildung 1: Massenbestimmung am Beispiel des SWAM5a Dual Channel Monitor

## SWAM 5a Monitor

Der radiometrische Messteil bei der einkanaligen Version SWAM 5a Monitor muss sich nicht bewegen und ist daher geometrisch fixiert (siehe auch Abbildung 2).

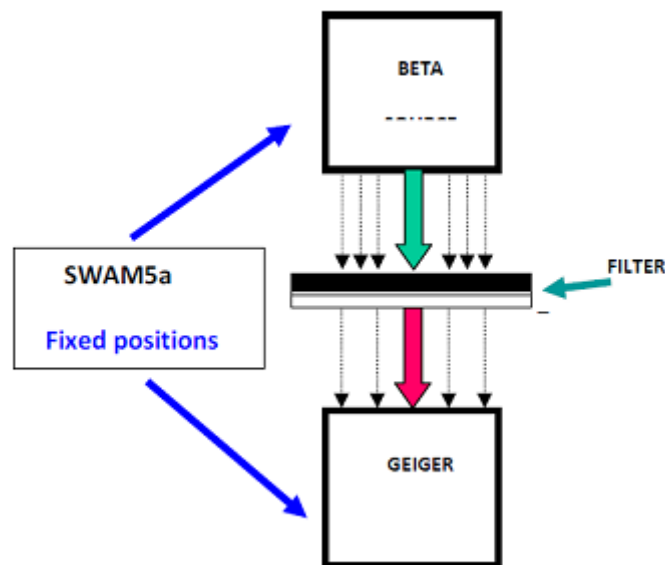


Abbildung 2: Massenbestimmung SWAM 5a Monitor

Am Beispiel der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor stellt sich ein Messzyklus wie folgt dar:

Jeder Messvorgang – gleich ob Blank (= unbeaufschlagt) oder Collect (=beaufschlagt) - besteht aus einer Abfolge von  $n$  Betastrahlenfluss-Messzyklen. In jedem Zyklus werden abwechselnd die zwei Messfilter  $F_{r1}$  und  $F_{r2}$  und der Spy-Filter  $F_s$  vermessen. Die entsprechende Matrix, die die Abfolge der Messungen in den  $n$  Messzyklen beschreibt, stellt sich wie folgt dar:

$$\begin{bmatrix} F_s^{11} & F_{r1}^1 & F_s^{12} & F_{r2}^1 & F_s^{13} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_s^{n1} & F_{r1}^n & F_s^{n2} & F_{r2}^n & F_s^{n3} \end{bmatrix} \text{ mit } 4 \leq n \leq 6$$

Die Messzeiten der radiometrischen Messungen stellen sich wie folgt dar:

- 10 min für die Messfilter  $F_r$
- 5 min für die Spy-Filter

Die Anzahl der Messzyklen  $n$  ist abhängig von der Probenahmezykluszeit:

- $n=4$  für 8 h Zykluszeit
- $n = 6$  für 12 h oder länger Zykluszeit

Dies bedeutet bei einer üblichen Zykluszeit von 24 h ( $n=6$ ), dass jeder Messfilter pro Messvorgang insgesamt 6-mal vermessen wird und der Spy-Filter 18 mal vermessen wird.

In die Messzyklen eingebunden wird darüber hinaus zur Qualitätssicherung die Messung des Hintergrundrauschens der Beta-messung (=Dark) – bei abgeschirmter Strahlenquelle – sowie die Messung des Betastrahlenflusses ohne Filter zwischen Strahlenquelle und Detektor (=Beta flux in air). Ersteres erlaubt die Bestimmung des Hintergrundrauschens, zweiteres eine Auswertung der Stabilität des Geiger-Müller-Detektors.

### **c) Pneumatisches System**

Es werden zwei Vakuumpumpen eingesetzt (bei Version SWAM 5a Monitor eine Vakuumpumpe), die das Einstellen eines Probenahmeverluststroms im Bereich von 0,5 – 2,5 m<sup>3</sup>/h erlauben. Die Regelung der Durchflussrate erfolgt kontinuierlich über ein Regulierventil, welches über einen Schrittmotor eingestellt wird.

Zwei Magnetventile in jedem Probenahmeweg erlauben das Umschalten des pneumatischen Systems von der Probenahmeeinstellung auf die Spantesteinstellung (automatische Überprüfung der Kalibrierung der Durchflussratenmessung) sowie auf die Leckagetesteinstellung (automatische Überprüfung der Dichtheit des pneumatischen Systems)

Die drei möglichen Einstellungen stellen sich wie folgt dar (siehe Abbildung 3):

- Probenahme: EV1 offen, EV2 geschlossen
- Leckage-Test: EV1 geschlossen, EV2 geschlossen
- Span-Test: EV1 geschlossen, EV2 offen

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 31 von 240

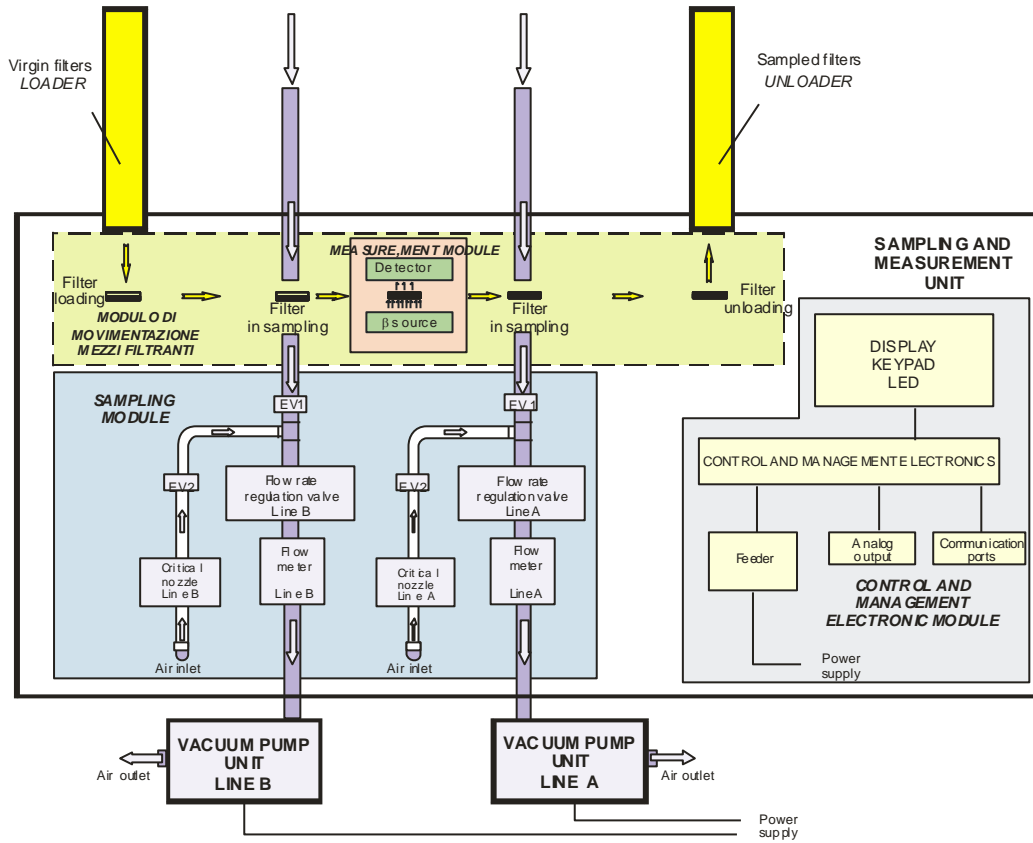


Abbildung 3: Schematischer Aufbau Probenahmeinheit, 2 Kanal-Version



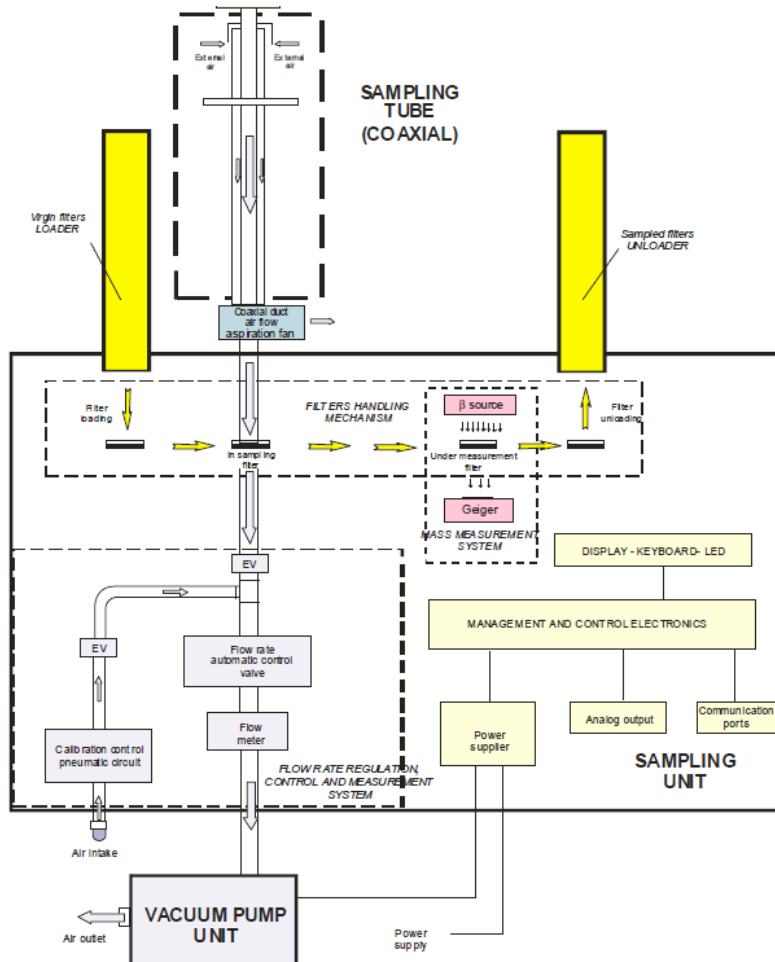


Abbildung 4: Schematischer Aufbau Probenahmeinheit, 1 Kanal-Version

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 33 von 240

Die Messung der Probenahmeflussrate erfolgt gemäß der physikalischen Gesetzmäßigkeiten beim Durchgang von Luft durch eine Düse – diese ist in der Messeinrichtung hinter dem Regulierventil platziert.

Wenn man den Druck hinter der Düse  $P_p$ , den Druckverlust an der Düse  $\Delta P$  und die Lufttemperatur  $T_m$  im Bereich der Düse misst, ist es möglich, die normierte Flussrate  $Q_s$  wie folgt zu berechnen:

$$Q_s = f(z) \text{ mit } z = \sqrt{\frac{\Delta p \cdot (2P_p - \Delta p)}{T_m}}$$

Die Funktion  $f(z)$  wird bei der Messeinrichtung über ein Polynom zweiter Ordnung angenähert, dessen Koeffizienten mittels einer Mehrpunktkalibrierung ermittelt werden.

#### **d) Filtermanagement**

Die Messeinrichtung kann mit bis zu maximal 72 Filtern bestückt werden. Am Ende jedes Probenahme- und Messzyklus können die beaufschlagten Filter dem Entlademagazin entnommen werden.

Das Filtermanagementsystem besteht im Wesentlichen aus den folgenden Komponenten:

- Drehplatte, nimmt Messfilter F, Spy Filter S (nicht SWAM 5a Monitor), Referenzfolien R auf und enthält ein Loch A zur Messung des Betastrahlenflusses in Luft
- Lademagazin für unbeaufschlagte Filter
- Vorrat an unbeaufschlagten Filtern (im Innern der Messeinrichtung)
- Entlademagazin für beaufschlagte Filter
- Pneumatikkolben zum Filterladen bzw. –entladen
- Pneumatikkolben zur „Fixierung“ der Filter auf der Probenahmeposition

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die bauliche Ausführung des Filtermanagementsystems am Beispiel der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor.

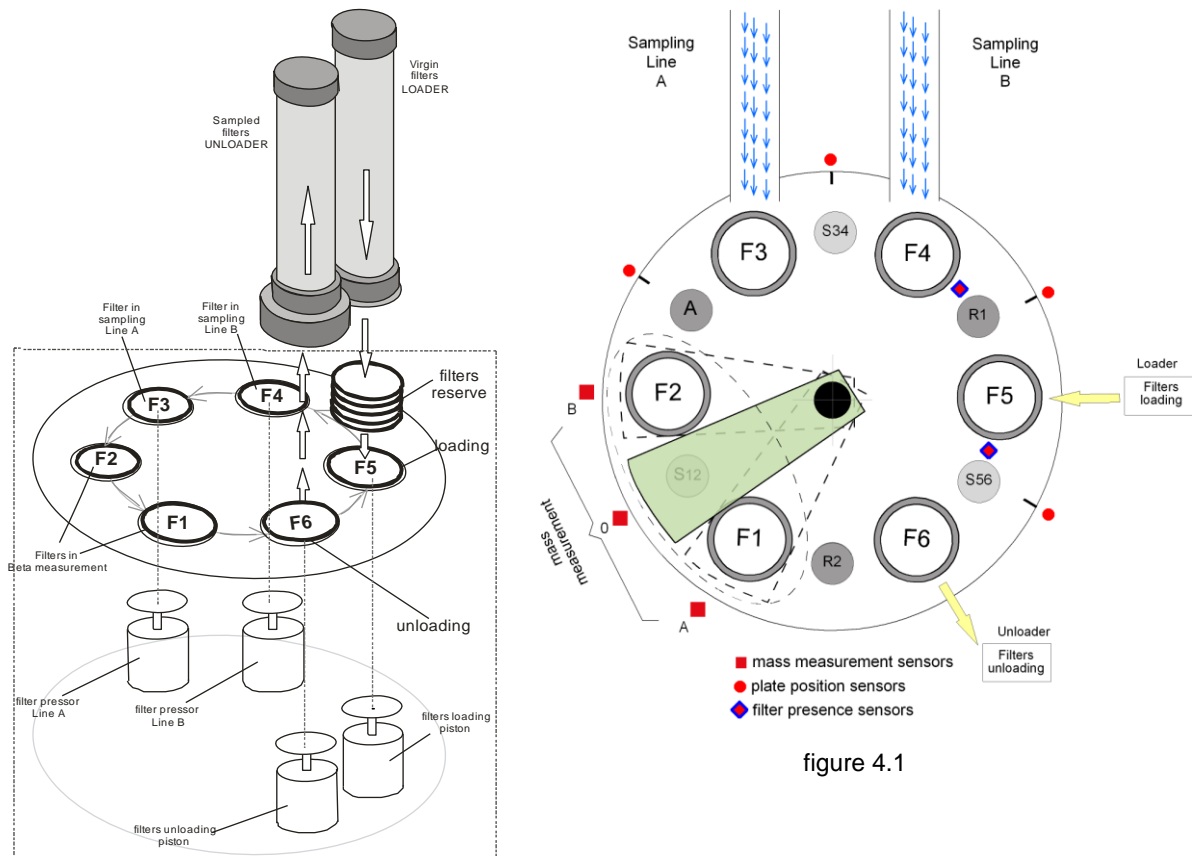


figure 4.1

Abbildung 5: Filtermanagementsystem

Die Messfilter ( $\varnothing$  47 mm) werden in spezielle Filterhalter eingelegt. Je nach zu erwartender Staubmenge auf dem Filter, können Filterhalter mit verschieden großen Beaufschlagungsflächen (von 2,54 cm<sup>2</sup> für sehr niedrige Staubmengen bis zu 11,95 cm<sup>2</sup> für sehr hohe Staubmengen bei SWAM 5a Dual Channel Monitor bzw. SWAM 5a Monitor, 2,27 cm<sup>2</sup> für SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor) für den Staub eingesetzt werden. Die verwendete Beaufschlagungsfläche ist bei der Parametrierung der Messeinrichtung zu berücksichtigen

Im Rahmen der Eignungsprüfung werden bei SWAM 5a Dual Channel Monitor bzw. SWAM 5a Monitor Filterhalter mit einer Beaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> eingesetzt, bei SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor entsprechend 2,27 cm<sup>2</sup>.

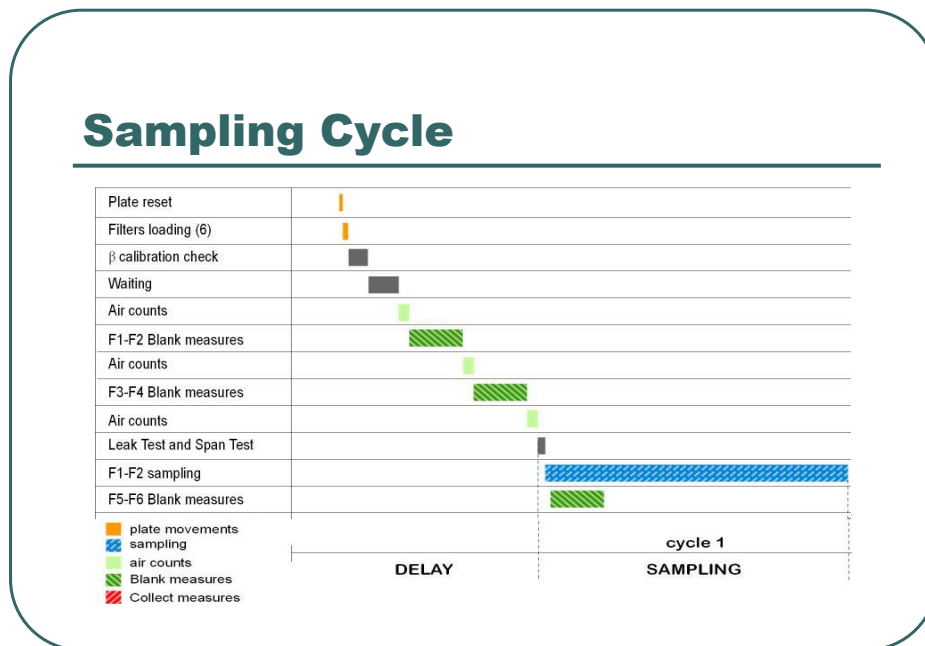
Die Filterhalter mit den unbeaufschlagten Filtern werden in das Lademagazin eingelegt. Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde das Lademagazin der Messeinrichtung mit 36 Filtern bestückt. Beim Parallelbetrieb von 2 Linien und einer Zykluszeit von 24 h, kann die Messeinrichtung entsprechend für eine Dauer von maximal 18 Tagen ohne das Nachladen von Filtern eingesetzt werden. Das Nachladen der Filter kann ohne Unterbrechung des Betriebs der Messeinrichtung zu jeder Zeit erfolgen.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

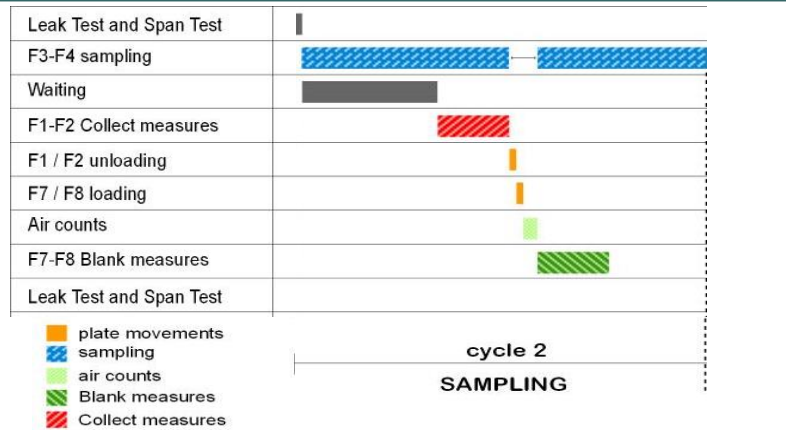
Seite 35 von 240

**e) Schematische Darstellung der Abfolge der Einzelschritte während 3 aufeinanderfolgenden Probenahmezyklen**

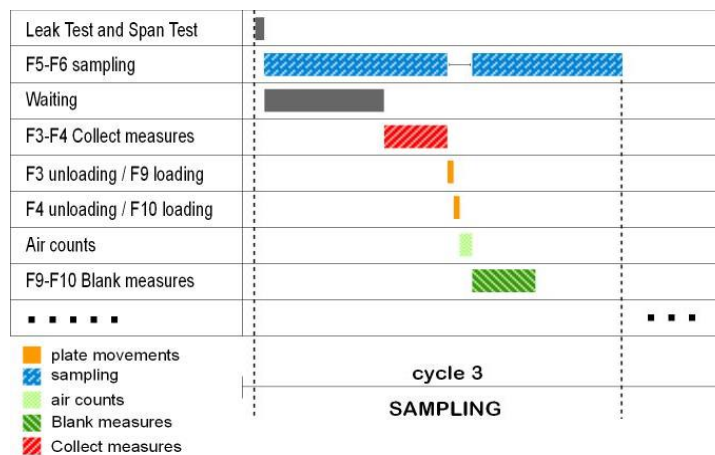
Die nachfolgende schematische Darstellung der Abfolge der Einzelschritte während 3 aufeinanderfolgenden Probenahmezyklen zeigt die Funktionsweise der Messeinrichtung und die jeweiligen Positionen der Filter im Gerät.



## Sampling Cycle



## Sampling Cycle



## **f) Qualitätssicherung**

Um die korrekte Funktion der Messeinrichtung zu überprüfen und sicherzustellen, besitzt die Messeinrichtung verschiedene interne Tests zur Qualitätskontrolle:

Die Ergebnisse dieser Qualitätskontrollen können in den gespeicherten Daten pro Messung eingesehen werden. Bei Überschreitungen von festgelegten Grenzen erfolgen bei einigen der überwachten Parametern Warnungs- bzw. Alarmmeldungen.

Eine Übersicht der Warnungs- bzw. Alarmmeldungen ist in den jeweiligen Anhängen im Handbuch verfügbar.

Folgende Parameter werden u.a. überwacht

- Dichtheit des pneumatischen Systems (vor jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Durchflusskalibrierung (vor jedem Messzyklus)
- Stabilität der Durchflussrate (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Druckverlust am Messfilter (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Überwachung der Druck- und Temperatursensoren (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Hintergrundrauschen der Betamessung (vor jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Stabilität des Geigerzählers (kontinuierlich während jedem Messzyklus)
- Überprüfung der Massenklibrierung (vor jedem Neustart oder manuell ausgelöst zu Beginn des nächsten Messzyklus)
- Einsatz von Sensoren zur Überprüfung der korrekten mechanischen Funktionsweise

### 3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

SWAM 5a Dual Channel Monitor / SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor:

Die Messeinrichtung besteht aus den 2 Probenahmeköpfen (PM<sub>10</sub> & PM<sub>2,5</sub>), den 2 Ansaugrohren, den 2 Vakuumpumpen, dem Messgerät, dem Kompressor zur Erzeugung der Druckluft, sowie den beiden Filtermagazinen für die unbeaufschlagten und die beaufschlagten Filter.

SWAM 5a Monitor

Die Messeinrichtung besteht aus 1 Probenahmekopf (PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub>), 1 Ansaugrohr, 1 Vakuumpumpe, dem Messgerät, dem Kompressor zur Erzeugung der Druckluft, sowie den beiden Filtermagazinen für die unbeaufschlagten und die beaufschlagten Filter.

Nachfolgend werden die Einzelkomponenten beschrieben:

#### Messgerät / Zentraleinheit

Die Zentraleinheit der Messeinrichtung enthält alle servo-mechanischen Bauteile, den pneumatischen und radiometrischen Messteil und alle elektronische Einrichtungen und Mikroprozessoren zum Betrieb, Steuerung und Kontrolle der Messeinrichtung. Auf der Frontseite befindet sich das Bedienpanel mit Display, auf der Rückseite alle pneumatischen und elektrischen Anschlüsse sowie die Kommunikationsschnittstellen. Auf der Oberseite werden die Filtermagazine und die Ansaugrohre installiert.



Abbildung 6: Messgerät SWAM 5a Dual Channel Monitor

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 39 von 240



Abbildung 7: Messgerät SWAM 5a Monitor

### **Vakuumpumpe**

Die Vakuumpumpen saugen die Umgebungsluft durch die Probenahmeköpfe, durch die Ansaugrohre und durch die 2 Filter (bei SWAM 5a Monitor nur 1 Pumpe bzw. 1 Filter). Sie bestehen aus einer Kolbenpumpe mit einer vorgeschalteten Einheit zur Dämpfung von Druckschwankungen. Die automatische Regulierung der Flussrate erfolgt unabhängig voneinander für beide Probenahmelinien.

Prinzipiell können auch andere Pumpentypen (z.B. Graphitdrehchieberpumpen) eingesetzt werden, so lange die erforderliche Pumpenperformance zu jeder Zeit gewährleistet werden kann.



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor- SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B



Abbildung 8: Vakuumpumpe

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 41 von 240

### **Kompressor zur Erzeugung von Druckluft**

Um die notwendigen servo-mechanischen Bewegungen im Gerät durchzuführen (z.B. Be- und Entladevorgänge von Filtern in die entsprechenden Magazine), benötigt das System Druckluft (200 – 300 kPa). Die erforderliche Druckluft wird in einem Kompressor erzeugt.



Abbildung 9: Kompressor zur Erzeugung von Druckluft

### **Probenahmeköpfe**

Die Messeinrichtung ist mit zwei Probenahmeköpfen für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> bestückt. Die Probenahmeköpfe werden vom Gerätehersteller hergestellt und sind für verschiedene Flussraten verfügbar (2,3 m<sup>3</sup>/h oder 1 m<sup>3</sup>/h).

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurden Probenahmeköpfe für 2,3 m<sup>3</sup>/h Durchsatz eingesetzt, die in ihrer Bauart den Vorgaben der zum Zeitpunkt der Prüfung gültigen Referenzrichtlinien DIN EN 12341:1998 (PM<sub>10</sub>) und DIN EN 14907: 2005 (PM<sub>2,5</sub>) entsprechen.

Die Richtlinien DIN EN 12341: 1998 und DIN EN 14907:2005 wurden mittlerweile überarbeitet und zusammengefasst in der neuen Richtlinie DIN EN 12341 (Ausgabe August 2014). Im Anhang A zur neuen Richtlinie befinden sich die normativen Vorgaben für Design und Bauart der Standard-Probeneinlässe für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> für eine Durchflussrate von 2,3 m<sup>3</sup>/h. Die Vorgaben an die Standard-Probeneinlässe wurden im Zuge der Neuauflage der Richtlinie insbesondere für PM<sub>10</sub> gegenüber der Vorgängerrichtlinie leicht modifiziert. Daher hat die Firma FAI Instruments s.r.l. nun auch Probeneinlässe gemäß der neuen Richtlinie DIN EN 12341 (Ausgabe August 2014) im Portfolio, die alternativ für die Messeinrichtung zum Einsatz kommen können.

Die neuen Probeeinlässe haben die eindeutige Bezeichnung PM10-EN12341-2014 bzw. PM2.5-EN12341-2014 und werden nach den Vorgaben des Anhang A der Richtlinie DIN EN 12341 (Ausgabe August 2014) gefertigt.



Abbildung 10: Probenahmeköpfe FAI

### **Ansaugrohr**

Die mit angesaugten Partikeln beladene Umgebungsluft durchläuft nach Passieren des Probenahmekopfes das Ansaugrohr bis sie schließlich auf den Filter trifft.

Wird ein hoher Anteil an flüchtigen Staubbestandteilen erwartet, dann kann das Ansaugrohr optional co-axial mit Umgebungsluft umspült werden (oder auf Wunsch auch aktiv beheizt oder gekühlt werden).

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung erfolgte weder ein Umspülen des Ansaugrohrs mit Umgebungsluft noch eine aktive Heizung oder Kühlung. Das Ansaugrohr wurde innerhalb des Messschanks lediglich zur Isolierung mit Schaumstoff umwickelt.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 43 von 240

Für den Feldtest waren die Messsysteme in einem vom Gerätehersteller speziell entwickelten und vertriebenen Outdoor-Messschrank eingebaut. Der Messschrank besteht aus mindestens 3 Modulen:

Modul 1 zur Aufnahme der Messeinrichtung

Modul 2 zur Aufnahme der Schrankklimatisierung

Modul 3 zur Aufnahme der Pumpen und des Druckluftkompressors

Die Messeinrichtung kann selbstverständlich auch in jede konventionelle Messstation eingebaut werden – es ist hier allerdings zu beachten, dass zur Installation der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor zwei Dachdurchführungen für die beiden Probenahmelinien vorzusehen sind.



Abbildung 11: Outdoor-Messschranke am Feldteststandort Bonn, Belderberg



Abbildung 12: SWAM 5a Dual Channel Monitor in Outdoor-Messschrank

Die Bedienung der Messeinrichtung erfolgt über eine Folientastatur in Kombination mit einem Display an der Frontseite des Gerätes. Dort werden alle erforderlichen Parameter (z.B. Probenahmezeit) eingestellt. Zudem können hier Informationen zum aktuellen Gerätestatus (laufende Probenahme), die gespeicherten Daten der abgeschlossenen Messungen sowie zahlreiche Parameter zur Qualitätssicherung eingesehen werden.

Neben dieser direkten Kommunikation via Bedientasten/Display besteht darüber hinaus die Möglichkeit, das Gerät komplett über die serielle Schnittstellen RS-232 mittels einem handelsüblichen Terminalprogramm (z.B. Hyperterminal) oder der Bediensoftware Dr. FAI Manager (Version 0.6.6.0 in Eignungsprüfung) zu kontrollieren, zu steuern und zu parametrieren – entweder direkt via PC oder indirekt via GSM-Modem. Über diesen Weg ist es bequem möglich, die gespeicherten Daten als Text-File auszulesen und zur Weiterverarbeitung bereitzustellen. Abbildung 13 bis Abbildung 19 geben einen Überblick über die zur Verfügung stehenden Informationen / Kontroll- und Steuermöglichkeiten via Dr. FAI Manager.

Über einen Analogausgang können auf Wunsch Messwerte und Statusmeldungen ausgegeben werden.

Zudem besitzt die Messeinrichtung die Möglichkeit, den Nutzer per SMS-Service über den Gerätezustand und die letzten Messwerte zu informieren.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 45 von 240

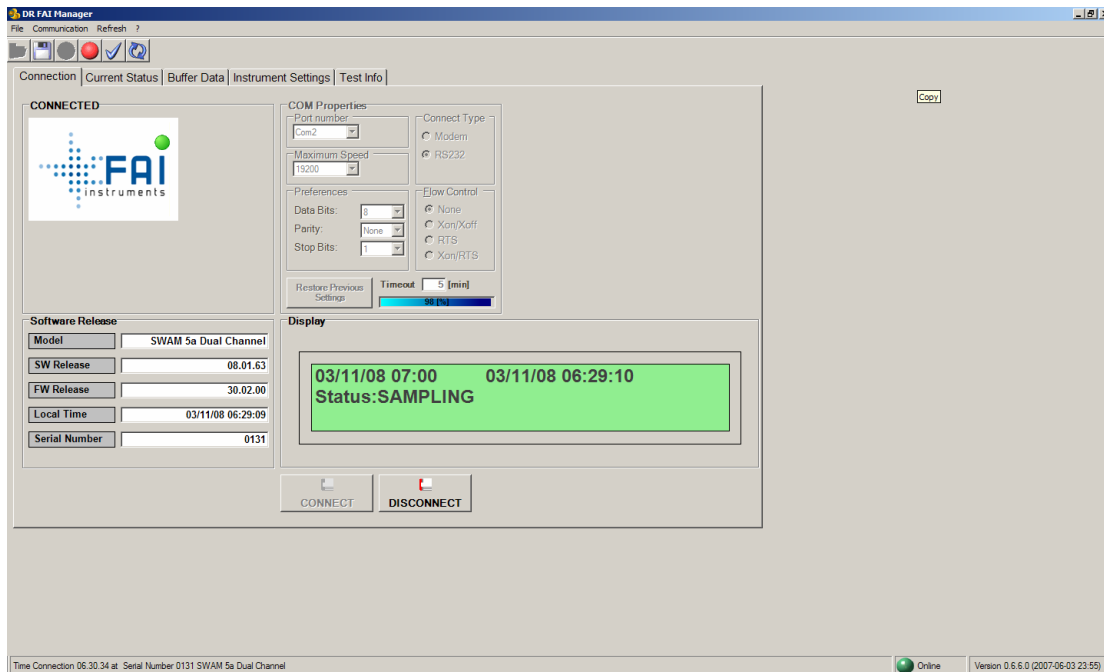


Abbildung 13: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Hauptbildschirm)

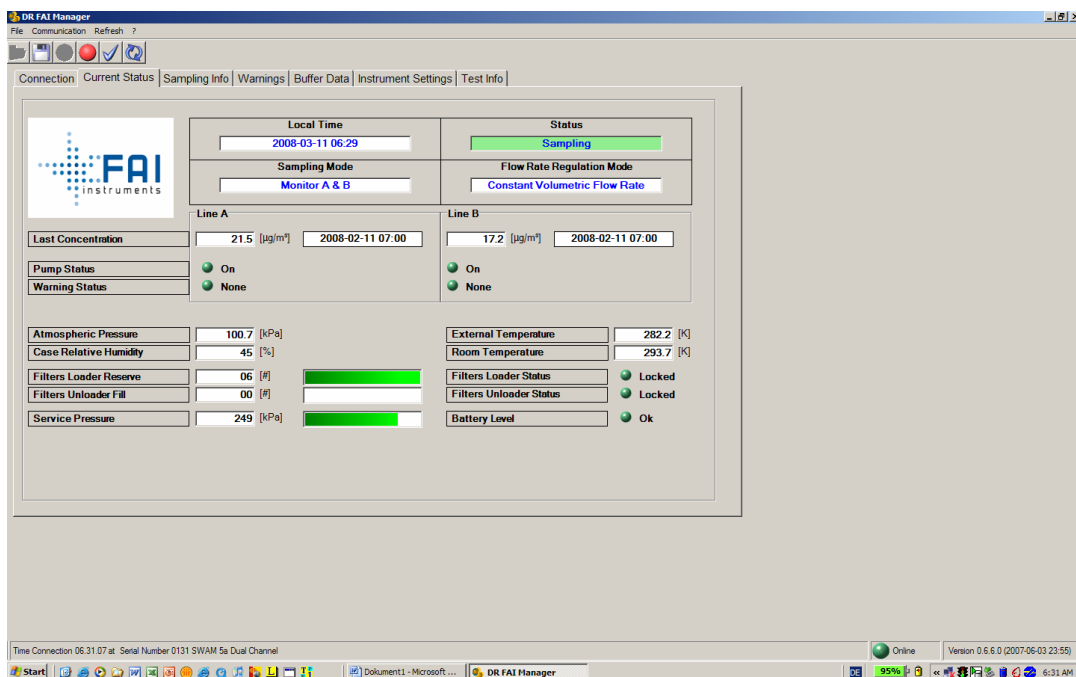


Abbildung 14: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Aktueller Status)

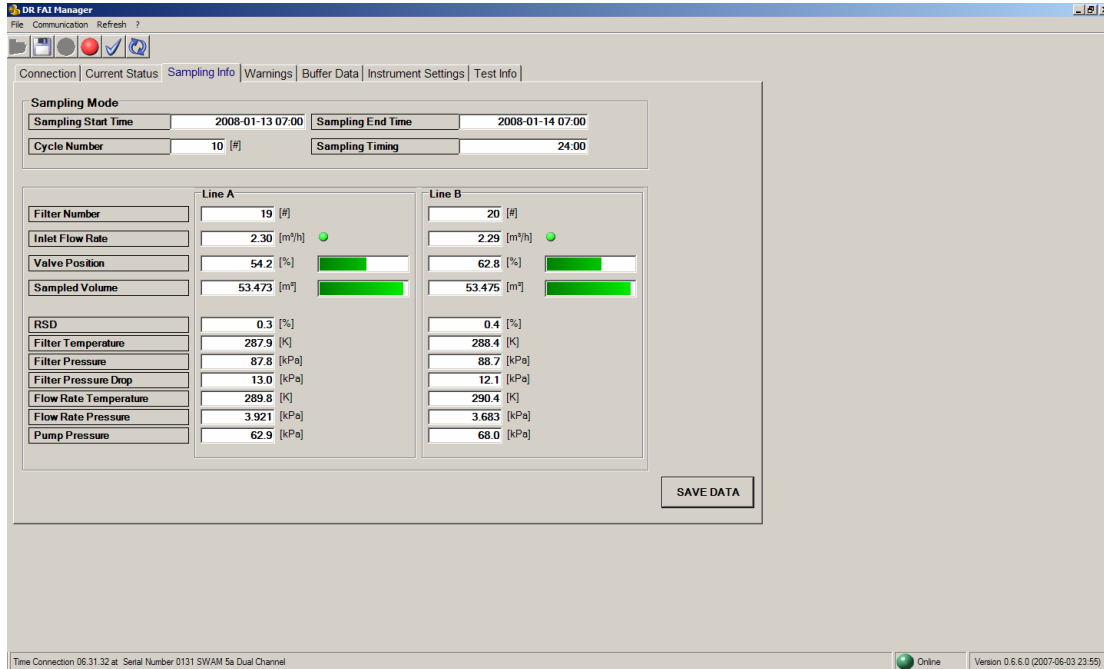


Abbildung 15: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Probenahme Information)

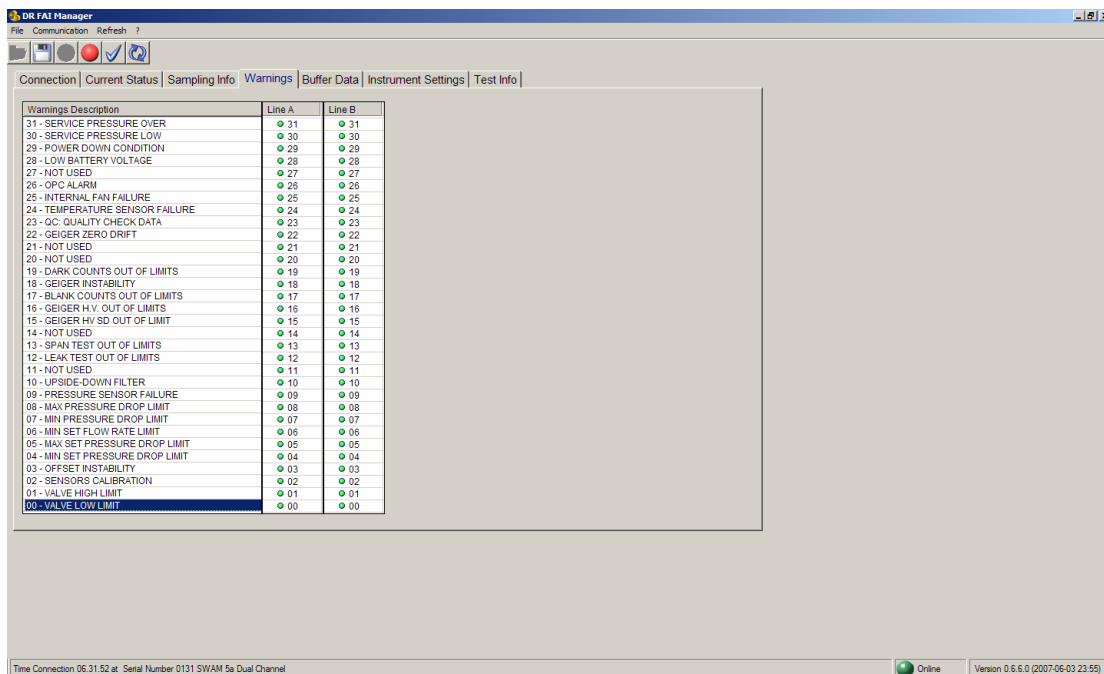


Abbildung 16: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Warnmeldungen)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 47 von 240

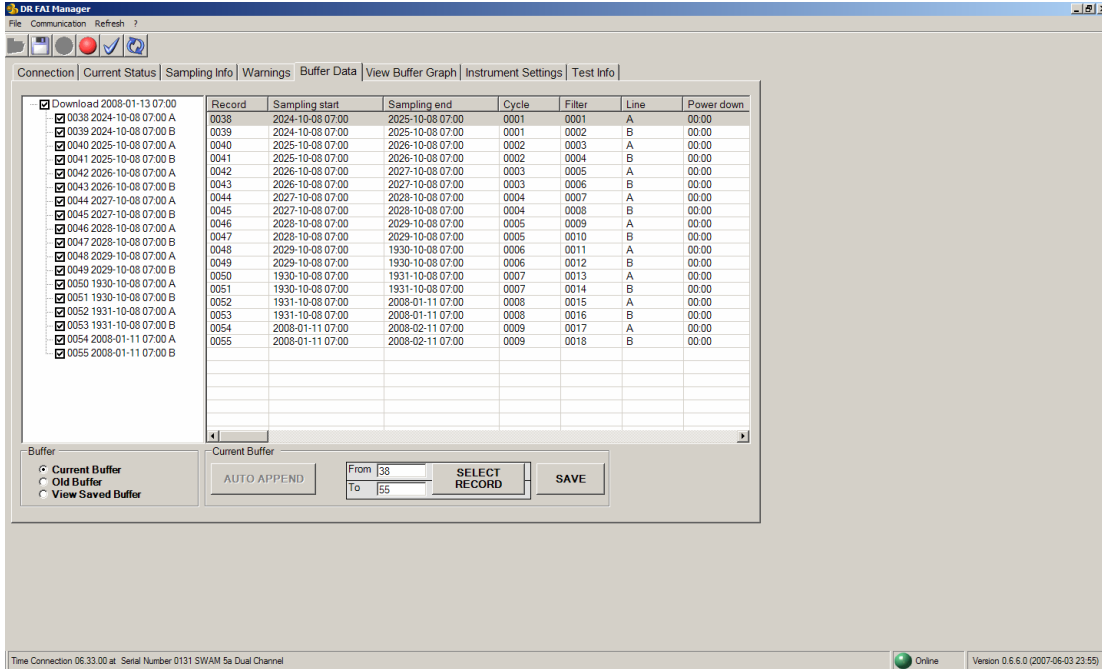


Abbildung 17: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Datenspeicher)

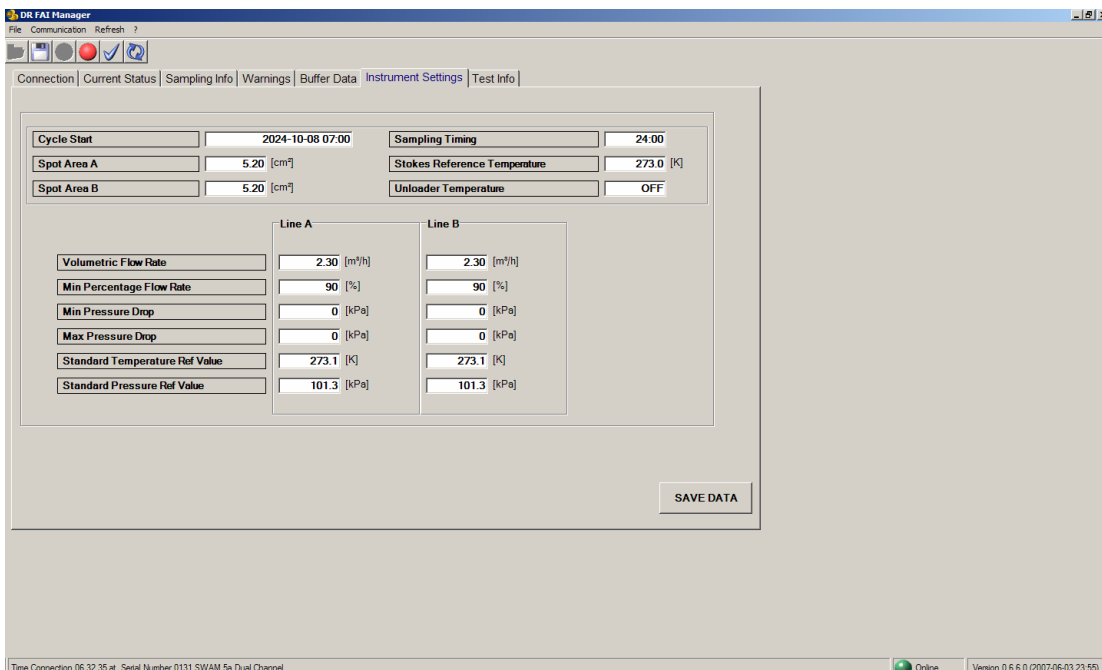


Abbildung 18: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Parametrierung des Systems)



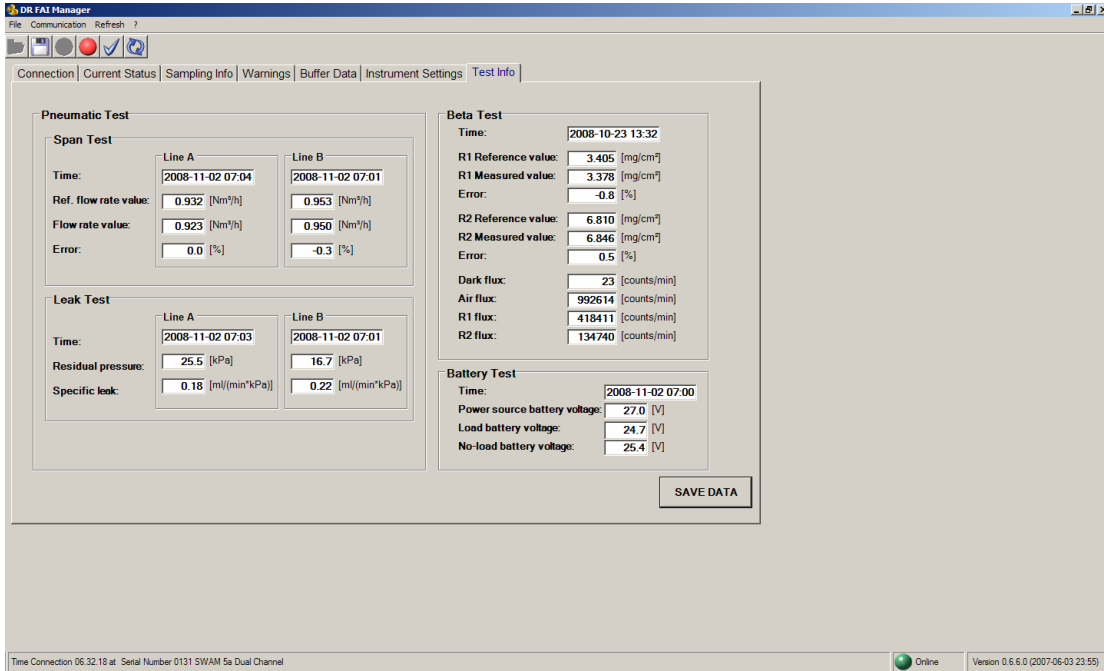


Abbildung 19: Bediensoftware Dr. FAI Manager (Ergebnisse interner Tests)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 49 von 240

Zur Nullpunktüberprüfung und Offset-Bestimmung der Messeinrichtung wird anstelle des Probenahmekopfes ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.

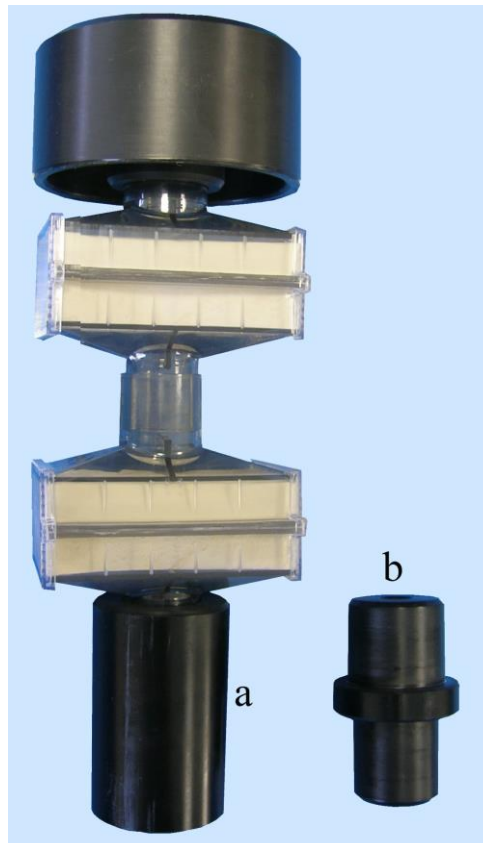


Abbildung 20: Nullfilter (a = Nullfilter, b = Adapter zum Anschluss an Ansaugrohr)

Nach jedem Neustart des Gerätes (oder auch manuell auslösbar zu Beginn des nächsten Messzyklus) kann die radiometrische Kalibrierung mit Hilfe von zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte überprüft werden. Die erhaltenen Werte werden mit den entsprechenden Vorgabewerten verglichen und als %-Abweichung angegeben. Das Ergebnis des jeweilig letzten „Beta Span Test“ kann zu jeder Zeit aufgerufen werden.

Zur Überprüfung und ggf. Neukalibrierung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller zudem einen Satz mit Aluminiumreferenzfolien zur Verfügung. Der Foliensatz besteht aus 6 Folien. Das erforderliche Prozedere ist ausführlich im Handbuch zum Gerät beschrieben.

Tabelle 5 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes vom Typ SWAM 5a.

Tabelle 5: Gerätetechnische Daten Typ SWAM 5a (Herstellerangaben)

<b>Abmessungen / Gewicht</b>	<b>SWAM 5a</b>
Messgerät	430 x 540 x 370 mm / 36 kg (SWAM 5a DC/DC HM) 430 x 540 x 240 mm / 33 kg (SWAM 5a)
Vakuumpumpe	200 x 320 x 200 mm / 10 kg
Kompressor	180 x 320 x 200 mm / 18 kg
Probenahmerohr	1,5 m
Probenahmekopf	FAI, 2,3 m <sup>3</sup> /h, PM10 & PM2,5
Outdoor-Messschrank	700 x 700 x 1950 mm / 95 kg
<b>Energieversorgung</b>	230 V $\pm$ 10 %, 50 Hz
<b>Leistungsaufnahme</b>	max. 1.200 W / 1000 W (SWAM 5a)
<b>Umgebungsbedingungen</b>	
Temperatur	+5 - +40 °C in Eignungsprüfung
Feuchte	nicht kondensierend (<85 %)
<b>Probenflussrate</b>	0,8 – 2,5 m <sup>3</sup> /h, programmierbar 2,3 m <sup>3</sup> /h = 38,33 l/min in Eignungsprüfung
<b>Radiometrie</b> <b>Strahler</b>	<sup>14</sup> C, 3,7 MBq (100 $\mu$ Ci)
<b>Detektor</b>	Geiger-Müller
<b>Massenbestimmung</b>	
Messbereich Massendichte	10 mg/cm <sup>2</sup>
Vergleichspräzision Massendichtebestimmung	$\pm$ 2 $\mu$ g/cm <sup>2</sup>

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 51 von 240

Beaufschlagungsfläche ( $\beta$ -Equivalent Spot Area) in cm <sup>2</sup> , abhängig von Filtermaterial, Durchflussrate und Konzentrationslevel	2,54 / 5,20 / 7,07 / 11,95 (SWAM 5a DC / SWAM 5a) 2,27 (SWAM 5a DC HM)
Vergleichspräzision Massenbestimmung	$\pm 10 \mu\text{g}$ bei einer Beaufschlagungsfläche von 5,2 cm <sup>2</sup>
<b>Probenahme</b>	
Filterwechselzeit (Zykluszeit)	einstellbar, 8 – 12 – 24 – 48 – 72 – 96 – 120 – 144 – 168 h  1h bei SWAM 5a DC HM
Maximal erlaubte Druckverlust am Filter	40 kPa bei 2,3 m <sup>3</sup> /h
<b>Speicherkapazität Daten (intern)</b>	1.500 Datensätze
<b>Gespeicherte Daten pro Messung</b>	siehe Handbuch
<b>Analogausgang</b>	0 – 5 V – parametrierbar, Standardeinstellung 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , andere möglich
<b>Digitalausgang</b>	2 x RS 232 (für PC und für Modem) – Schnittstelle zur Datenübertragung und Fernsteuerung
<b>Statussignale / Fehlermeldungen</b>	vorhanden, Übersicht siehe Handbuch

## 4. Prüfprogramm

### 4.1 Allgemeines

Die ursprüngliche Eignungsprüfung [11] erfolgte an zwei identischen Geräten vom Typ SWAM 5a Dual Channel Monitor mit den Seriennummern SN 127 und SN 131. Der Standort Teddington erfolgte parallel zu den deutschen Prüfungen im Rahmen des fix terminierten Testprogramms „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing Programme“ mit zwei baugleichen Geräten mit den Seriennummern SN 145 und SN 149.

Zu Beginn der Eignungsprüfung war die Softwareversion Version Rel 04-08.01.63-30.02.00 auf den Prüflingen installiert. Während der Prüfung wurde die Software beständig bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 weiterentwickelt und optimiert.

Es ist durch die durchgeführten Änderungen bis zur Version Rel 04-08.01.65-30.02.00 kein Einfluss auf die Geräteperformance zu erwarten.

Die ursprüngliche Prüfung umfasste einen Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen sowie einen mehrmonatigen Feldtest an verschiedenen Feldteststandorten in Deutschland und England.

Die Zusatzuntersuchungen im Rahmen der Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 111 und SN 112 sowie zusätzlich an zwei identischen Geräten der bereits zugelassenen Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor mit den Seriennummern SN 127 und SN 131 [12].

Die Zusatzuntersuchungen im Rahmen der Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Monitor erfolgte an insgesamt vier bis auf die Probeneinlässe identischen Geräten mit den Seriennummern SN 329 und SN 330 (für PM<sub>10</sub>) und SN 331 und SN 333 (für PM<sub>2,5</sub>) sowie zusätzlich an zwei identischen Geräten der bereits zugelassenen Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor mit den Seriennummern SN 248 und SN 249 [13].

Die neuen Untersuchungen für die Prüfpunkte 6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4), 6.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8) und 6.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9) erfolgten an zwei identischen Geräten der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor mit den Seriennummern SN 111 und SN 395.

Während der Zusatzuntersuchungen war auf den Prüflingen die jeweilig aktuelle, zum Prüfungszeitpunkt bekanntgegebene, Softwareversion installiert.

Alle ermittelten Konzentrationen werden in µg/m<sup>3</sup> (Betriebsbedingungen) angegeben.

Das vorliegende Addendum enthält nun eine Beurteilung der Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a (Versionen SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor) im Hinblick auf die Anforderungen gemäß der Richtlinie DIN EN 16450 [9].

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß [9] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

## **4.2 Laborprüfung**

Die Laborprüfung erfolgte in der bereits vorliegenden Eignungsprüfung [11]. Die Prüfergebnisse konnten für den vorliegenden Bericht entweder direkt oder nach Neuauswertung übernommen werden.

Für folgende Prüfpunkte musste in 2017 zusätzlich eine neue Prüfung durchgeführt werden:

- Genauigkeit des Volumenstroms
- Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung
- Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration

Folgende Geräte kamen für die Laboruntersuchungen zur Ermittlung der Verfahrenskenngrößen zum Einsatz:

- Klimakammer (Temperaturbereich von  $-20\text{ °C}$  bis  $+50\text{ °C}$ , Genauigkeit besser als  $1\text{ °C}$ )
- Trennstelltrafo
- 1 Referenzdurchflussmesser vom Typ BIOS Met Lab 500 (Hersteller: Mesa Lab)
- Null-Filter (Absolute Filter) zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft
- Referenzfolien R1&R2 (im Gerät implementiert)

Das Auslesen der Messwerte erfolgte via der Bediensoftware DR FAI Manager mit Hilfe eines Notebooks.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

### 4.3 Feldtest

Der Feldtest für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor [11] wurde an den Standorten Köln (Parkplatzgelände, 2007), Bonn (Belderberg) und Brühl mit 2 baugleichen Messeinrichtungen mit den folgenden Seriennummern durchgeführt:

- Gerät 1: Nr. SN 127 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)
- Gerät 2: Nr. SN 131 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)

Die Untersuchungen in Teddington (UK) erfolgten im Rahmen des „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing“ Programms mit einem zweiten, baugleichen Gerätesatz mit den folgenden Seriennummern durchgeführt:

- Gerät 1: Nr. SN 145 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)
- Gerät 2: Nr. SN 149 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)

Im Rahmen der Zusatzuntersuchungen zur Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor wurde am Standort Köln (Parkplatzgelände, 2011) eine Vergleichskampagne mit den folgenden Geräten durchgeführt [12]:

- Gerät 1: Nr. SN 111 (SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor)
- Gerät 2: Nr. SN 112 (SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor)
- Gerät 3: Nr. SN 127 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)
- Gerät 4: Nr. SN 131 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)

Im Rahmen der Zusatzuntersuchungen zur Zulassung der Geräteversion SWAM 5a Monitor wurde am Standort Bornheim eine Vergleichskampagne mit den folgenden Geräten durchgeführt [13]:

- Gerät 1: Nr. SN 329 (SWAM 5a Monitor, PM<sub>10</sub>)
- Gerät 2: Nr. SN 330 (SWAM 5a Monitor, PM<sub>10</sub>)
- Gerät 3: Nr. SN 331 (SWAM 5a Monitor, PM<sub>2,5</sub>)
- Gerät 4: Nr. SN 333 (SWAM 5a Monitor, PM<sub>2,5</sub>)
- Gerät 5: Nr. SN 248 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)
- Gerät 6: Nr. SN 249 (SWAM 5a Dual Channel Monitor)

Im Zuge der Betrachtung des Gesamtdatensatzes für die Äquivalenzprüfung der Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor, wurden die Datensätze aller 6 vorhandenen Vergleichskampagnen vereinigt um einen möglichst umfassenden und robusten Datenpool zur Verfügung zu stellen.

Die Prüfergebnisse konnten für den vorliegenden Bericht entweder direkt oder nach Neuauswertung übernommen werden. Es musste keine neuen Prüfungen durchgeführt werden.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 55 von 240

Für den Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Outdoor-Messschränke der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Prüflinge
- Messcontainer des TÜV Rheinland, klimatisiert auf ca. 20 °C bzw. Messstation DEFRA in Teddington
- Wetterstation (WS 777 der Fa. Conrad Elektronik AG / WS 500 der Fa. ELV Elektronik AG bzw. MK III Series der Fa. Rainwise (US) in UK) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte SEQ47/50 oder LVS3 für PM<sub>10</sub> gemäß Punkt 5 (Deutschland) bzw. LVS3 (UK)
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für PM<sub>2.5</sub> gemäß Punkt 5 (Deutschland und UK)
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme Metraterster 5 (Hersteller: Fa. Gosson Metrawatt)
- Null-Filter zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft
- Referenzfolien R1&R2 (im Gerät implementiert)

Im Feldtest liefen jeweils für 24h zeitgleich die jeweiligen Prüflinge der Fa. FAI Instruments s.r.l., zwei Referenzgeräte für PM<sub>10</sub>, zwei Referenzgeräte für PM<sub>2,5</sub> und ein Klassiergerät (nur Köln, Parkplatz 2007, Bonn, Brühl). Das Klassiergerät sowie die Referenzgeräte für PM<sub>2,5</sub> (alle Standorte) und für PM<sub>10</sub> (Standort Teddington (UK), Köln, Parkplatz 2011 und Bornheim) arbeiten diskontinuierlich, d. h. nach erfolgter Probenahme müssen die Filter manuell gewechselt werden.

Die Impaktionsplatten der PM<sub>10</sub>- sowie der PM<sub>2,5</sub>-Probenahmeköpfe wurden ca. alle 2 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten.

Bei den Prüflingen sowie bei den Referenzgeräten wurde der Durchfluss vor und nach dem Feldtest, sowie vor und nach jedem Standortwechsel, mit einer trockenen Gasuhr bzw. einem Massendurchflussmesser, die über eine Schlauchleitung an der Lufteintrittsöffnung des Gerätes angeschlossen ist, überprüft.



### Messstandorte und Messgerätstandorte

Die Messgeräte wurden im Feldtest in eigenständigen Outdoor-Messschränken installiert. Es wurde bei der Aufstellung darauf geachtet, dass die Messschränke mit den Prüflingen möglichst räumlich nahe bei den Referenzsystemen installiert wurden.

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 6: Feldteststandorte

Nr.	Version	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	SWAM 5a DC	Köln, Parkplatzgelände, 2007	10/2007 – 02/2008	Städtischer Hintergrund
2	SWAM 5a DC	Bonn, Belderberg	02/2008 – 04/2008	Verkehr
3	SWAM 5a DC	Teddington (UK)	07/2008 – 10/2008	Städtischer Hintergrund
4	SWAM 5a DC	Brühl	09/2008 – 11/2008	Kieswerk
5	SWAM 5a DC SWAM 5a DC HM	Köln, Parkplatzgelände, 2011	02/2011 – 05/2011	Städtischer Hintergrund
6	SWAM 5a DC SWAM 5a	Bornheim	08/2011 – 10/2011	Ländliche Struktur + Autobahn

Abbildung 21 bis Abbildung 32 zeigen den Verlauf der PM – Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

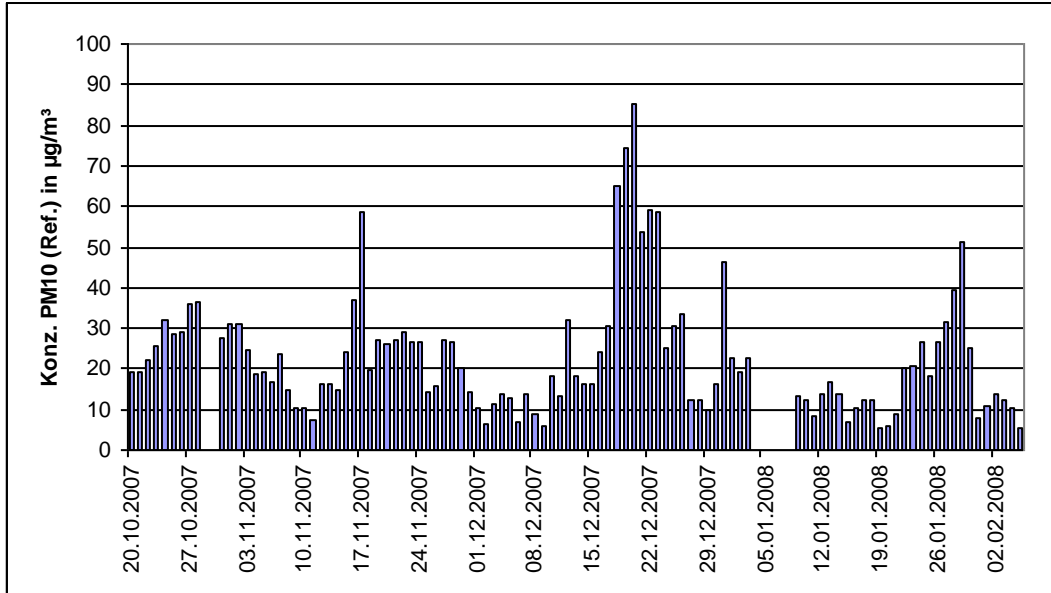


Abbildung 21: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2007“

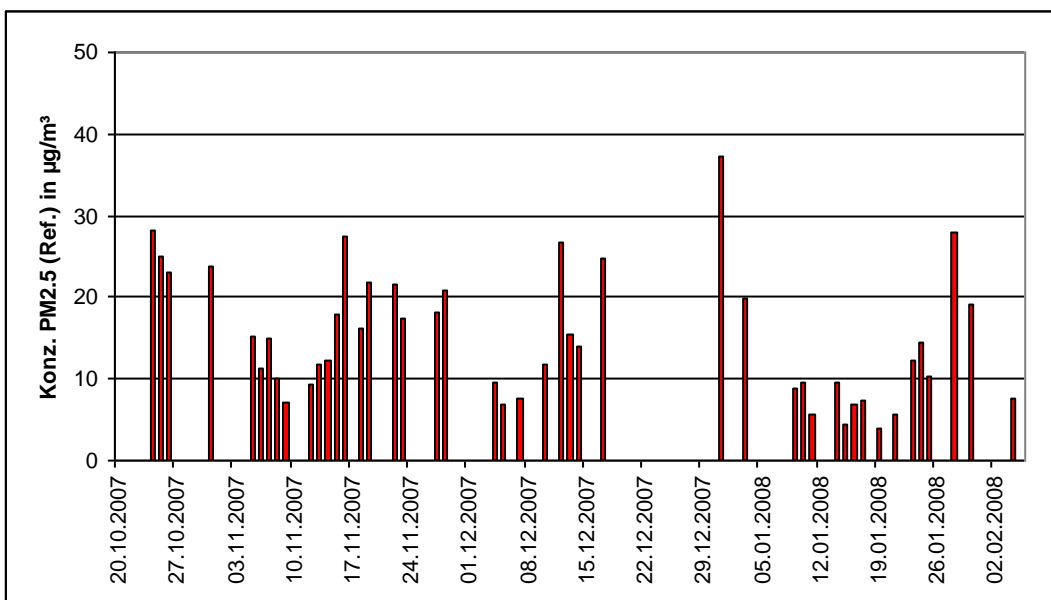


Abbildung 22: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2007“

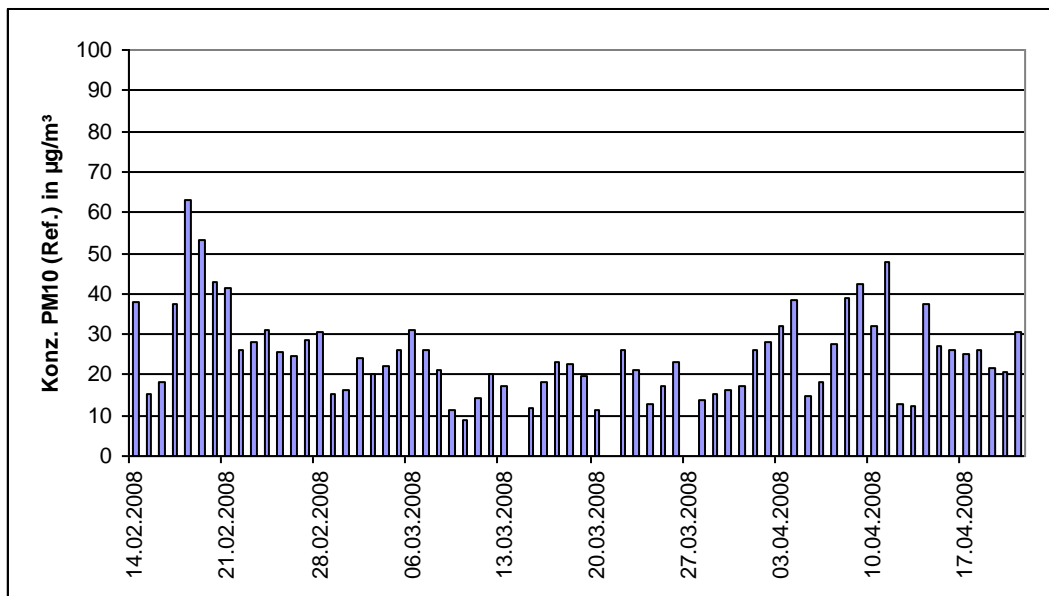


Abbildung 23: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“

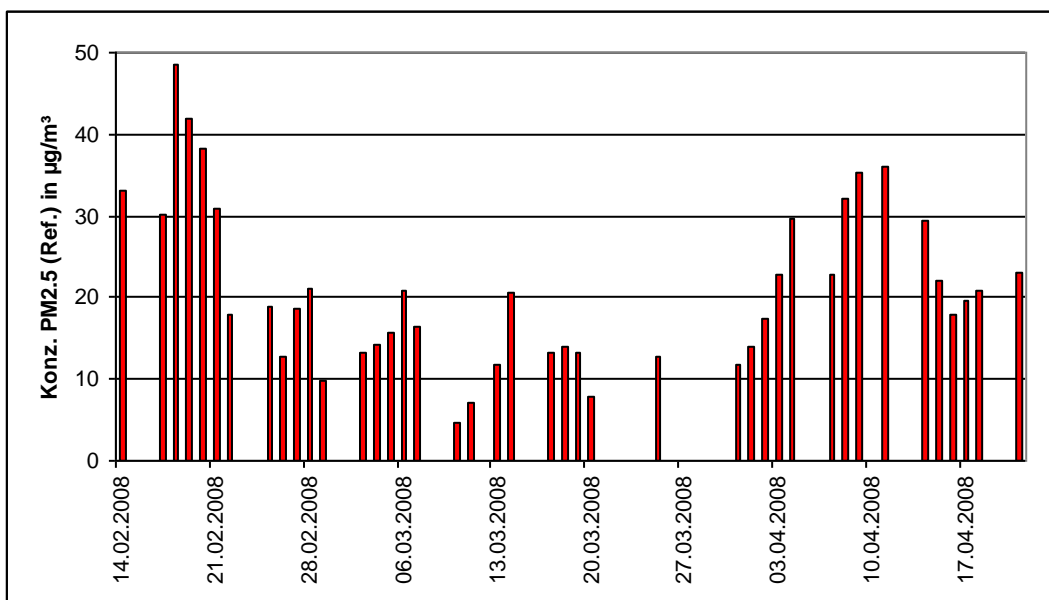


Abbildung 24: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Belderberg“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

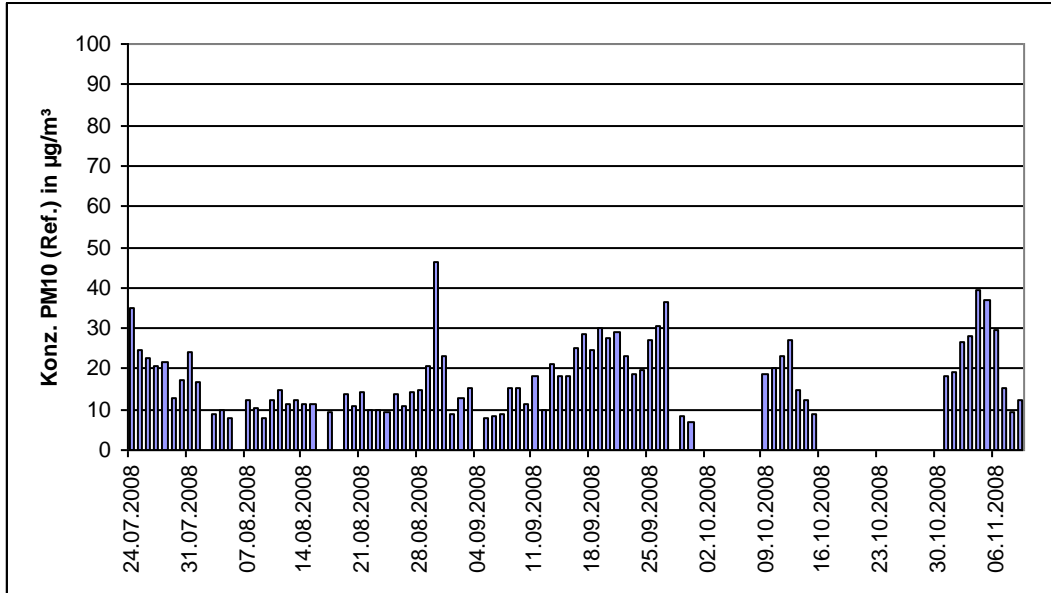


Abbildung 25: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“

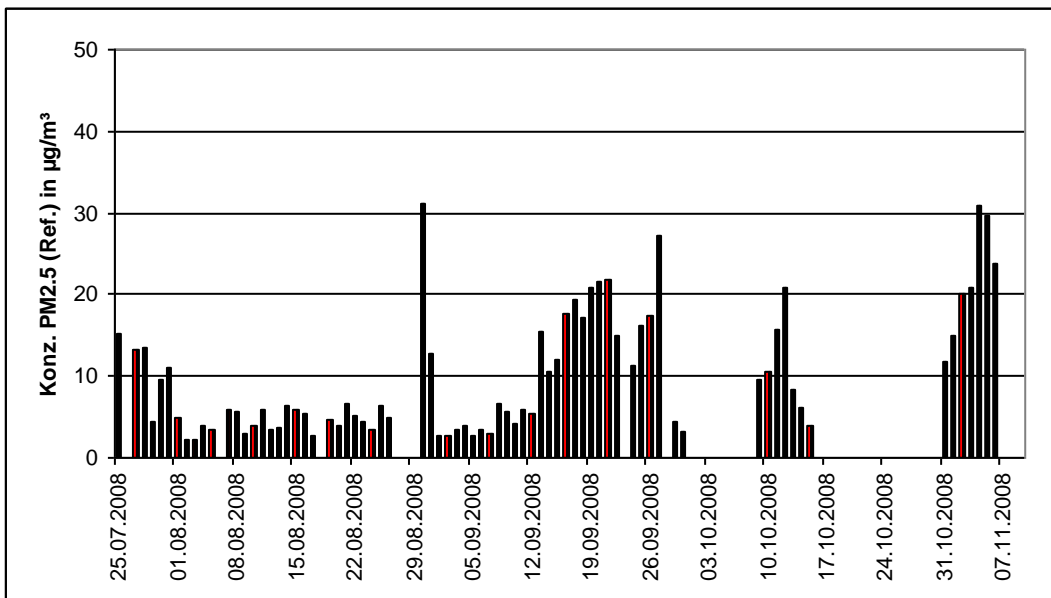


Abbildung 26: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Teddington (UK)“

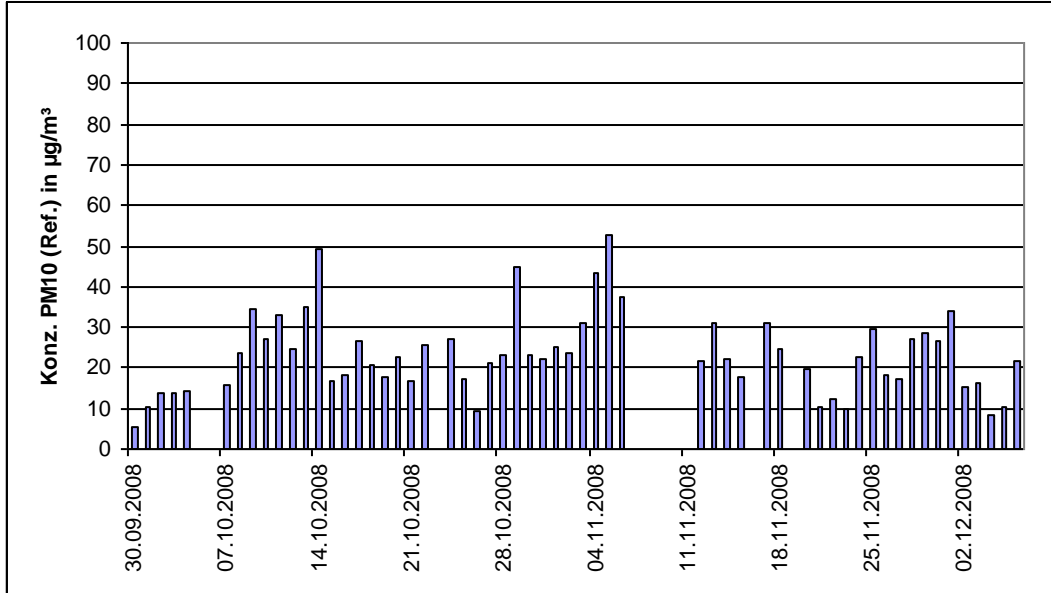


Abbildung 27: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“

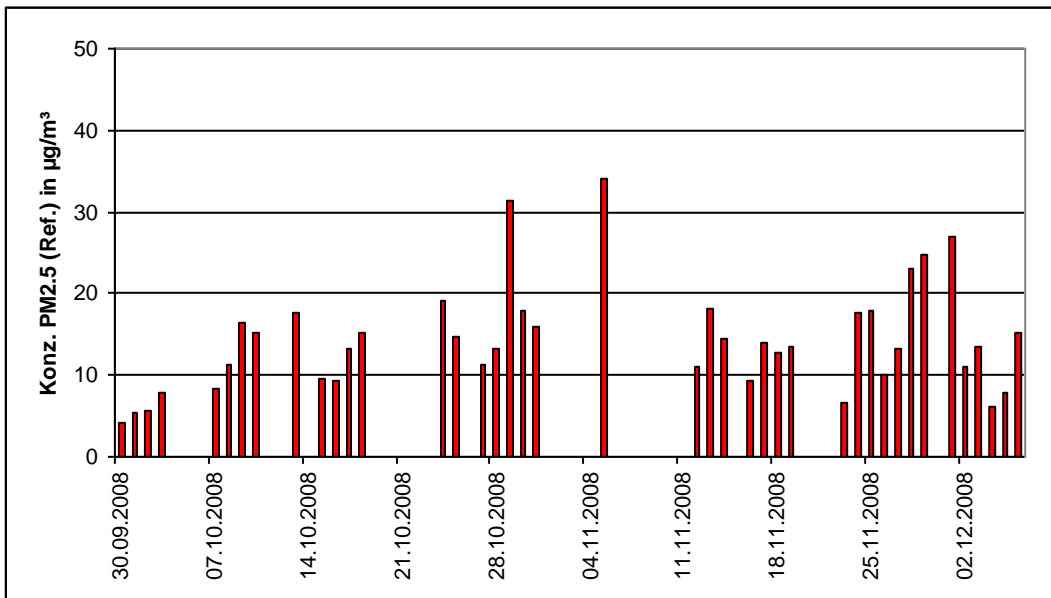


Abbildung 28: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Brühl“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

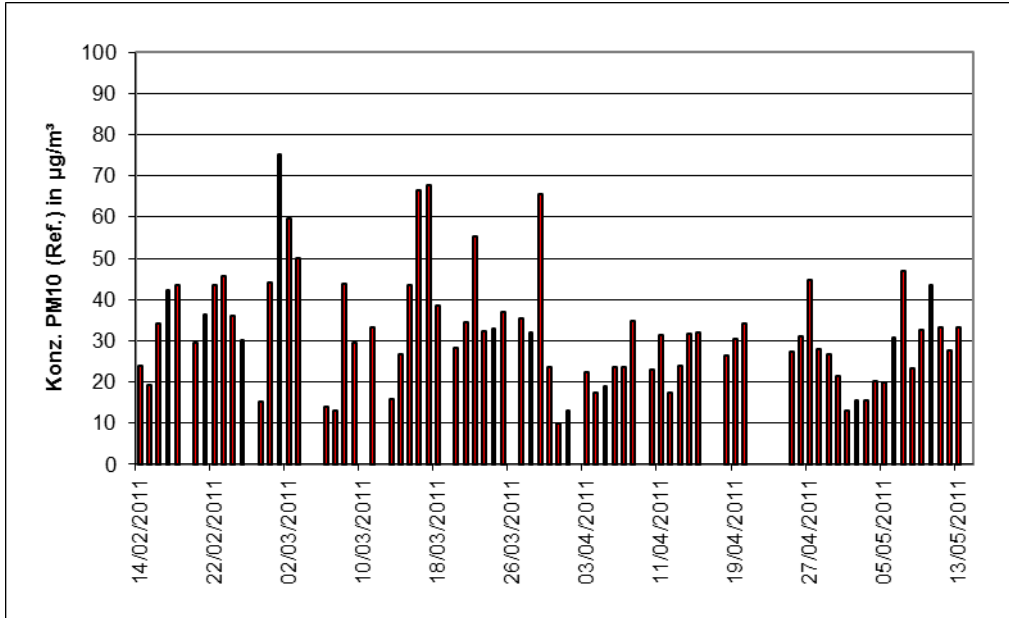


Abbildung 29: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2011“

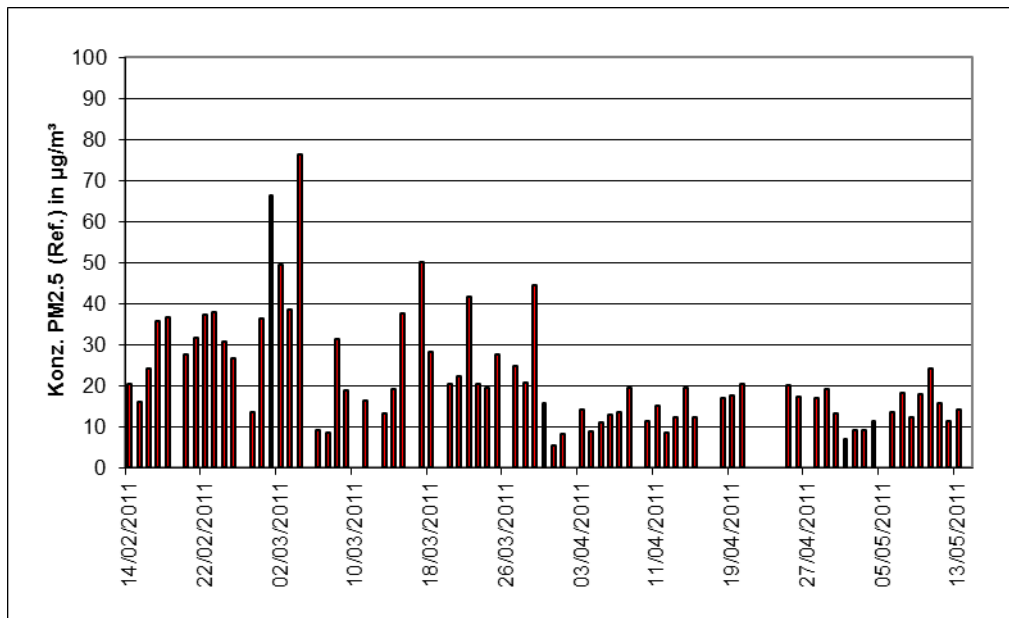


Abbildung 30: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, 2011“

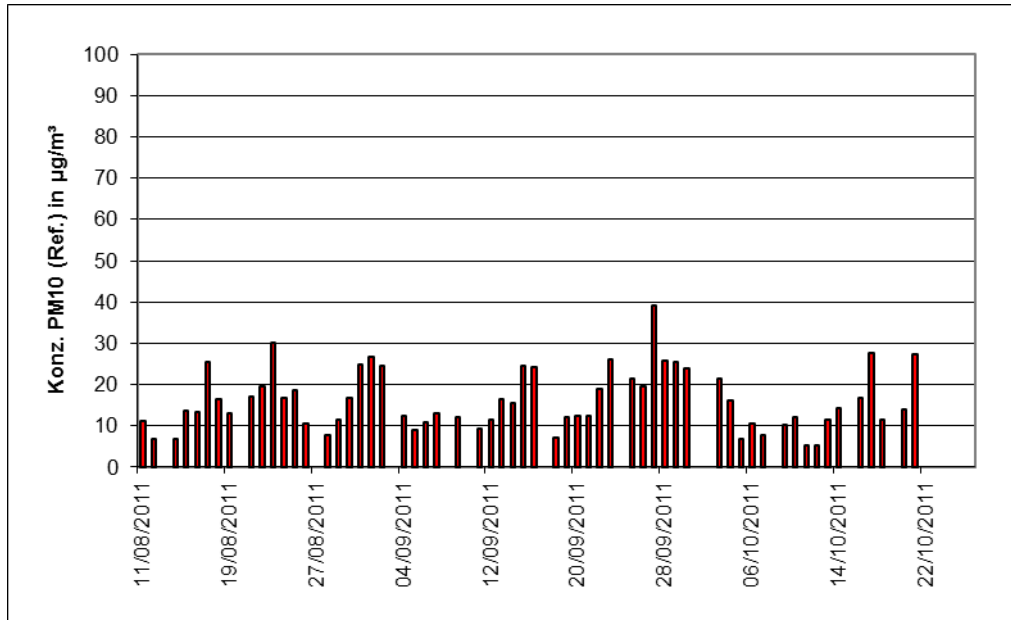


Abbildung 31: Verlauf der PM10-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bornheim“

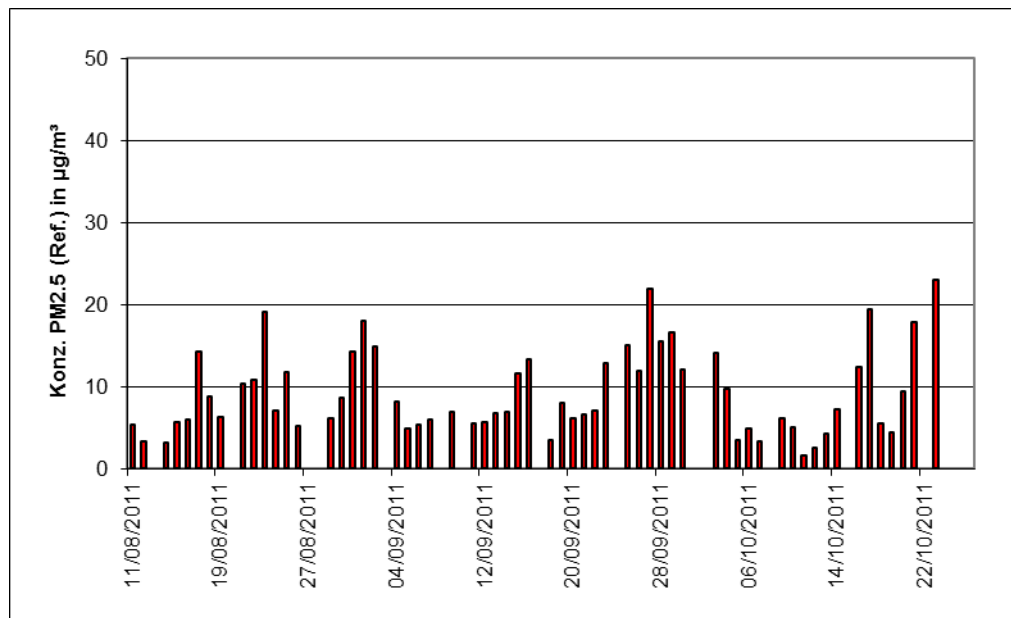


Abbildung 32: Verlauf der PM2,5-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bornheim“

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 63 von 240

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten Köln (Parkplatzgelände) 2007 & 2011, Bonn (Belderberg), Teddington (UK), Brühl und Bornheim.



Abbildung 33: Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände, 2007



Abbildung 34: Feldteststandort Bonn, Belderberg



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor- SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B



Abbildung 35: Feldteststandort Teddington



Abbildung 36: Feldteststandort Brühl

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 65 von 240



Abbildung 37: Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände, 2011, Referenzgeräte (LVS 3) installiert im mittleren Trailer



Abbildung 38: Feldteststandort Bornheim, Referenzgeräte (LVS 3) installiert im mittleren Trailer

Neben den Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstaubimmissionen war eine Erfassungsanlage für meteorologische Kenndaten am Container angebracht. Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung von Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Niederschlagsmenge. Es wurden 30-min-Mittelwerte gespeichert.

Der Aufbau der Messschranke sowie des Containers, sowie die Anordnung der Probenahmesonden, wurden durch die folgenden Abmessungen charakterisiert:

- Höhe Outdoor-Messschrank: ca. 2,0 m über Grund
- Höhe Probenahme SWAM5a DC, Linie A, PM10: ca. 3,2 m über Grund
- Höhe Probenahme SWAM5a DC, Linie B, PM2.5: ca. 2,9 m über Grund
- Höhe Probenahme SWAM 5a, PM10 oder PM2,5: ca. 2,9 m über Grund
- Höhe Containerdach: ca. 2,7 m
- Höhe der Probenahme für Ref. PM10/ Ref. PM2,5/  
TSP ca. 1,2 / 1,2 / 1,0 m über  
Containerdach respektive  
ca. 3,9 / 3,9 / 3,7 m über Grund
- Höhe der Windfahne: ca. 4,5 m über Grund

Die nachfolgende Tabelle 7 enthält neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 6 Feldteststandorten ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes. Am Standort Brühl konnten auf Grund des Austauschs der TÜV-Messstation ab dem 03.11.2008 keine weiteren meteorologischen Messungen stattfinden. Am Standort Teddington waren meteorologische Daten erst ab dem 17.09.2008 verfügbar. Alle Einzelwerte sind in den Anhängen 5 bis 8 zu finden.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 67 von 240

Tabelle 7: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte

	<b>Köln, Parkplatzgelände, 2007</b>	<b>Bonn, Belderberg</b>	<b>Teddington (UK)*</b>	<b>Brühl**</b>
Anzahl Wertepaare Referenz PM10 (Gesamt)	102	65	80	51
Anzahl Wertepaare Referenz PM2.5 (Gesamt)	46	43	81	41
<b>Anteil PM2,5 an PM10 [%]</b>				
Bereich	54,6 – 91,0	53,1 – 90,8	22,3 – 83,2	41,4 – 90,2
Mittelwert	73,8	73,5	53,6	65,4
<b>Lufttemperatur [°C]</b>				
Bereich	-3,4 – 12,4	0,6 – 13,6	4,2 – 15,4	4,4 – 16,2
Mittelwert	5,3	7,0	11,2	10,3
<b>Luftdruck [hPa]</b>				
Bereich	982 – 1033	975 – 1034	984 – 1016	992 – 1024
Mittelwert	1012	1003	1000	1008
<b>Rel. Luftfeuchte [%]</b>				
Bereich	55,2 – 86,9	45,3 – 81,0	64 – 95	61,6 – 82
Mittelwert	72,5	64,8	81,4	74,5
<b>Windgeschwindigkeit [m/s]</b>				
Bereich	0,0 – 6,8	0,0 – 4,8	0,0 – 1,8	0 – 8,3
Mittelwert	2,1	1,3	0,5	2,2
<b>Niederschlagsmenge [mm]</b>				
Bereich	0,0 – 31,0	0,0 – 20,4	Nicht verfügbar	0,0 – 16,5
Mittelwert	2,7	2,6		2,2

\* Wetterdaten erst ab 17.09.2008 verfügbar

\*\* Wetterdaten nur bis 03.11.2008 verfügbar

	<b>Köln, Parkplatzgelände, 2011</b>	<b>Bornheim</b>
Anzahl Wertepaare Referenz PM10 (Gesamt)	73	59
Anzahl Wertepaare Referenz PM2.5 (Gesamt)	71	60
<b>Anteil PM2,5 an PM10 [%]</b>		
Bereich	38,8 – 93,5	31,2 – 73,7
Mittelwert	65,7	53,7
<b>Lufttemperatur [°C]</b>		
Bereich	-2,7 – 22,1	5,2 – 24,5
Mittelwert	10,3	15,6
<b>Luftdruck [hPa]</b>		
Bereich	992 – 1031	997 – 1024
Mittelwert	1013	1008
<b>Rel. Luftfeuchte [%]</b>		
Bereich	34,2 – 94,2	53,8 – 91,1
Mittelwert	63,9	74,4
<b>Windgeschwindigkeit [m/s]</b>		
Bereich	0,3 – 5,3	0,3 – 3,9
Mittelwert	2,2	1,4
<b>Niederschlagsmenge [mm]</b>		
Bereich	0,0 – 11,1	0,0 – 29,1
Mittelwert	1,0	2,3

### Dauer der Probenahmen

DIN EN 12341 legt die Probenahmedauer auf 24 h fest. Bei niedrigen Konzentrationen ist jedoch auch eine längere, bei höheren Konzentrationen eine kürzere Probenahmedauer zulässig.

DIN EN 14907 legt die Probenahmedauer auf 24 h ± 1 h fest.

Während im Feldtest immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräte eingestellt wurde, wurde die Probenahmezeit bei einigen Untersuchungen im Labor reduziert, um eine größere Anzahl an Messwerten zu erhalten.

## Handhabung der Daten

Die ermittelten Messwertpaare der Referenzwerte aus den Felduntersuchungen wurden vor den jeweiligen Auswertungen für jeden Standort einem statistischen Ausreißertest nach Grubbs (99 %) unterzogen, um Auswirkungen von offensichtlich unplausiblen Daten auf das Messergebnis vorzubeugen. Als signifikante Ausreißer erkannte Messwertpaare dürfen dabei solange aus dem Wertepool entfernt werden, bis der kritische Wert der Prüfgröße unterschritten wurde. Die Version des Leitfadens [5] vom Januar 2010 verlangt, dass nur 2,5 % der Datenpaare als Ausreißer ermittelt und entfernt werden dürfen.

Für die Prüflinge werden prinzipiell keine Messwerte verworfen, es sei denn, es liegen begründbare technische Ursachen für unplausible Werte vor. Es wurden in der gesamten Prüfung keine Messwerte der Prüflinge verworfen.

Tabelle 8 und Tabelle 9 zeigen eine Übersicht über die für jeden Einzelstandort als signifikante Ausreißer erkannte und entfernte Anzahl an Messwertpaaren (Referenz).

Tabelle 8: Ergebnisse Grubbs-Ausreißertest – Referenz PM<sub>10</sub>

Standort	Sammler	Anzahl Datenpaare	Maximale Anzahl Werte, die gelöscht werden dürfen	Gefundene Anzahl	Gelöschte Anzahl	Anzahl der verbliebenen Datenpaare
Köln 2007	PM10 Referenz	102	3	0	0	102
Bonn	PM10 Referenz	65	2	0	0	65
Teddington	PM10 Referenz	83	2	3	2	81
Bruehl	PM10 Referenz	60	2	2	2	58
Köln 2011	PM10 Referenz	74	2	1	1	73
Bornheim	PM10 Referenz	61	2	5	2	59

Tabelle 9: Ergebnisse Grubbs-Ausreißertest – Referenz PM<sub>2,5</sub>

Standort	Sammler	Anzahl Datenpaare	Maximale Anzahl Werte, die gelöscht werden dürfen	Gefundene Anzahl	Gelöschte Anzahl	Anzahl der verbliebenen Datenpaare
Köln 2007	PM2.5 Referenz	47	1	1	1	46
Bonn	PM2.5 Referenz	43	1	0	0	43
Teddington	PM2.5 Referenz	83	2	2	2	81
Bruehl	PM2.5 Referenz	49	1	3	1	48
Köln 2011	PM2.5 Referenz	73	2	2	2	71
Bornheim	PM2.5 Referenz	60	2	0	0	60

Es wurden folgende Wertepaare entfernt:

Tabelle 10: Entfernte Wertepaare Referenz PM<sub>10</sub> nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Referenz 2 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Teddington	16.08.2008	13,9	21,0
Teddington	04.09.2008	10,4	5,3
Brühl	16.11.2008	19,7	16,3
Brühl	19.11.2008	32,1	27,3
Köln, Parkplatz 2011	04.03.2011	83,3	87,6
Bornheim	19.10.2011	19,8	9,1
Bornheim	23.10.2011	32,6	27,6

Tabelle 11: Entfernte Wertepaare Referenz PM<sub>2,5</sub> nach Grubbs

Standort	Datum	Referenz 1 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Referenz 2 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Köln, Parkplatz 2007	20.10.2007	16,1	23,0
Teddington	24.07.2008	32,5	27,8
Teddington	26.07.2008	16,1	13,8
Brühl	11.10.2008	28,5	24,5
Köln, Parkplatz 2011	16.03.2011	55	57,8
Köln, Parkplatz 2011	05.05.2011	11,2	14,8

Darüber hinaus wurden folgende Referenzmesswerte in der Auswertung nicht berücksichtigt, da jeweils immer nur 1 Messwert zur Verfügung stand (keine Doppelbestimmung):

Tabelle 12: Nicht berücksichtigte Messwerte (keine Doppelbestimmung)

Fraktion	Standort	Datum	Referenz 1 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Referenz 2 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
PM <sub>10</sub>	Bonn	14.03.2008	14,3	-
PM <sub>10</sub>	Bonn	21.03.2008	21,3	-
PM <sub>2,5</sub>	Brühl	20.11.2008	11,3	-

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 71 von 240

### **Filterhandling - Massenbestimmung**

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 13: Eingesetzte Filtermaterialien

<b>Messgerät</b>	<b>Filtermaterial, Typ</b>	<b>Hersteller</b>
Referenzgeräte Köln 2007, Bonn, Brühl	Quarzfaser, Ø 50 mm	Whatman
Referenzgeräte Teddington, Köln 2011, Bornheim	Emfab™, Ø 47 mm	Pall

Im Rahmen des Testprogramms „Combined MCERTS and TUV PM Equivalence Testing Programme“ wurde auf ausdrücklichen Wunsch der britischen Projektpartner erstmals das Filtermaterial Emfab™ (teflonbeschichtete Glasfaserfilter) eingesetzt, da der britische Partner laut [10] dieses Filtermaterial als das für die Messaufgabe am besten geeignete betrachtet. Dieses Filtermaterial wurde auch in den Messkampagnen im Jahr 2011 eingesetzt.

Die Behandlung der Filter entspricht den Anforderungen der DIN EN 14907.

Die Verfahren zur Behandlung der Filter und zur Wägung sind im Detail im Anhang 2 zu diesem Bericht beschrieben



## 5. Referenzmessverfahren

Im Rahmen des Feldtestes wurden gemäß der DIN EN 12341 bzw. der DIN EN 14907 folgende Geräte eingesetzt:

### 1. als Referenzgerät PM<sub>10</sub>:

Filterwechsler SEQ47/50, Indoorversion, (Standorte Köln 2007, Bonn, Brühl))

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2005

PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf

sowie

KleinfILTERgerät Low Volume Sampler LVS3 (Standort Teddington (UK), Köln 2011 und Bornheim)

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2007

PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf

### 2. als Referenzgerät PM<sub>2,5</sub>:

KleinfILTERgerät Low Volume Sampler LVS3

Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland

Herstelldatum: 2007

PM<sub>2,5</sub>-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden jeweils parallel zwei Referenzgeräte mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m<sup>3</sup>/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

An den Standorten Köln, Parkplatzgelände 2007, Bonn und Brühl kamen für die Messkomponente PM<sub>10</sub> zwei Referenzsysteme vom Typ Filterwechsler SEQ47/50 zum Einsatz. Die Installation erfolgte als Indoorversion, d.h. der eigentliche Filterwechsler wurde im Messcontainer installiert und die Verbindung zum Probeneinlass über ein Ansaugrohr hergestellt. Das gesamte Probenahmesystem wird durch einen Luftmantel gekühlt – hierzu ist zusätzlich das eigentliche Ansaugrohr in einem durchspülten Aluminiumhüllrohr installiert.

Der Filterwechsler basiert technisch auf dem Kleinfltergerät LVS3 und entspricht auf Grund seiner Bauausführung grundsätzlich einem Referenzsammler nach DIN EN 12341. Der Filterwechselmechanismus zusammen mit dem Vorrats- und Ablagemagazin ermöglicht eine kontinuierliche 24-h-Probenahme für die Dauer von bis zu 14 Tagen (+ 1 Feldblindwert).

Die Probenahmeluft beim LVS3 wie auch beim SEQ47/50 wird von der Drehschieber-Vakuumpumpe über den Probenahmekopf gesaugt, der Probeluft-Volumenstrom wird hierbei zwischen Filter und Vakuumpumpe mit einer Messblende gemessen. Die angesaugte Luft strömt von der Pumpe aus über einen Abscheider für den Abrieb der Drehschieber zum Luftauslass.

Nach beendeter Probenahme zeigt die Messelektronik das angesaugte Probeluftvolumen in Norm- oder Betriebs-m<sup>3</sup> an.

Die PM<sub>10</sub> bzw. die PM<sub>2,5</sub> Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m<sup>3</sup> dividiert wurde.

## 6. Prüfergebnisse

### 6.1 1 Messbereiche

*Die Messbereiche müssen die folgenden Anforderungen einhalten:  
0 µg/m<sup>3</sup> bis 1000 µg/m<sup>3</sup> als 24-h-Mittelwert  
0 µg/m<sup>3</sup> bis 10000 µg/m<sup>3</sup> als 1-h-Mittelwert, falls zutreffend*

### 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

### 6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung die entsprechenden Anforderungen einhält.

### 6.4 Auswertung

Der Messbereichsendwert der Massenbestimmung durch Betastrahlenabsorption beträgt theoretisch ca. 10 mg/cm<sup>2</sup> (Kalibrierung der Betamessung mit Referenzfolien bis 9,773 mg/cm<sup>2</sup> (Folie F16)).

Die Messeinrichtung erlaubt je nach eingesetztem Filtermaterial und zu erwartenden Staubkonzentrationen den Einsatz von Filterhaltern mit verschiedenen großen Filterbeaufschlagungsflächen (2,54 cm<sup>2</sup>, 5,20 cm<sup>2</sup>, 7,07 cm<sup>2</sup> und 11,95 cm<sup>2</sup> bei SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor, 2,27 cm<sup>2</sup> bei SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor).

Für die Versionen SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor würde dies theoretischen Massenwerten von 25,4 mg bis von 119,5 mg entsprechen. Dies würde wiederum bei einer 24-stündigen Probenahme Staubkonzentrationen von ca. 460 µg/m<sup>3</sup> bis > 2000 µg/m<sup>3</sup> entsprechen.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde eine Filterbeaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> eingesetzt.

Für die Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor kann bei einer Filterbeaufschlagungsfläche von 2,27 cm<sup>2</sup> eine theoretische Masse von 22,7 mg ermittelt werden. Dies würde wiederum bei einer 1h-Probenahme (durchgesetztes Volumen pro 1h Zyklus ca. 2,25 m<sup>3</sup>) Staubkonzentrationen von ca. 10.100 µg/m<sup>3</sup> entsprechen.

### 6.5 Bewertung

Die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Monitor und SWAM 5a Monitor ermöglichen im 24h-Zyklus die Überwachung bis zu einem Messbereichsendwert von größer 2.000 µg/m<sup>3</sup>. Die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor ermöglicht im 1h-Zyklus die Überwachung bis zu einem Messbereichsendwert von 10.000 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

### 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 75 von 240

## **6.1 2 Negative Signale**

*Negative Signale dürfen nicht unterdrückt werden.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung kann sowohl über Display wie auch über Analog- und Digitalausgänge negative Werte für die Masse und die Konzentration ausgeben.

## **6.5 Bewertung**

Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

### 6.1 3 Nullniveau und Nachweisgrenze (7.4.3)

*Nullniveau:  $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$*

*Nachweisgrenze:  $\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$*

### 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung

### 6.3 Durchführung der Prüfung

*Die Nullkonzentration und die Nachweisgrenze der AMS sind aus 15 24-h-Mittelwerten zu bestimmen, die bei der Probenahme von Nullluft erhalten werden (gleitende oder überlappende Mittelwerte sind nicht erlaubt). Der Mittelwert dieser 15 24-h-Mittelwerte wird als das Nullniveau verwendet. Die Nachweisgrenze wird als das 3,3-fache der Standardabweichung der 15 24-h-Mittelwerte berechnet.*

Die Bestimmung des Nullniveaus und der Nachweisgrenze erfolgten bei den Testgeräten SN 127 und SN 131 durch den Betrieb der Messeinrichtung mit jeweils an beiden Messgeräteeinlässen installiertem Null-Filtern. Die Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft erfolgte über insgesamt 18 Tage für die Dauer von jeweils 24 h.

### 6.4 Auswertung

Die Nachweisgrenze X wird aus der Standardabweichung  $s_{x_0}$  der Messwerte bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft durch beide Testgeräte ermittelt. Sie entspricht der mit Faktor 3,3 multiplizierten Standardabweichung des Mittelwertes  $\bar{x}_0$  der Messwerte  $x_{0i}$  für das jeweilige Testgerät:

$$X = 3,3 \cdot s_{x_0} \quad \text{mit} \cdot s_{x_0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 77 von 240

## 6.5 Bewertung

Das Nullniveau ermittelte sich aus den Untersuchungen für beide Geräte zu maximal 0,39 µg/m<sup>3</sup> und die Nachweisgrenze zu maximal 0,71 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 14: Nullniveau und Nachweisgrenze SN 127, Linie A und B

		Gerät SN 127, Line A	Gerät SN 127, Line B
Anzahl der Werte n		18	18
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) $\bar{x}_0$	µg/m <sup>3</sup>	0,28	0,39
Standardabweichung der Werte $s_{x_0}$	µg/m <sup>3</sup>	0,20	0,18
Nachweisgrenze x	µg/m <sup>3</sup>	<b>0,65</b>	<b>0,60</b>

Tabelle 15: Nullniveau und Nachweisgrenze SN 131, Linie A und B

		Gerät SN 131, Line A	Gerät SN 131, Line B
Anzahl der Werte n		18	18
Mittelwert der Leerwerte (Nullniveau) $\bar{x}_0$	µg/m <sup>3</sup>	0,22	0,24
Standardabweichung der Werte $s_{x_0}$	µg/m <sup>3</sup>	0,20	0,21
Nachweisgrenze x	µg/m <sup>3</sup>	<b>0,65</b>	<b>0,71</b>

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Nachweisgrenze können der Anlage 1 im Anhang entnommen werden.

## **6.1 4 Genauigkeit des Volumenstroms (7.4.4)**

*Die relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei zwei Temperaturen der umgebenden Luft muss  $\leq 2,0$  % betragen. Die ermittelte relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei zwei Temperaturen der umgebenden Luft muss die folgenden Leistungskriterien erfüllen:*

$\leq 2,0$  %

- *in der Regel für 5 °C und 40 °C bei Aufstellung in temperaturkontrollierter Umgebung*
- *bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 °C bis +40 °C ein Referenzdurchflussmesser gemäß Punkt 4 bereitgestellt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a arbeiten mit einer Durchflussrate von 38,33 l/min bezogen auf die Umgebungsbedingungen.

Mit Hilfe eines Referenzdurchflussmesser wurde bei je +5 °C und +40 °C für beide Messeinrichtungen in der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor der Volumenstrom für beide Probenahmelinien durch 10 Messungen über einen Zeitraum von ca. 2 Stunden mit dem vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom durchgeführt. Die Messungen waren gleichmäßig über den Messzeitraum verteilt.

## **6.4 Auswertung**

Aus den ermittelten 10 Messwerten pro Temperaturstufe wurden die Mittelwerte gebildet und die Abweichungen zum vom Hersteller festgelegten Betriebsvolumenstrom ermittelt.

## **6.5 Bewertung**

Die ermittelte relative Differenz zwischen dem Mittelwert der Messergebnisse für den Volumenstrom bei +5 °C und +40 °C lag bei maximal 1,17 % .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Durchflussmessungen bei den zulässigen Umgebungstemperaturen sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 16: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5 °C und +40 °C (SN 111)

		Gerät SN 111, Line A	Gerät SN 111, Line B
Sollwert Durchflussrate	l/min	38,33	38,33
Mittelwert bei 5°C	l/min	38,10	38,13
Abw. vom Sollwert	%	-0,60	-0,52
Mittelwert bei 40°C	l/min	38,25	38,04
Abw. vom Sollwert	%	-0,22	-0,75

Tabelle 17: Genauigkeit des Volumenstroms bei +5°C und +40°C (SN 395)

		Gerät SN 395, Line A	Gerät SN 395, Line B
Sollwert Durchflussrate	l/min	38,33	38,33
Mittelwert bei 5°C	l/min	38,38	38,30
Abw. vom Sollwert	%	0,14	-0,09
Mittelwert bei 40°C	l/min	38,60	38,78
Abw. vom Sollwert	%	0,69	1,17

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Genauigkeit des Volumenstroms können der Anlage 2 im Anhang entnommen werden.



## **6.1 5 Konstanz des Probenvolumenstroms (7.4.5)**

*Der Momentanwert des Volumenstroms und der über den Probenahmezeitraum gemittelte Volumenstrom sollten die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen:  
≤ 2,0 % des Sollwertes des Volumenstroms (gemittelter Probendurchfluss)  
≤ 5 % des Sollwertes des Volumenstroms (Momentanwert des Probendurchflusses)*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung wurden zusätzlich ein Durchflussmesser gemäß Punkt 4 bereitgestellt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a arbeiten mit einer Durchflussrate von 38,33 l/min bezogen auf die Umgebungsbedingungen.

Um die Konstanz des Probenahmevolumenstroms zu ermitteln, wurde die Durchflussrate über 24 h mit Hilfe eines Massendurchflussmessers aufgezeichnet und ausgewertet.

## **6.4 Auswertung**

Aus den ermittelten Messwerten für den Durchfluss wurden Mittelwert, Standardabweichung sowie Maximal- und Minimalwert bestimmt.

## 6.5 Bewertung

Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als  $\pm 5\%$  vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 38,33 l/min sind ebenfalls kleiner als die geforderten  $\pm 2,0\%$  vom Sollwert.

Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als  $\pm 2,0\%$ , alle Momentanwerte weniger als  $\pm 5\%$  vom Sollwert ab.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses des Sollwertes des Volumensstroms

In Tabelle 18 und in Tabelle 19 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 39 bis Abbildung 42 zeigen eine grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten SN 127 und SN 131.

Tabelle 18: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN 127

		Gerät SN 127, Line A	Gerät SN 127, Line B
Mittelwert	l/min	38,05	37,83
Abw. vom Sollwert	%	-0,75	-1,31
Standardabweichung	l/min	0,17	0,15
Minimalwert	l/min	36,46	37,00
Maximalwert	l/min	38,24	38,30

Tabelle 19: Kenngrößen für die Gesamtdurchflussmessung (24h-Mittel), SN 131

		Gerät SN 131, Line A	Gerät SN 131, Line B
Mittelwert	l/min	38,13	38,97
Abw. vom Sollwert	%	-0,54	1,65
Standardabweichung	l/min	0,10	0,14
Minimalwert	l/min	37,33	37,37
Maximalwert	l/min	38,24	39,15

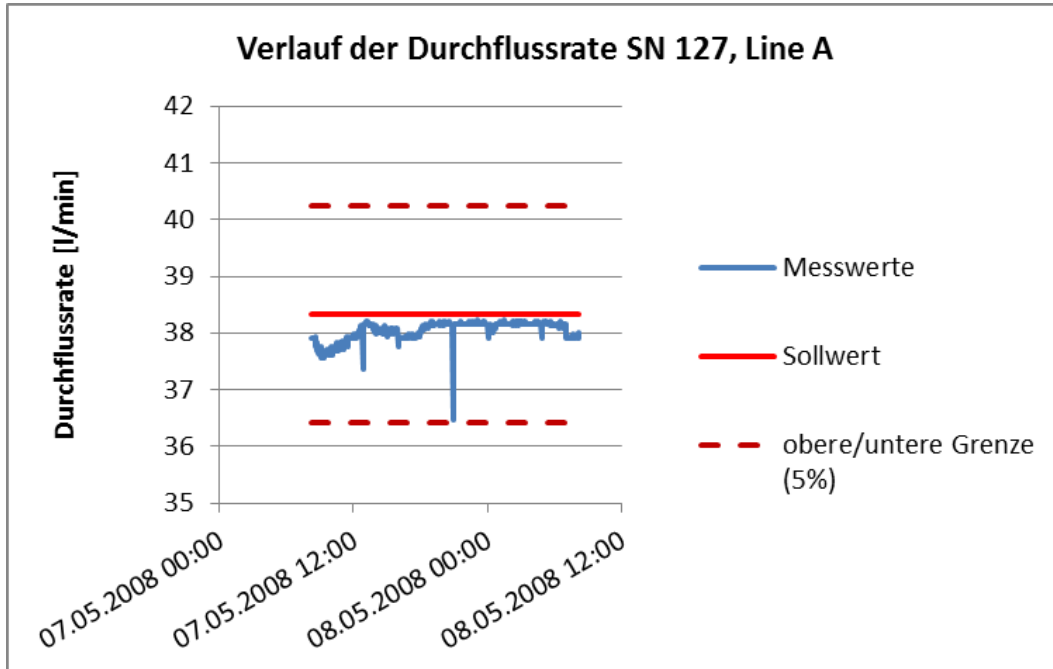


Abbildung 39: Durchfluss am Testgerät SN 127, Linie A

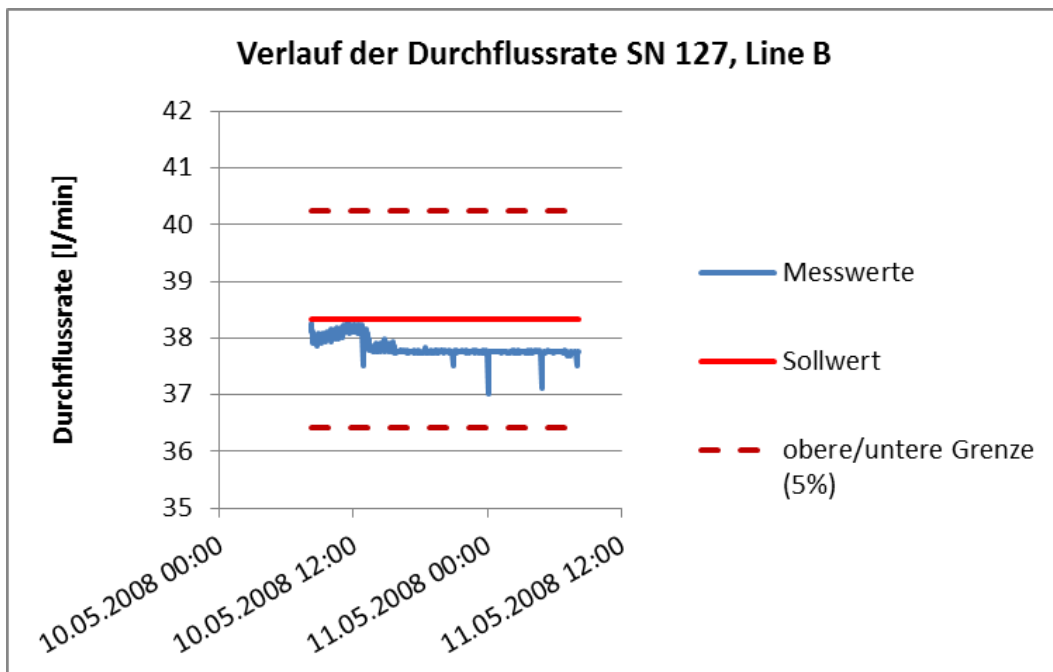


Abbildung 40: Durchfluss am Testgerät SN 127, Linie B

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

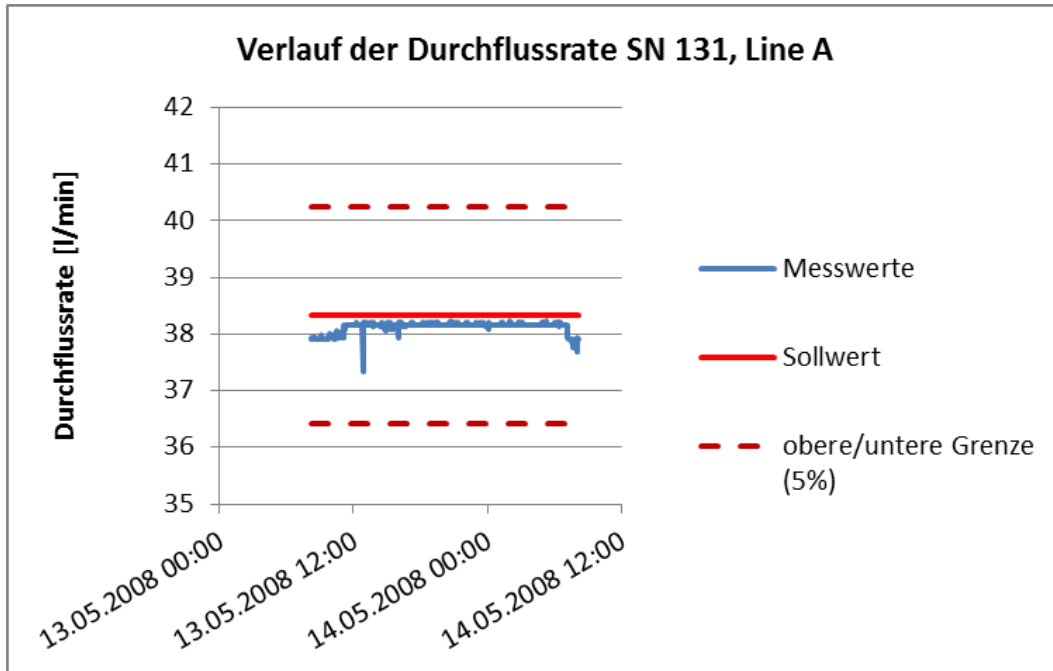


Abbildung 41: Durchfluss am Testgerät SN 131, Linie A

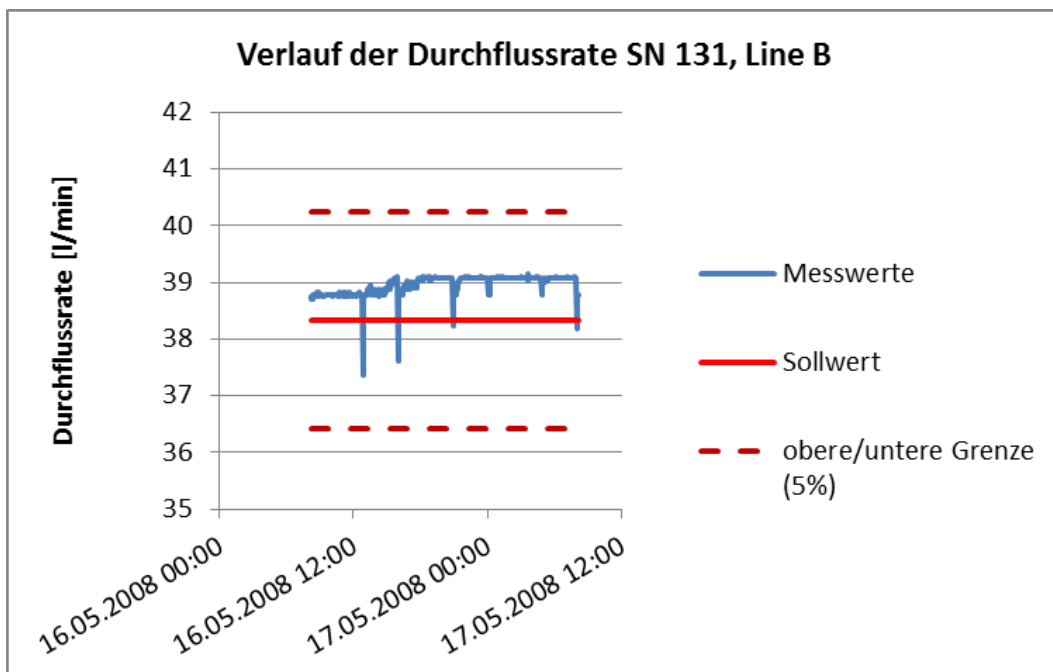


Abbildung 42: Durchfluss am Testgerät SN 131, Linie B

## 6.1 6 Dichtheit des Probenahmesystems (7.4.6)

*Die Undichtigkeit muss  $\leq 2,0$  % des Probenvolumenstroms betragen oder die Spezifikationen des Herstellers der AMS unter Einhaltung der geforderten Datenqualitätsziele (DQO) erfüllen.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Verschlusskappe, Uhr.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Überprüfung der Dichtigkeit erfolgte gemäß Handbuch zur Messeinrichtung (Manuelle Dichtigkeitsprüfung, Fall 3). Bei der Überprüfung wurde der Geräteeingang der jeweils zu untersuchenden Probenahmelinie mit einer Verschlusskappe verschlossen und anschließend ein Filter auf die Probenahmeposition geladen. Danach wird das gesamte pneumatische System mit Hilfe der Vakuumpumpe bis zu einem minimal möglichen Restdruck evakuiert. Nach Abschalten der Pumpe wird nun die Änderung des Innendrucks im System mit der Zeit beobachtet. Der Druck steigt dabei langsam an, wobei die Geschwindigkeit des Druckanstiegs abhängig von etwaig vorhandenen Undichtigkeiten ist. Unter Berücksichtigung des Gesamtvolumens des Systems wird auf diesem Wege die Leckrate ermittelt.

Das geschätzte Gesamtvolumen des Systems beträgt für Linie A 1,85 l und für Linie B 1,75 l.

## 6.4 Auswertung

Die Berechnung der Leckrate  $\dot{V}_L$  ist nach folgender Gleichung vorzunehmen:

$$\dot{V}_L = \frac{\Delta p}{p_0} \frac{V_{\text{ges}}}{\Delta t}$$

Dabei ist

$\Delta p$  die in der Zeitdifferenz  $\Delta t$  beobachtete Druckdifferenz

$p_0$  der Druck zum Zeitpunkt  $t_0$

$V_{\text{ges}}$  das Gesamtvolumen des Systems (Totvolumen)

$\Delta t$  die Zeitdifferenz für den Abfall des Drucks um die Differenz  $\Delta p$

Der Maximalwert der fünf ermittelten Leckraten wurde bestimmt.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 85 von 240

## 6.5 Bewertung

Die maximal ermittelten Undichtigkeiten ergaben sich zu maximal 0,24 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,30 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem Restdruck  $p_0$  im System, sowie zu maximal 0,08 % für Gerät 1 (SN 127) sowie zu maximal 0,06 % für Gerät 2 (SN 131), jeweils bei einem atmosphärischen Luftdruck von 102,8 kPa.

Die ermittelten Werte liegen somit deutlich unter der Mindestanforderung von 1 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 20 und Tabelle 21 enthalten die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

Tabelle 20: Ermittlung der Leckrate, SN 127

SN 127, Linie A									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{ges}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	26,6	27,8	1,2	1	0,00185	0,083	0,218	0,056
2	08.12.2008	27,8	28,9	1,1	1	0,00185	0,073	0,191	0,052
3	08.12.2008	28,9	30	1,1	1	0,00185	0,070	0,184	0,052
4	08.12.2008	30	31	1	1	0,00185	0,062	0,161	0,047
5	08.12.2008	31	32,1	1,1	1	0,00185	0,066	0,171	0,052
1-5	08.12.2008	26,6	32,1	5,5	5	0,00185	0,077	0,200	0,052
SN 127, Linie B									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{ges}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	32,9	34,6	1,7	1	0,00175	0,090	0,236	0,076
2	08.12.2008	34,6	36,4	1,8	1	0,00175	0,091	0,238	0,080
3	08.12.2008	36,4	37,9	1,5	1	0,00175	0,072	0,188	0,067
4	08.12.2008	37,9	39,4	1,5	1	0,00175	0,069	0,181	0,067
5	08.12.2008	39,4	41	1,6	1	0,00175	0,071	0,185	0,071
1-5	08.12.2008	32,9	41	8,1	5	0,00175	0,086	0,225	0,072

Tabelle 21: Ermittlung der Leckrate, SN 131

SN 131, Linie A									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{ges}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	36,7	37,6	0,9	1	0,00185	0,045	0,118	0,042
2	08.12.2008	37,6	38,4	0,8	1	0,00185	0,039	0,103	0,038
3	08.12.2008	38,4	39,2	0,8	1	0,00185	0,039	0,101	0,038
4	08.12.2008	39,2	40,1	0,9	1	0,00185	0,042	0,111	0,042
5	08.12.2008	40,1	40,8	0,7	1	0,00185	0,032	0,084	0,033
1-5	08.12.2008	36,7	40,8	4,1	5	0,00185	0,041	0,108	0,039
SN 131, Linie B									
Nr.	Datum	$p_0$ [kPa]	$p_1$ [kPa]	$\Delta p$ [kPa]	$\Delta t$ [min]	$V_{ges}$ [m <sup>3</sup> ]	Leckrate [l/min]	% vom Soll, bei $p_0$	% vom Soll, bei $p_a = 102,8$ kPa
1	08.12.2008	19,9	21,2	1,3	1	0,00175	0,114	0,298	0,058
2	08.12.2008	21,2	22,4	1,2	1	0,00175	0,099	0,258	0,053
3	08.12.2008	22,4	23,7	1,3	1	0,00175	0,102	0,265	0,058
4	08.12.2008	23,7	25	1,3	1	0,00175	0,096	0,250	0,058
5	08.12.2008	25	26,3	1,3	1	0,00175	0,091	0,237	0,058
1-5	08.12.2008	19,9	26,3	6,4	5	0,00175	0,113	0,294	0,057

## 6.1 7 Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur (7.4.7.)

Die ermittelten Differenzen müssen die folgenden Leistungskriterien erfüllen:

Nullpunkt:

$\leq 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

- in der Regel von 5 °C bis 40 °C bei Aufstellung in temperaturkontrollierter Umgebung
- bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen.

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 bis +40 °C, Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit des Anzeigewertes am Nullpunkt von der Umgebungstemperatur wurde bei den folgenden Temperaturen (innerhalb der Herstellerangaben) bestimmt:

- a) bei einer Nenntemperatur  $T_{S,n} = +20 \text{ °C}$ ;
- b) bei einer Mindesttemperatur  $T_{S,1} = +5 \text{ °C}$ ;
- c) bei einer Höchsttemperatur  $T_{S,2} = +40 \text{ °C}$ .

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur wurden die Messeinrichtungen ohne Outdoor-Messschrank in der Klimakammer betrieben.

Für die Nullpunktuntersuchungen wurde den Testgeräten durch Montage von Null-Filtern am Geräteinlass schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Die Prüfungen wurden mit der Temperaturreihenfolge  $T_{S,n} - T_{S,1} - T_{S,n} - T_{S,2} - T_{S,n}$  durchgeführt.

Nach einer Äquilibrierzeit von 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (3 Messwerte pro Temperaturstufe).

## 6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Massenwerte der jeweils 8-stündigen Einzelmessungen ausgelesen und zur Konvertierung in Konzentrationswerte auf den Sollvolumenstrom für eine 24-stündige Probenahme bezogen.

Um eine mögliche Drift durch andere Faktoren als die Temperatur auszuschließen, wurden die Messwerte bei  $T_{S,n}$  gemittelt.

Die Differenzen zwischen den Anzeigewerten bei den beiden Extremwerten der Temperatur und  $T_{S,n}$  wurden bestimmt.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 87 von 240

## 6.5 Bewertung

Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt +5 °C bis +40 °C. Bei Betrachtung der vom Gerät ausgegebenen Werte konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur auf den Nullpunkt von 0,64 µg/m<sup>3</sup> festgestellt werden. Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 22: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m<sup>3</sup>, Mittelwert aus drei Messungen, SN 127, Linie A & B

Temperatur	SN 127, Line A		SN 127, Line B	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
20	0,03	-0,12	0,23	-0,02
5	0,47	0,31	0,27	0,01
20	0,13	-0,02	0,27	0,01
40	0,60	0,44	0,63	0,38
20	0,30	0,14	0,27	0,01
Mittelwert bei 20°C	0,16	-	0,26	-



Tabelle 23: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Mittelwert aus drei Messungen, SN 131, Linie A & B

Temperatur	SN 131, Line A		SN 131, Line B	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
20	0,17	-0,06	0,17	-0,02
5	0,23	0,01	0,13	-0,06
20	0,10	-0,12	0,13	-0,06
40	0,70	0,48	0,83	0,64
20	0,40	0,18	0,27	0,08
Mittelwert bei 20°C	0,22	-	0,19	-

Die jeweiligen Ergebnisse der Einzelmessungen können der Anlage 3 im Anhang entnommen werden.

## 6.1 8 Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur (7.4.7)

*Die ermittelten Differenzen müssen die folgenden Leistungskriterien erfüllen:*

*Empfindlichkeit des Messgerätes (Span):*

*≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüftemperatur*

- *in der Regel von 5 °C bis 40 °C bei Aufstellung in temperaturkontrollierter Umgebung*
- *bei der durch den Hersteller festgelegten Mindest- und Höchsttemperatur, sofern diese von den in der Regel anzuwendenden Temperaturen abweichen.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 bis +40 °C, Referenzfolien R1 & R2 zur Referenzpunktüberprüfung.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur wurde bei den folgenden Temperaturen (innerhalb der Herstellerangaben) bestimmt:

- a) bei einer Nenntemperatur  $T_{S,n} = +20 \text{ °C}$ ;
- b) bei einer Mindesttemperatur  $T_{S,1} = +5 \text{ °C}$ ;
- c) bei einer Höchsttemperatur  $T_{S,2} = +40 \text{ °C}$ .

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Messgerätes (Span) von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen ohne Outdoor-Messschrank in der Klimakammer betrieben.

Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurde die interne Prozedur zur Stabilitätsüberprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte herangezogen (BETA SPAN TEST).

Die Prüfungen wurden mit der Temperaturreihenfolge  $T_{S,n} - T_{S,1} - T_{S,n} - T_{S,2} - T_{S,n}$  durchgeführt.

Nach einer Äquilibrierzeit von 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (3 Messwerte pro Temperaturstufe).

## 6.4 Auswertung

Es wurden die Werte für die Massendichte der jeweiligen Einzelmessungen mit Referenzaluminiumfolien ermittelt und ausgewertet.

Um eine mögliche Drift durch andere Faktoren als die Temperatur auszuschließen, wurden die Messwerte bei  $T_{S,n}$  gemittelt.

Die Differenzen zwischen den Anzeigewerten bei den beiden Extremwerten der Temperatur und  $T_{S,n}$  wurden bestimmt.

## 6.5 Bewertung

Der geprüfte Umgebungstemperaturbereich am Aufstellungsort der Messeinrichtung beträgt +5 °C bis +40 °C. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen > 0,1 % ermittelt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 24: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Referenzfolien) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN 127

Temperatur	SN 127 R1		SN 127 R2	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%
20	3,454	0,1	6,833	0,1
5	3,451	0,0	6,831	0,0
20	3,452	0,0	6,830	0,0
40	3,448	-0,1	6,826	0,0
20	3,448	-0,1	6,825	-0,1
Mittelwert bei 20°C	3,451	-	6,829	-

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 91 von 240

**Tabelle 25: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Referenzfolien) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen, SN 131**

Temperatur	SN 131 R1		SN 131 R2	
	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C	Messwert	Abweichung zu mittlerem Messwert bei 20°C
°C	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%
20	3,399	-0,1	6,869	0,0
5	3,402	0,0	6,873	0,0
20	3,402	0,0	6,874	0,0
40	3,403	0,1	6,874	0,0
20	3,402	0,0	6,869	0,0
Mittelwert bei 20°C	3,401	-	6,871	-

Die jeweiligen Ergebnisse der 3 Einzelmessungen können der Anlage 3 im Anhang entnommen werden.

## **6.1 9 Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung (7.4.8)**

*Die ermittelten Differenzen müssen die folgenden Leistungskriterien erfüllen:  
Empfindlichkeit des Messgerätes (Span):  
≤ 5 % vom Wert bei der Nennprüfspannung*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Trennstelltrafo, Referenzfolien R1 & R2 zur Referenzpunktüberprüfung.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Messspanne von der Netzspannung wurde die Netzspannung ausgehend von 230 V auf 195 V reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 230 V auf 253 V erhöht.

Um eine Überprüfung der Empfindlichkeit zu ermöglichen, wurde die interne Prozedur zur Stabilitätsüberprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der zwei im Gerät implementierten Referenzaluminiumfolien mit bekannter Massendichte herangezogen (BETA SPAN TEST).

## **6.4 Auswertung**

Am Referenzpunkt wird die prozentuale Änderung des ermittelten Messwertes für jeden Prüfschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 230 V betrachtet.

## **6.5 Bewertung**

Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen > -0,4 %, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 27 und Tabelle 26 zeigen eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 26: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 111

Netzspannung	SN 111, R1		SN 111, R2	
	Messwert	Abweichung zu Startwert bei 230 V	Messwert	Abweichung zu Startwert bei 230 V
V	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%
230	3,456	-	6,801	-
195	3,444	-0,4	6,789	-0,2
230	3,442	-0,4	6,786	-0,2
253	3,445	-0,3	6,788	-0,2
230	3,445	-0,3	6,787	-0,2

Tabelle 27: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %, SN 395

Netzspannung	SN 395, R1		SN 395, R2	
	Messwert	Abweichung zu Startwert bei 230 V	Messwert	Abweichung zu Startwert bei 230 V
V	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%	[mg/cm <sup>2</sup> ]	%
230	3,294	-	6,606	-
195	3,304	0,3	6,602	-0,1
230	3,293	0,0	6,601	-0,1
253	3,294	0,0	6,601	-0,1
230	3,292	-0,1	6,601	-0,1

Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

## **6.1 10 Auswirkung des Ausfalls der Stromversorgung**

*Geräteparameter müssen gegen Verlust gesichert sein.*

*Bei Rückkehr der Netzspannung muss das Gerät automatisch die Funktion wieder aufnehmen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

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

## **6.4 Auswertung**

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt.

Für den Fall eines Netzausfalls ist die Messeinrichtung mit zwei wieder aufladbaren Notstrombatterien ausgerüstet. Dies ermöglicht der Messeinrichtung auch im Falle eines Netzausfalls etwaige laufende Beta-Messungen fortzusetzen und ermöglicht somit bei Spannungswiederkehr eine problemlose Wiederaufnahme des Messbetriebs zu den programmierten Zyklusbedingungen.

Im Falle eines Netzausfalls:

- Stoppt die aktuelle Probenahme (Pumpe aus),
- Wird der Status der Batterien überprüft (Ladezustand, Restzeit),
- Beendet das Gerät noch laufende Beta-Messungen (falls Kapazität der Batterien ausreichend)
- Wird die ideale mechanische Konfiguration im Gerät eingestellt, um nach Spannungswiederkehr wieder korrekt in den nächsten Probenahmezyklus einzusteigen,
- Führt die Messeinrichtung nach Erreichen der idealen mechanischen Konfiguration bis zur Wiederkehr der Spannung eine Auto-Switch-Off-Prozedur aus.

Ausfallzeiten durch Netzausfall werden im Speicher für die jeweils betroffenen Messungen dokumentiert.

## **6.5 Bewertung**

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig den Messbetrieb wieder fort.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## 6.1 11 Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration (7.4.9)

*Die größte Differenz zwischen den Messwerten im Bereich von 40 % bis 90 % relativer Feuchte muss das folgende Leistungskriterium erfüllen:  
≤ 2,0 µg/m<sup>3</sup> in Nullluft, bei einer stufenweisen Änderung der relativen Feuchte von 40 % bis 90 % in beide Richtungen.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer mit Feuchteregelung für den Bereich 40 % bis 90 % relative Feuchte, Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Die Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration in der Probenluft wurde durch Zufuhr von befeuchteter Nullluft im Bereich von 40 % bis 90 % relativer Feuchte ermittelt. Hierzu wurde die Messeinrichtung in der Version SWAM 5a Dual Channel Monitor mit Outdoor-Messschrank in der Klimakammer betrieben und die relative Feuchte der gesamten umgebende Atmosphäre gezielt variiert. Den Prüflingen SN 111 und SN 395 wurde für die Nullpunktuntersuchungen durch Montage von Null-Filtern an jeweils beiden Geräteeinlässen schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Die Messeinrichtungen wurden mit einer Zykluszeit von 8 h betrieben und die Messwerte für die Massenwerte der jeweils 8-stündigen Einzelmessungen ausgelesen und zur Konvertierung in Konzentrationswerte auf den Sollvolumenstrom für eine 24-stündige Probenahme bezogen. Nach der Stabilisierung der relativen Feuchte wurden über einen Zeitraum von 24 h die entsprechende über 24 h gemittelten Konzentrationsmesswerte der AMS bei 40 % relativer Feuchte ermittelt aufgezeichnet. Um eine korrekte Synchronisation der Zykluszeiten der Messeinrichtung und der Einstellung der relativen Feuchte zu erreichen, wurde die relative Feuchte dann über einen Zeitraum von 24 h auf 90 % erhöht. Die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts (Rampe) und der Messwert über einen Mittelungszeitraum von 24 h bei 90 % relativer Feuchte wurden aufgezeichnet. Anschließend wurde die Feuchte über einen Zeitraum von 24 h zurück auf 40 % verringert. Erneut wurden die Zeit bis zur Einstellung des Gleichgewichts (Rampe) und der Messwert über einen Mittelungszeitraum von 24 h bei 40 % relative Feuchte aufgezeichnet.

## 6.4 Auswertung

Es wurden die Messwerte für die Nullkonzentrationen der jeweils 8-stündigen Einzelmessungen bei stabilen Feuchten ausgelesen, über 24 h gemittelt und ausgewertet. Betrachtet wird die größte Differenz in µg/m<sup>3</sup> zwischen den Werten im Bereich von 40 % bis 90 % relative Feuchte.



## 6.5 Bewertung

Die maximal ermittelte Differenz zwischen den Messwerten bei 40 % und bei 90 % relativer Feuchte liegt bei 1,9 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Tabelle 28: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m<sup>3</sup>, SN 111

rel. Luftfeuchte	SN 111, Line A		SN 111, Line B	
	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert
%	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
40	0,0	-	0,1	-
90	1,9	1,9	1,7	1,6
40	0,7	-1,2	0,6	-1,1
Maximale Abweichung	1,9		1,6	

Tabelle 29: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in µg/m<sup>3</sup>, SN 395

rel. Luftfeuchte	SN 395, Line A		SN 395, Line B	
	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert	Messwert	Abweichung zu Vorgängerwert
%	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
40	0,4	-	0,5	-
90	2,0	1,5	1,7	1,2
40	1,3	-0,6	1,1	-0,6
Maximale Abweichung	1,5		1,2	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 97 von 240

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 30: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , SN 111, Einzelwerte

rel. Luftfeuchte	SN 111, Line A				SN 111, Line B			
	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert
%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
40	0,3	-0,2	-0,2	0,0	0,3	0,3	-0,2	0,1
40 → 90*	0,4	0,4	1,3	0,7	-0,2	0,5	1,5	0,6
90	2,2	1,7	1,9	1,9	2,1	1,4	1,5	1,7
90 → 40*	1,6	0,3	1,0	1,0	1,1	1,1	0,9	1,0
40	0,4	0,9	0,8	0,7	1,0	0,5	0,3	0,6

\* nur informativ

Tabelle 31: Abhängigkeit der Messwerte von der Wasserdampfkonzentration, Abweichung in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , SN 395, Einzelwerte

rel. Luftfeuchte	SN 395, Line A				SN 395, Line B			
	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert	Messwert 1	Messwert 2	Messwert 3	Mittelwert
%	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
40	1,3	0,3	-0,4	0,4	1,3	0,1	0,0	0,5
40 → 90*	0,8	1,1	2,4	1,4	0,5	0,7	1,2	0,8
90	2,4	1,9	1,6	2,0	1,9	1,8	1,5	1,7
90 → 40*	2,3	1,8	0,7	1,6	1,4	1,2	0,6	1,1
40	0,5	1,3	2,2	1,3	0,4	1,2	1,7	1,1

\* nur informativ

## **6.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3)**

*Während der Prüfungen darf der absolute Messwert der AMS am Nullpunkt das folgende Kriterium nicht überschreiten:  
Absoluter Wert  $\leq 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes der Erstprüfung an den deutschen Standorten über einen Zeitraum von insgesamt ca. 1 Jahr.

Die Messeinrichtungen wurden im Rahmen eines regelmäßigen Checks ca. einmal pro Monat (Standort Köln und Bonn) sowie zweimal gegen Ende des Feldtests (Brühl) mit Null-Filter an den Geräteeinlässen für einen Zeitraum jeweils 24 h betrieben und die gemessenen Nullwerte notiert. Zusätzlich wurde die Prüfung auch am Standort Teddington für die Systeme SN 145 und SN 149 durchgeführt.

## **6.4 Auswertung**

Während der Prüfungen darf der absolute Messwert der AMS am Nullpunkt  $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht überschreiten.

## **6.5 Bewertung**

Die maximal ermittelte absolute Messwert am Nullpunkt lag bei  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Tabelle 32 bis Tabelle 35 enthalten die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Abbildung 43 bis Abbildung 50 zeigen eine grafische Darstellung der Nullpunktdrift über den Untersuchungszeitraum.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 99 von 240

Tabelle 32: Nullpunktprüfungen SN 127 mit Nullfilter, Standorte Köln 2007, Bonn und Brühl

Datum	SN 127, Line A		Datum	SN 127, Line B	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>
	µg/m <sup>3</sup>			µg/m <sup>3</sup>	
30.10.2007	0,1	ok	30.10.2007	0,3	ok
06.12.2007	0,7	ok	06.12.2007	0,6	ok
08.01.2008	1,1	ok	08.01.2008	0,0	ok
13.02.2008	0,4	ok	13.02.2008	0,6	ok
12.03.2008	0,3	ok	12.03.2008	0,5	ok
10.04.2008	1,2	ok	10.04.2008	0,7	ok
11.11.2008	1,2	ok	11.11.2008	1,2	ok
09.12.2008	1,1	ok	09.12.2008	0,8	ok

Tabelle 33: Nullpunktprüfungen SN 131 mit Nullfilter, Standorte Köln 2007, Bonn und Brühl

Datum	SN 131, Line A		Datum	SN 131, Line B	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>
	µg/m <sup>3</sup>			µg/m <sup>3</sup>	
30.10.2007	0,5	ok	30.10.2007	0,6	ok
06.12.2007	0,4	ok	06.12.2007	0,7	ok
08.01.2008	0,0	ok	08.01.2008	0,4	ok
13.02.2008	0,0	ok	13.02.2008	0,4	ok
12.03.2008	0,0	ok	12.03.2008	0,0	ok
10.04.2008	0,7	ok	10.04.2008	0,5	ok
11.11.2008	1,3	ok	11.11.2008	2,4	ok
09.12.2008	0,3	ok	09.12.2008	0,4	ok

Tabelle 34: Nullpunktprüfungen SN 145 mit Nullfilter, Standort Teddington

Datum	SN 145, Line A		Datum	SN 145, Line B	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>
	µg/m <sup>3</sup>			µg/m <sup>3</sup>	
24.07.2008	0,5	ok	24.07.2008	0,7	ok
18.08.2008	0,4	ok	18.08.2008	0,3	ok
23.09.2008	0,0	ok	23.09.2008	0,1	ok

Tabelle 35: Nullpunktprüfungen SN 149 mit Nullfilter, Standort Teddington

Datum	SN 149, Line A		Datum	SN 149, Line B	
	Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>		Messwert	Messwert (absolut) ≤ 3,0 µg/m <sup>3</sup>
	µg/m <sup>3</sup>			µg/m <sup>3</sup>	
24.07.2008	0,8	ok	24.07.2008	0,6	ok
18.08.2008	0,7	ok	18.08.2008	0,5	ok
23.09.2008	0,5	ok	23.09.2008	0,1	ok

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

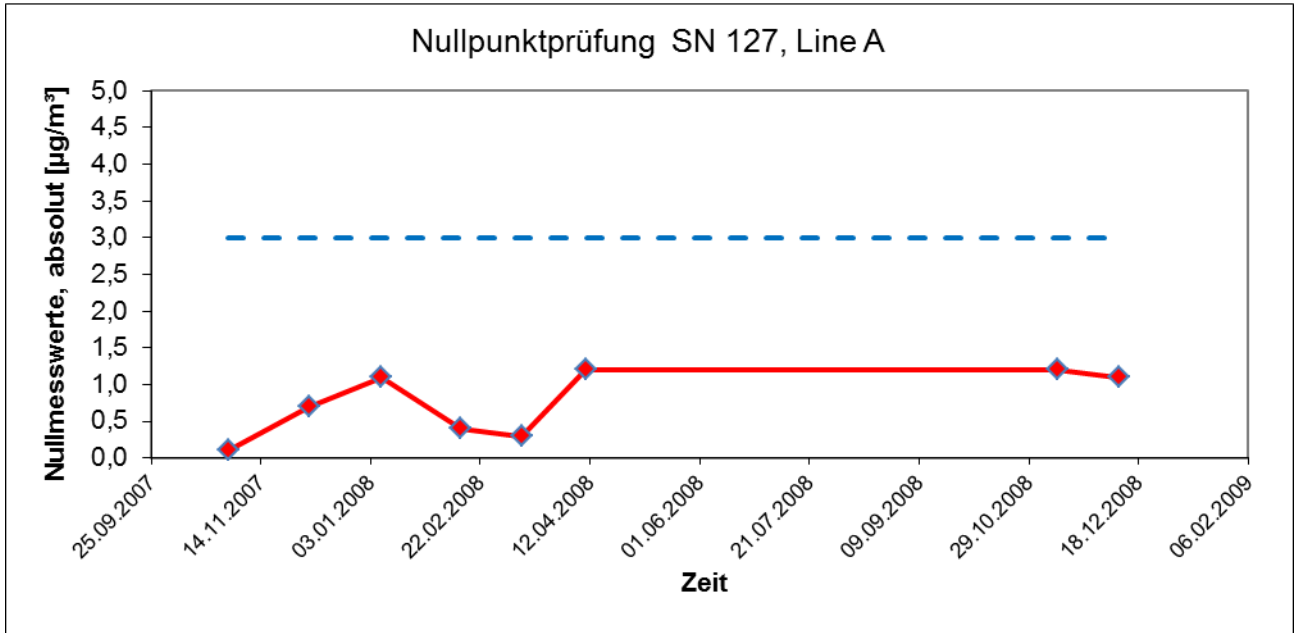


Abbildung 43: Nullpunktdrift SN 127, Linie A

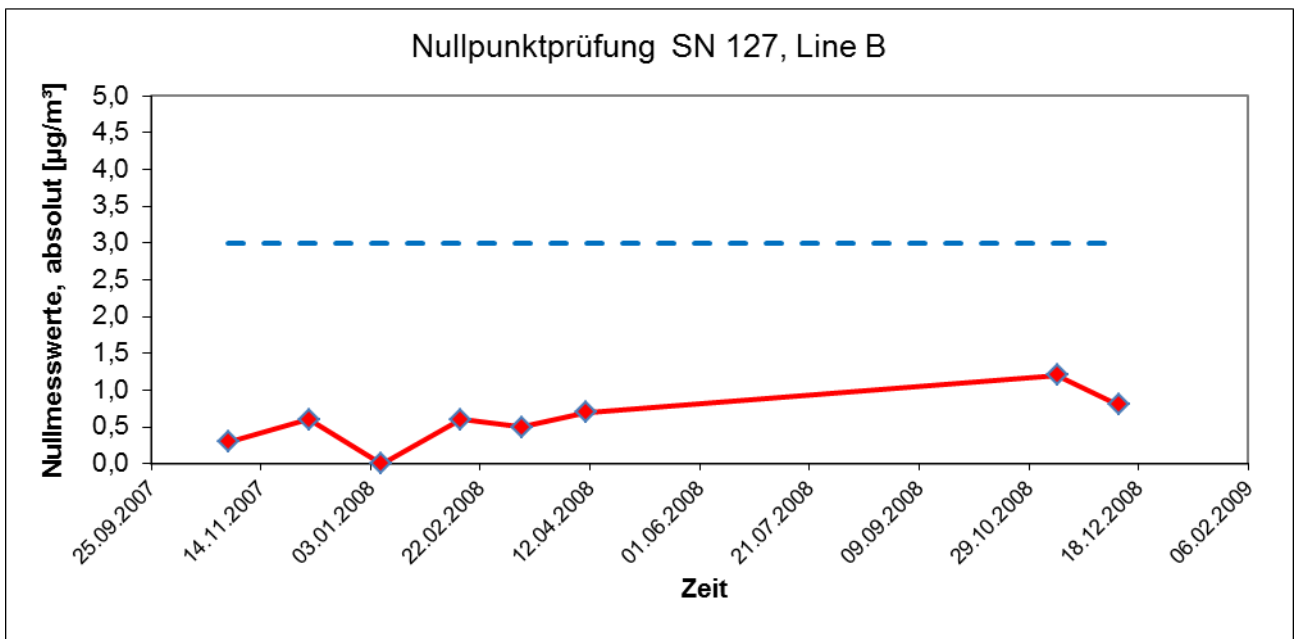


Abbildung 44: Nullpunktdrift SN 127, Linie B

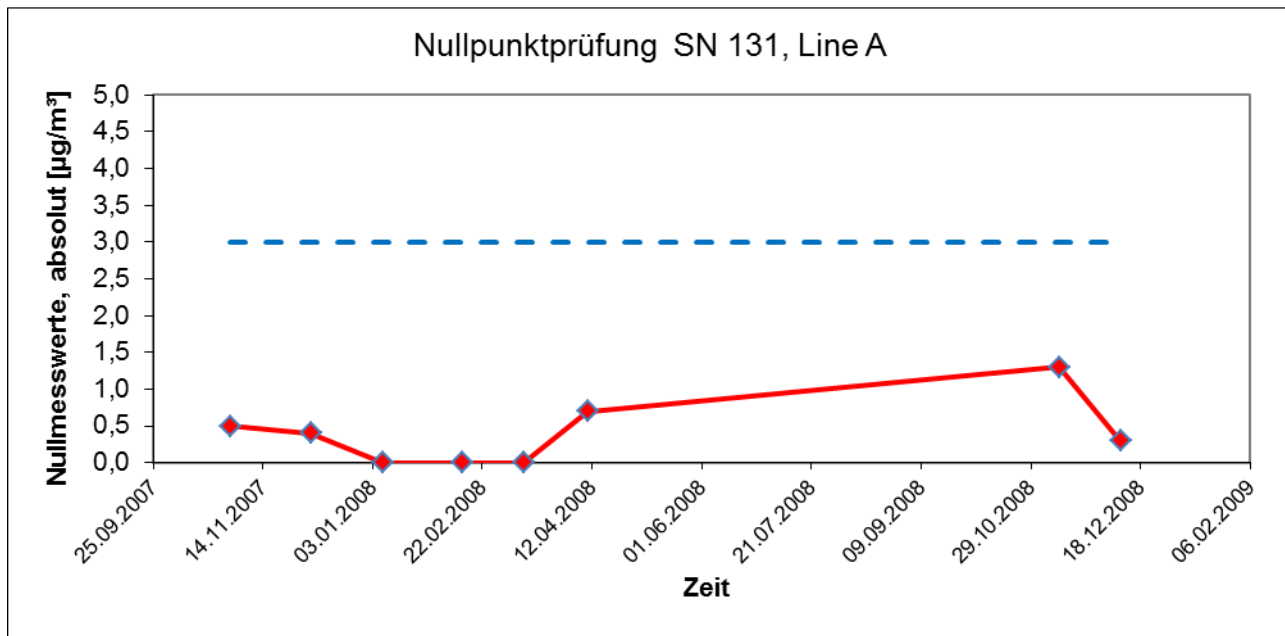


Abbildung 45: Nullpunkt drift SN 131, Linie A

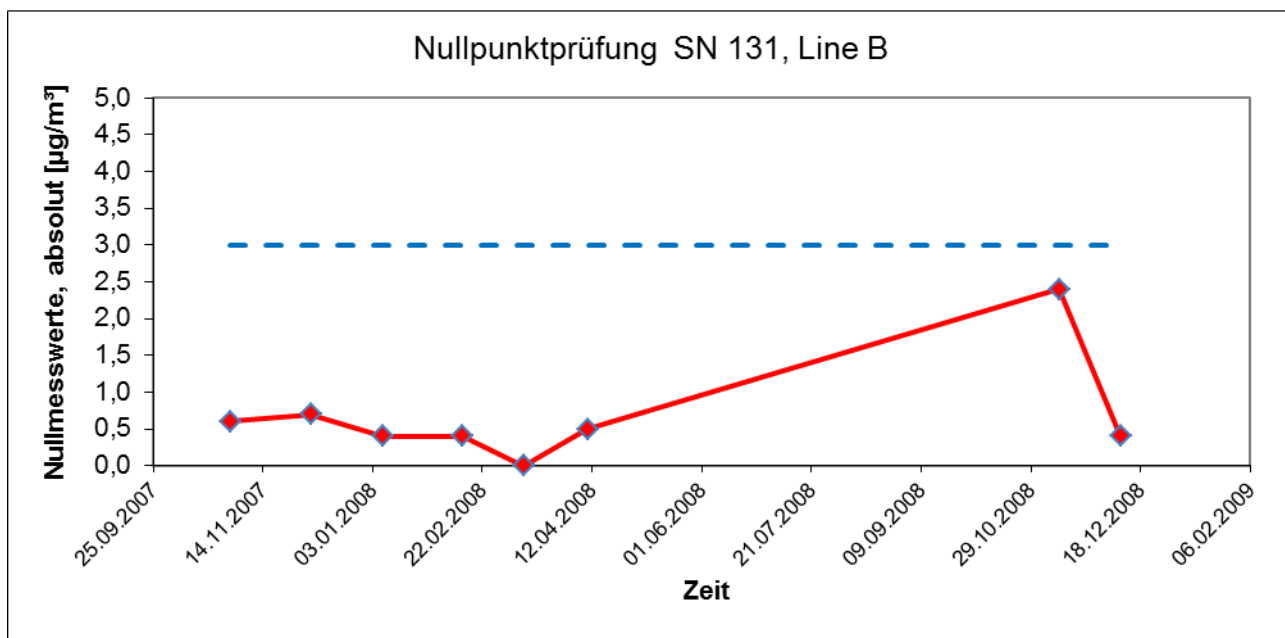


Abbildung 46: Nullpunkt drift SN 131, Linie B

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

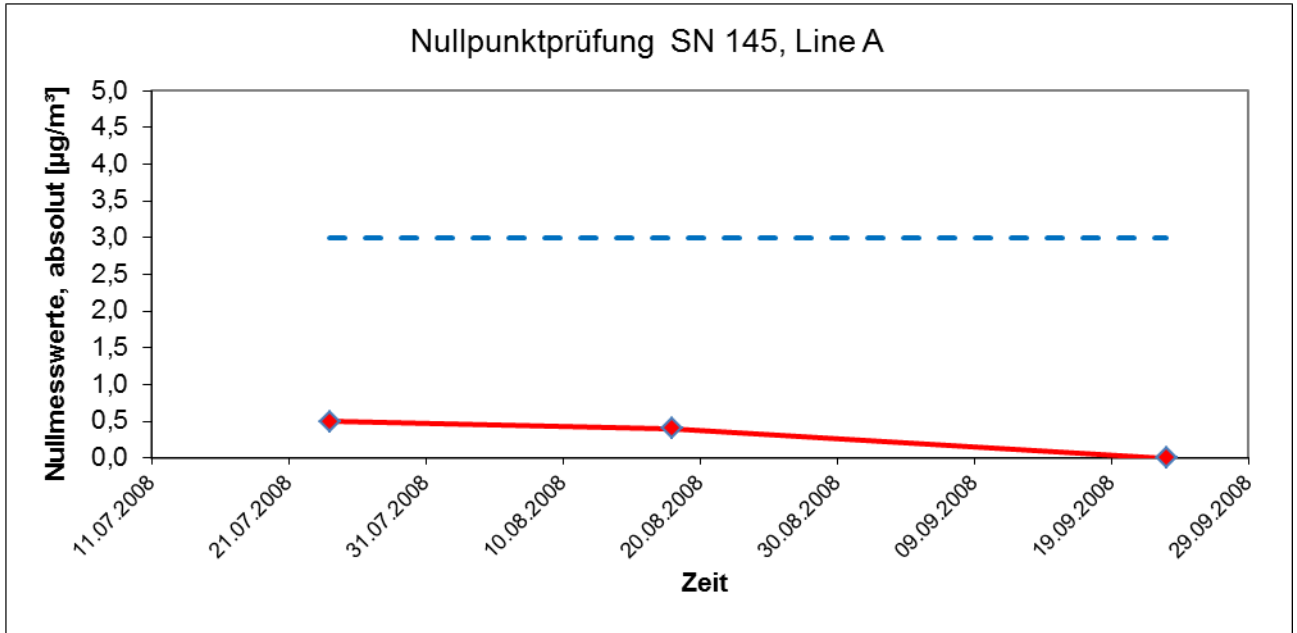


Abbildung 47: Nullpunktdrift SN 145, Linie A

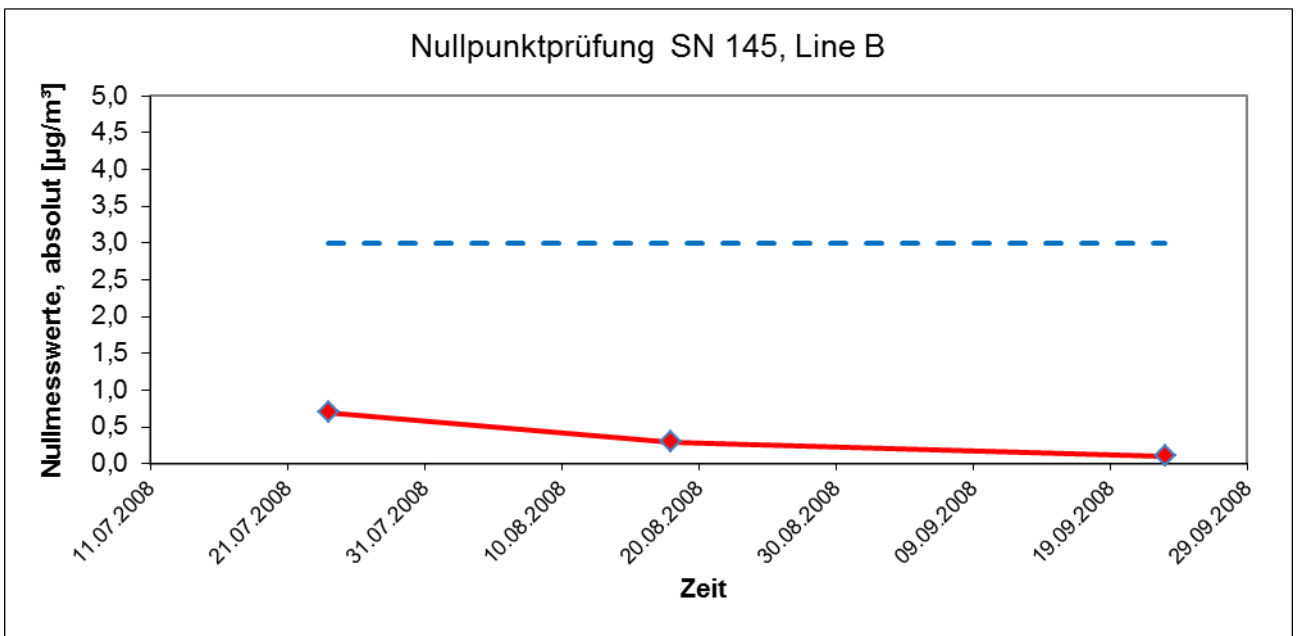


Abbildung 48: Nullpunktdrift SN 145, Linie B



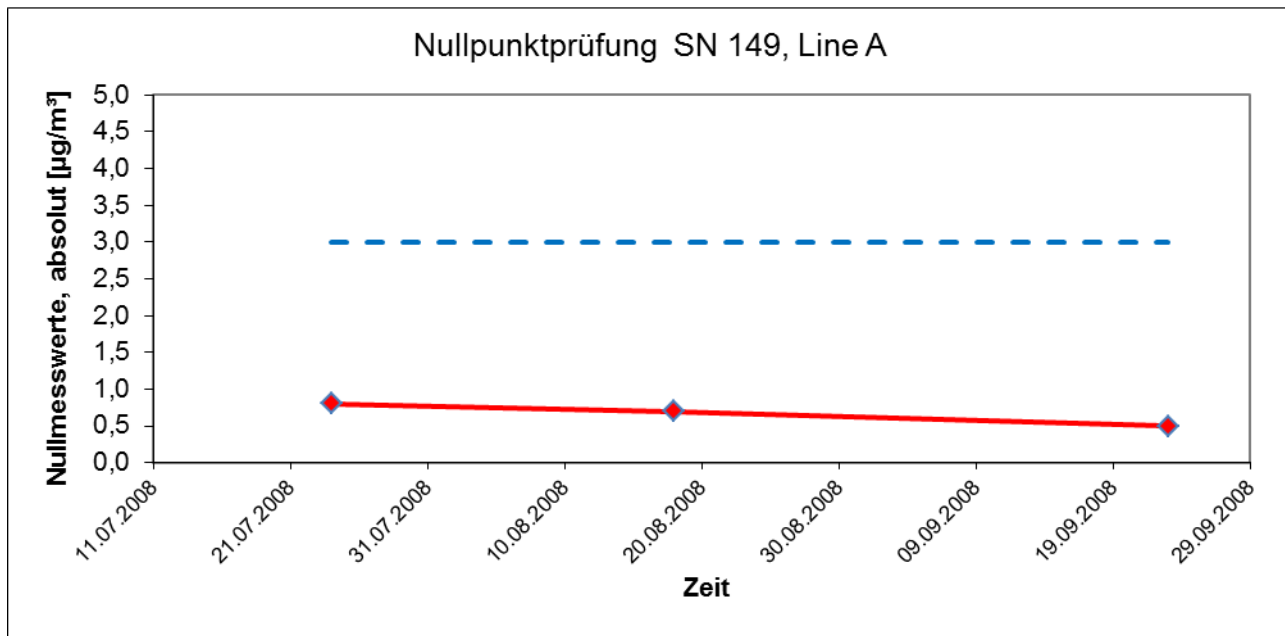


Abbildung 49: Nullpunkt drift SN 149, Linie A

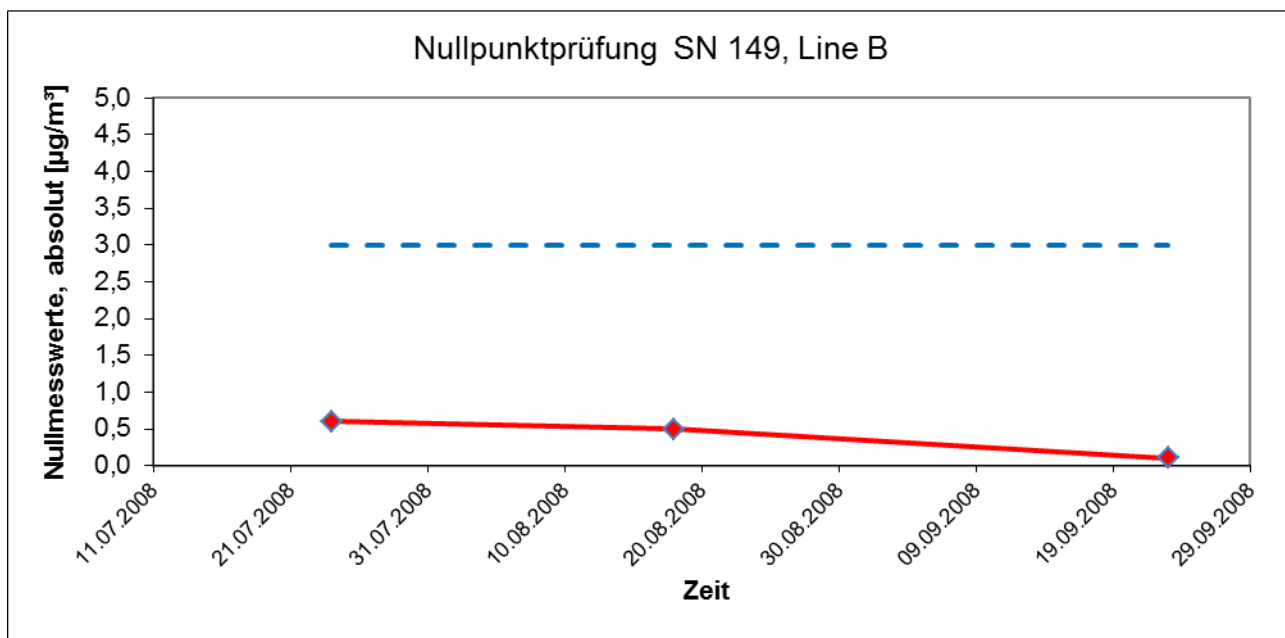


Abbildung 50: Nullpunkt drift SN 149, Linie B

## 6.1 13 Aufzeichnung der Betriebsparameter (7.5.4)

*Messeinrichtungen müssen in der Lage sein, Daten von Betriebszuständen zur telemetrischen Übermittlung – zumindest- der folgenden Parameter bereitzustellen:*

- *Volumenstrom;*
- *Druckabfall über dem Probenahmefilter (falls zutreffend);*
- *Probenahmedauer;*
- *Probenvolumen (falls zutreffend);*
- *Massenkonzentration der betreffenden Staubfraktion(en);*
- *Außenlufttemperatur;*
- *Außenluftdruck;*
- *Lufttemperatur in der Messeinheit;*
- *Temperatur des Probeneinlasses, wenn ein beheizter Probeneinlass angewendet wird.*

*Die Ergebnisse von automatischen/funktionalen Überprüfungen müssen, sofern verfügbar, aufgezeichnet werden.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Modem, PC mit Software „DR FAI Manager“ bzw. Hyperterminal

## 6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde ein Modem angeschlossen. Mittels Datenfernübertragung wurden u. a. die Statussignale des Gerätes erfasst.

Die Zugriffsmöglichkeiten auf die Messeinrichtung via Bediensoftware DR FAI Manager sowie via Hyperterminal wurden überprüft.

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung. Es stehen zum einen eine Reihe von Lese-, Schreib- und Steuerbefehlen zur Verfügung - eine vollständige Übersicht enthält die Bedienungsanleitung zur Messeinrichtung.

Die Übermittlung von Betriebszuständen sowie der relevanten Parameter wie

- Volumenstrom
- Druckabfall über Probenahmefilter
- Probenahmedauer
- Probenvolumen
- Massenkonzentrationen der betreffenden Staubfraktionen
- Außenlufttemperatur, -druck, -feuchte
- Temperatur am Sammelpunkt (Filter)....

ist möglich.

Des Weiteren werden Ergebnisse der internen Tests zur Qualitätssicherung / Funktionsüberwachung im System gespeichert.

Mittels der Bediensoftware DR FAI Manager bequem der aktuelle Gerätestatus überwacht sowie die gespeicherten Daten als Text-File ausgelesen werden (siehe hierzu Abbildung 13 bis Abbildung 19 unter Punkt 3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung).

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung- und -steuerung leicht möglich.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde RS232 direkt ein PC an die Messeinrichtung angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft.

#### **6.4 Auswertung**

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege (Ethernet, RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.

#### **6.5 Bewertung**

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung über verschiedene Wege (Ethernet, RS232). Betriebszustände und relevante Parameter werden bereitgestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

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

Hier nicht erforderlich.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 107 von 240

## **6.1 14 Tagesmittelwerte (7.5.5)**

*Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für die Prüfung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung eines Tagesmittelwertes ermöglicht.

## **6.4 Auswertung**

Für SWAM 5a Dual Channel Monitor / SWAM 5a Monitor

Die Messeinrichtung ermöglicht die Bildung von Mittelwerten für Probenahmezeiten von 8 h bis zu 168 h. Für den Filterwechsel / Filterbewegungen im Gerät und für jeden Zyklus durchgeführte Maßnahmen zur Qualitätssicherung (interne Dichtheitsprüfung und interne Überprüfung der Messung der Durchflussrate) werden insgesamt ca. 11 – 12 min benötigt – dies entspricht ca. 0,8 % der Mittelungszeit (24 h).

Für SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor

Die Messeinrichtung arbeitet mit einer Zykluszeit von 1 h. Für den Filterwechsel / Filterbewegungen im Gerät (für jeden Zyklus) werden ca. 1-2 min benötigt. Des Weiteren beinhalten 2 von insgesamt 24 Zyklen pro Tag weitere Maßnahmen zur Qualitätssicherung (z.B. Überprüfung von Sensoren) – hierzu werden ca. 3 min pro Zyklus benötigt – dies entspricht ca. 5 % der Mittelungszeit (1 h). Bei dieser Geräteversion wird die interne Dichtheitsprüfung und die interne Überprüfung der Messung der Durchflussrate mit jedem Neustart eines Programmes sowie nach Bedarf durch Absetzen eines Befehls z.B. via RS232 durchgeführt. Der Zeitbedarf für diese Maßnahmen liegt dann bei ca. 10 min, so dass auch in diesem Fall die reale Probenahmezeit in dem betroffenen Zyklus größer 75 % der Zykluszeit ist.

Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist somit gesichert möglich.

Die Messeinrichtung legt zu jeder Messung bzw. Probenahme das Verhältnis in % zwischen realer Probenahmezeit und nominaler Zykluszeit im Speicher ab.

## **6.5 Bewertung**

Die Bildung von validen Tagesmittelwerten ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Hier nicht erforderlich.

## **6.1 15 Verfügbarkeit (7.5.6)**

*Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung muss mindestens 90 % betragen.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der vier Feldteststandorte aus der Erstprüfung [11] bestimmt. Der ordnungsgemäße Betrieb der Messgeräte wurde bei jedem Vor-Ort-Besuch (i.d.R. arbeits-täglich) geprüft. Diese Prüfung umfasste Plausibilitätsprüfungen der Messwerte, der Status-signale und anderer relevanter Parameter (siehe 7.5.4). Zeitpunkt, Dauer und Art von Be-triebsstörungen sind aufzuzeichnen.

Zur Berechnung der Verfügbarkeit wird die gesamte Zeitspanne in der Feldprüfung verwen-det, während der valide Messdaten für die Außenluftkonzentrationen gewonnen werden. Da-bei sollte die für planmäßige Kalibrierungen und Wartungsarbeiten (Reinigung, Austausch von Verbrauchsmaterialien) aufgewendete Zeit nicht einbezogen werden.

Die Verfügbarkeit wird wie folgt berechnet:

$$A = \frac{t_{\text{valid}} + t_{\text{cal,maint}}}{t_{\text{field}}}$$

Dabei ist

$t_{\text{valid}}$  die Zeitspanne, in der valide Daten erfasst wurden;

$t_{\text{cal,maint}}$  die für planmäßige Kalibrierungen und Wartungsarbeiten aufgewendete Zeit;

$t_{\text{field}}$  die Gesamtdauer der Feldprüfung.

Im Rahmen der Erstprüfung wurden insgesamt 2 baugleiche Gerätesätze folgendermaßen eingesetzt:

- SN 127 & SN 131 an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Brühl

- SN 145 & SN 145 am Feldteststandort Teddington

Die Ermittlung der Gesamtverfügbarkeit erfolgte entsprechend getrennt für die verschiede-nen Gerätesätze.

## **6.4 Auswertung**

### **a) SN 127 & SN 131 an den Feldteststandorten Köln, Bonn und Brühl**

Tabelle 36 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten an den Feldteststandorten Köln 2007, Bonn und Brühl. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von 245 Messtagen betrieben. Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 28.10.2007 und 29.10.2007 (Umstellung von Sommerzeit auf Winterzeit), am 06.01.2008 und 07.01.2008 (Filtervorrat erschöpft), am 26.03.2008 und 27.03.2008 (Umstellung von Winterzeit auf Sommerzeit), am 03.11.2008 und 04.11.2008 (Filtervorrat erschöpft) sowie vom 06.11.2008 bis zum 10.11.2008 (5 d wegen Austausch der TÜV-Messstation) verzeichnet. Dadurch reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 232 Messtage.

Die regelmäßige Überprüfung der Nullpunkte im Rahmen der Driftuntersuchungen führen zu insgesamt 7 Tagen Ausfallzeit.

Wartungszeiten beschränkten sich im Rahmen der Prüfung im Wesentlichen auf die Reinigung der Probenahmeköpfe (13-mal), sowie zusätzlich die Kontrolle der Durchflussraten und der Dichtigkeit zu eines Feldteststandortes (insgesamt 3 mal). Die Durchführung dieser Tätigkeiten führte pro Gerät zu Ausfällen von weniger als 1 h pro Check (insgesamt 16 x im Test) und führen nicht zum Verwerfen des betroffenen Tagesmittelwertes.

Am 22.10.2007 und am 23.10.2007 musste die Messwerte des Gerätes SN 127 wegen eines Wassereintruchs verworfen werden.

Durch einen Kabelbruch am Schwenkarm der Betamessung kam es vom 19.10.2008 bis zum 23.10.2008 zum Ausfall der Messeinrichtung SN 131. Um derartige Ausfälle in Zukunft zu vermeiden, wurde das betroffene Kabel durch ein stabileres Kabel ersetzt und günstiger im Gerät platziert und fixiert.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

### **b) SN 145 & SN 149 am Feldteststandort Teddington**

Tabelle 37 zeigt eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten am Feldteststandort Teddington. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von 91 Messtagen betrieben. Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden am 06.08.2008 (Stromausfall) verzeichnet. Dadurch reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 90 Messtage.

Die regelmäßige Überprüfung der Nullpunkte im Rahmen der Driftuntersuchungen führen zu insgesamt 3 Tagen Ausfallzeit.

Wartungszeiten beschränkten sich im Rahmen der Prüfung im Wesentlichen auf die Reinigung der Probenahmeköpfe (7-mal), sowie zusätzlich die Kontrolle der Durchflussraten und der Dichtigkeit zu eines Feldteststandortes (insgesamt 1-mal). Die Durchführung dieser Tätigkeiten führte pro Gerät zu Ausfällen von weniger als 1 h pro Check (insgesamt 8 x im Test) und führen nicht zum Verwerfen des betroffenen Tagesmittelwertes.

Durch einen defekten Sensor zur Positionsbestimmung der Abdeckung der Betaquelle kam es vom 27.08.2008 bis zum 29.08.2008 zum Ausfall der Messeinrichtung SN 145. Der defekte Sensor wurde vom Service der Firma FAI Instruments s.r.l. ausgetauscht.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

## 6.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für SN 127 99,1 %, für SN 131 97,8 %, für SN 145 96,7 % und für SN 149 100 %.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 36: Ermittlung der Verfügbarkeit (Köln 2007, Bonn, Brühl)

		Gerät 1 (SN 127)	Gerät 2 (SN 131)
Einsatzzeit ( $t_{\text{field}}$ )	h	5568	5568
Ausfallzeit	h	48	120
Wartungszeit inkl. Nullfilter ( $t_{\text{cal,maint}}$ )	h	184	184
Tatsächliche Betriebszeit ( $t_{\text{valid}}$ )	h	5336	5264
Verfügbarkeit	%	99,1	97,8

Tabelle 37: Ermittlung der Verfügbarkeit (Teddington)

		Gerät 1 (SN 145)	Gerät 2 (SN 149)
Einsatzzeit ( $t_{\text{field}}$ )	h	2160	2160
Ausfallzeit	h	72	-
Wartungszeit inkl. Nullfilter ( $t_{\text{cal,maint}}$ )	h	80	80
Tatsächliche Betriebszeit ( $t_{\text{valid}}$ )	h	2008	2080
Verfügbarkeit	%	96,7	100

## 6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (7.5.8.4 & 7.5.8.8)

Gemäß der Version des Leitfadens vom Januar 2010 [5] müssen zum Nachweis der Äquivalenz die folgenden 5 Kriterien erfüllt werden:

1. Vom Gesamtdatensatz müssen mindestens 20 % der Konzentrationswerte (ermittelt mit Referenzmethode) größer sein als die in 2008/50/EG [8] festgelegte obere Beurteilungsschwelle für Jahresgrenzwerte, d.h. 28 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>. Wenn dies auf Grund niedriger Konzentrationslevel nicht gewährleistet werden kann, wird eine Mindestanzahl von 32 Wertepaaren als ausreichend erachtet.
2. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen muss kleiner sein als 2,5 µg/m<sup>3</sup> für alle Daten sowie für einen Datensatz mit Daten größer/gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>.
3. Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten muss kleiner sein als 2,0 µg/m<sup>3</sup>.
4. Die erweiterte Unsicherheit ( $W_{CM}$ ) wird berechnet bei 50 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> und bei 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> für jeden einzelnen Prüfling gegen den Mittelwert der Referenzmethode. Für jeden der folgenden Fälle muss die erweiterte Unsicherheit kleiner 25 % sein:
  - Gesamtdatensatz;
  - Datensatz mit PM-Konzentrationen größer/gleich 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> oder größer/gleich 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>, vorausgesetzt der Datensatz enthält 40 oder mehr gültige Datenpaare;
  - Datensätze für jeden einzelnen Standort.
5. Voraussetzung für die Akzeptanz des Komplettdatensatzes ist, dass die Steigung  $b$  insignifikant verschieden ist von 1:  $|b - 1| \leq 2 \cdot u(b)$  und der Achsabschnitt  $a$  insignifikant verschieden ist von 0:  $|a| \leq 2 \cdot u(a)$ . Wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, dann können die Prüflinge mit den Werten des Gesamtdatensatzes für die Steigung und/oder für den Achsabschnitt kalibriert werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Erfüllung der 5 Kriterien geprüft:

Unter Punkt 6.1 16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS  $u_{bs,AMS}$  (7.5.8.4) werden die Kriterien 1 und 2 geprüft.

Unter Punkt 6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) werden die Kriterien 3, 4 und 5 geprüft.

Unter Punkt 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8) erfolgt eine Auswertung für den Fall, dass Kriterium 5 nicht ohne Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen erfüllt werden kann.



## **6.1 16 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den AMS $u_{bs,AMS}$ (7.5.8.4)**

*Die Unsicherheit zwischen den AMS muss  $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sein.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor wurde im ursprünglichen Feldtest sowie in den Kampagnen zur Qualifizierung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor in insgesamt sechs verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als die obere Beurteilungsschwelle gemäß 2008/50/EG [8]. Für PM<sub>2,5</sub> liegt die obere Beurteilungsschwelle bei  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , für PM<sub>10</sub> bei  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wenn dies auf Grund niedriger Konzentrationslevel nicht gewährleistet werden kann, wird eine Mindestanzahl von 32 Wertepaaren als ausreichend erachtet.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (6 Vergleiche, für PM<sub>10</sub>: 409 valide Messwertpaare für SN 127 / SN 145 und SN 248, 419 valide Messwertpaare für SN 131, SN 149 und SN 249; für PM<sub>2,5</sub>: 327 valide Messwertpaare für SN 127 / SN 145 und SN 248, 325 valide Messwertpaare für SN 131, SN 149 und SN 249) liegen insgesamt 35 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>2,5</sub> sowie insgesamt 25,8 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>10</sub>. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

Für die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor wurde die Äquivalenz zur Referenzmethode mit jeweils einer exemplarischen Vergleichskampagne überprüft.

## **6.4 Auswertung**

Gemäß Punkt 7.5.8.4 der Richtlinie DIN EN 16450 gilt:

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  muss  $\leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegen. Eine Unsicherheit über  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam (Kompletter Datensatz)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>2,5</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM<sub>10</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 113 von 240

Darüber hinaus erfolgt in diesem Bericht informativ auch eine Auswertung für die folgenden Datensätze:

- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten < 18 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten < 30 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

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:

$$u_{bs,AMS}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

mit  $y_{i,1}$  und  $y_{i,2}$  = Ergebnisse der parallelen Messungen einzelner 24h-Werte  $i$   
 $n$  = Anzahl der 24h-Werte

## 6.5 Bewertung

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  liegt für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor mit maximal 0,79 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> und mit maximal 1,19 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m<sup>3</sup>. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  liegt für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor mit 0,74 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> und mit 0,73 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m<sup>3</sup>. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  liegt für die Geräteversion SWAM 5a Monitor mit 0,56 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> und mit 0,63 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> ebenfalls unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m<sup>3</sup>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Für SWAM 5a Dual Channel Monitor:

Tabelle 38 und Tabelle 39 führen die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 51 bis Abbildung 68.

Für SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor:

Tabelle 40 und Tabelle 41 führen die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 69 bis Abbildung 70.

Für SWAM 5a Monitor:

Tabelle 42 und Tabelle 43 führen die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs}$  auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 71 bis Abbildung 72.

Tabelle 38: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 127 / 145 / 248 und SN 131 / 149 / 249, Version SWAM 5a Dual Channel Monitor, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Alle</b>	<b>Alle Standorte</b>	<b>442</b>	<b>0,71</b>
Einzelstandorte			
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände (2007)	100	0,69
127 / 131	Bonn, Belderberg	64	0,42
127 / 131	Brühl	55	0,63
145 / 149	Teddington	83	0,44
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände (2011)	67	1,33
248 / 249	Bornheim	73	0,32
Klassierung über Referenzwerte			
<b>Alle</b>	<b>Werte <math>\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>91</b>	<b>0,79</b>
Alle	Werte $< 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$	221	0,45

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 115 von 240

Tabelle 39: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 127 / 145 / 248 und SN 131 / 149 / 249, Version SWAM 5a Dual Channel Monitor, Messkomponente PM<sub>10</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
SN			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>Alle</b>	<b>Alle Standorte</b>	<b>455</b>	<b>0,66</b>
Einzelstandorte			
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände (2007)	100	0,87
127 / 131	Bonn, Belderberg	64	0,45
127 / 131	Brühl	55	0,56
145 / 149	Teddington	83	0,53
127 / 131	Köln, Parkplatzgelände (2011)	80	0,88
248 / 249	Bornheim	73	0,35
Klassierung über Referenzwerte			
<b>Alle</b>	<b>Werte <math>\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>91</b>	<b>1,19</b>
Alle	Werte $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	221	0,46

Tabelle 40: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 111 und SN 112, Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
111 / 112	Köln, Parkplatzgelände (2011)	77	0,74

Tabelle 41: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 111 und SN 112, Version SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor, Messkomponente PM<sub>10</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
111 / 112	Köln, Parkplatzgelände (2011)	77	0,73

Tabelle 42: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 331 und SN 333, Version SWAM 5a Monitor, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
331 / 333	Bornheim	53	0,56

Tabelle 43: Unsicherheit zwischen den Prüflingen  $u_{bs,AMS}$  für die Testgeräte SN 329 und SN 330, Version SWAM 5a Monitor, Messkomponente PM<sub>10</sub>

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs,AMS}$
329 / 330	Bornheim	77	0,63

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 117 von 240

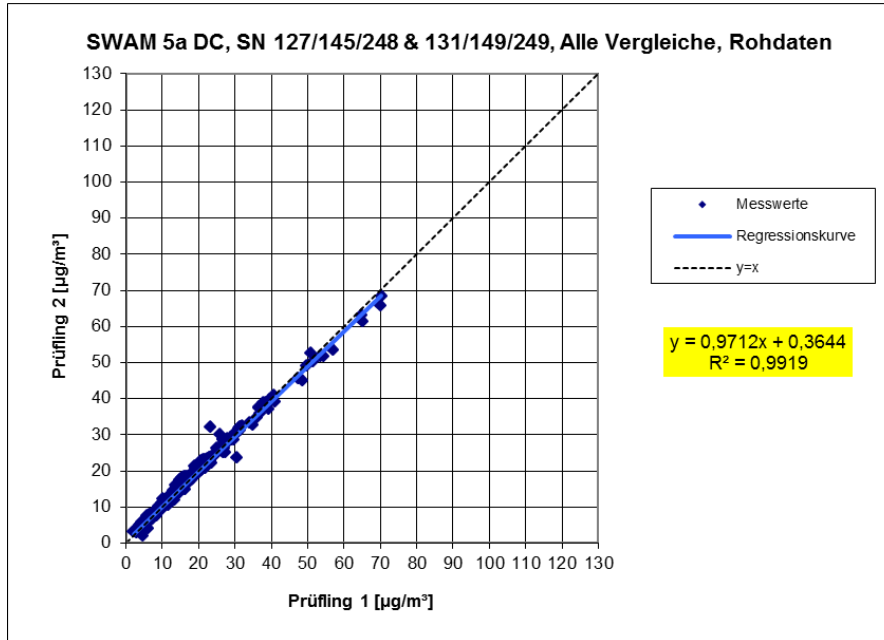


Abbildung 51: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, SWAM 5a DC, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, alle Standorte

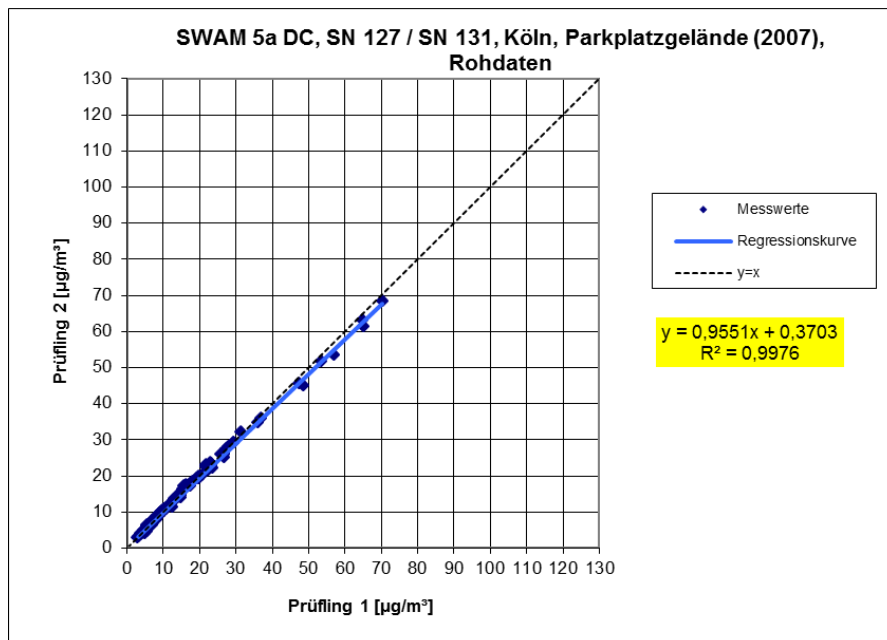


Abbildung 52: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2007)

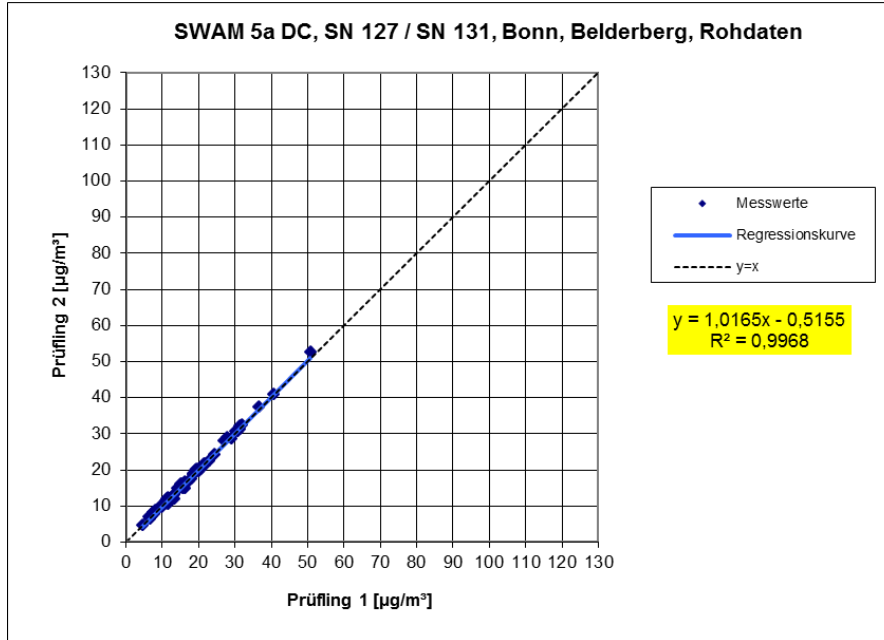


Abbildung 53: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Bonn, Belderberg

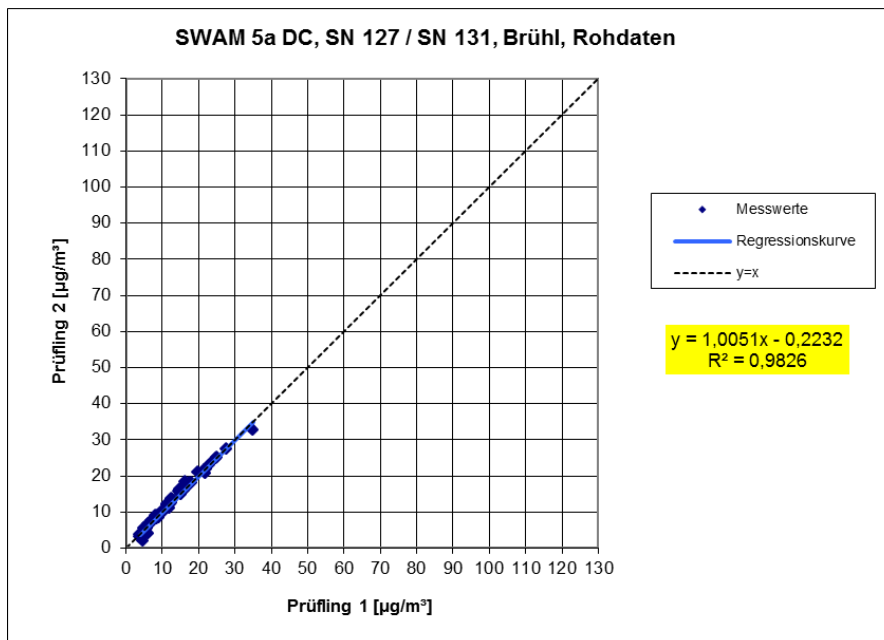


Abbildung 54: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Brühl

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 119 von 240

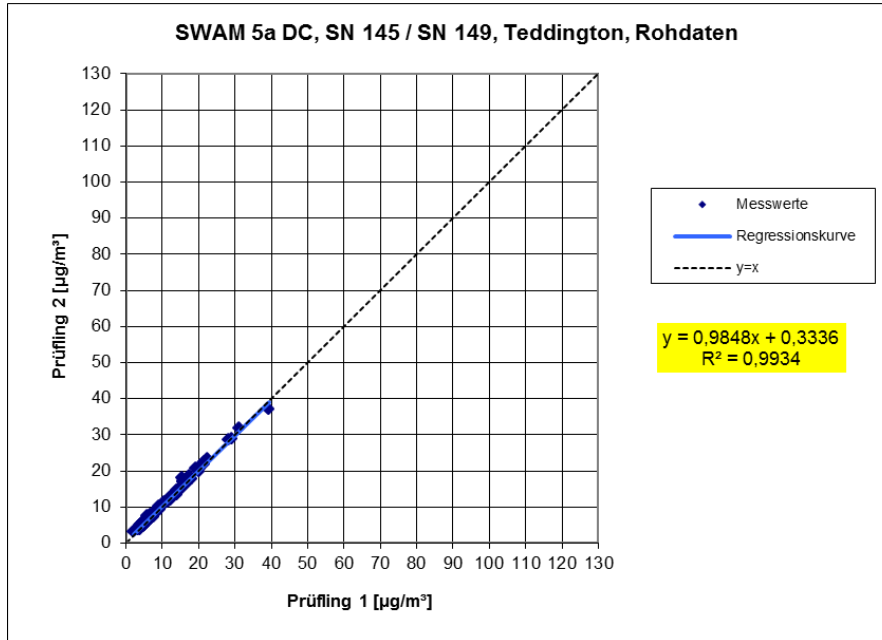


Abbildung 55: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Teddington

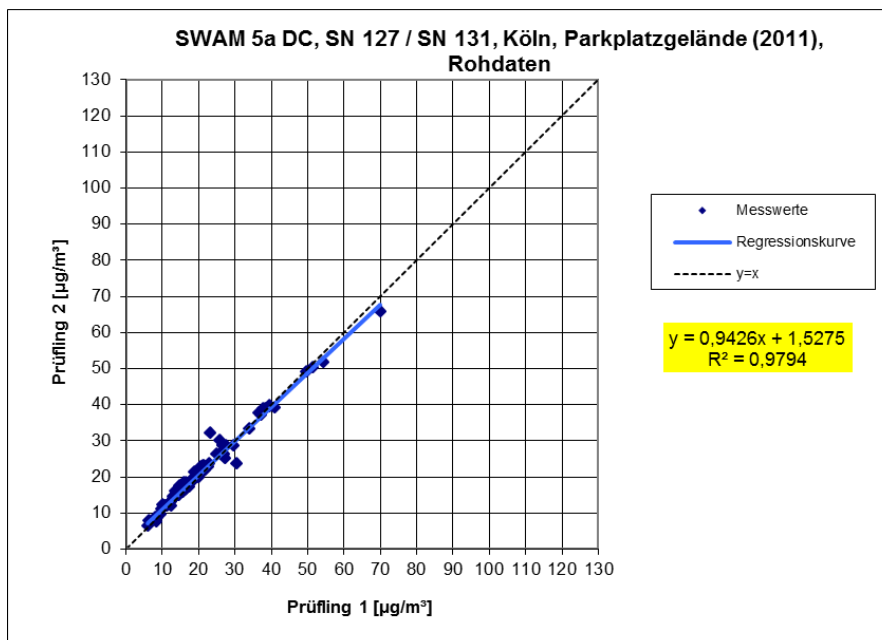


Abbildung 56: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011)



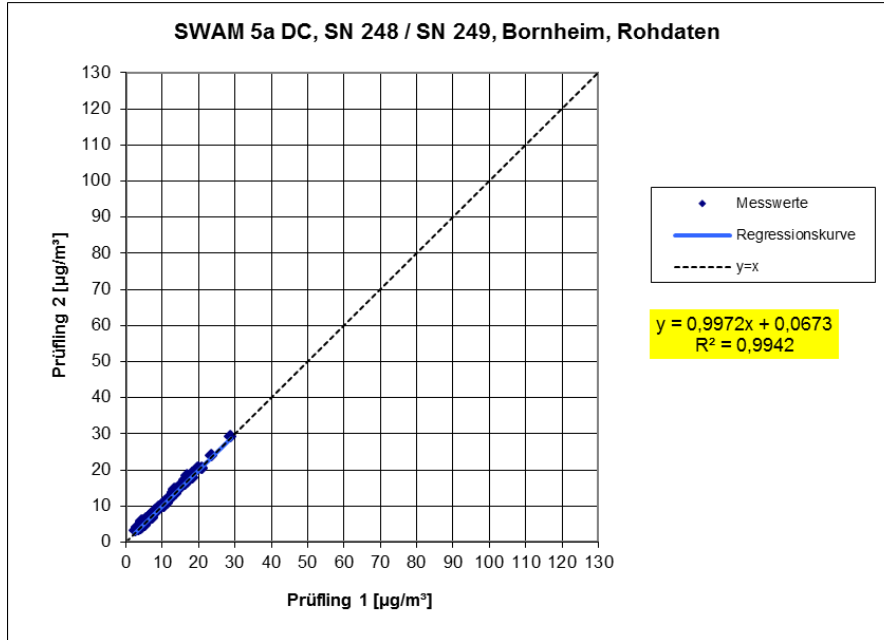


Abbildung 57: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 248 / SN 249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, Standort Bornheim

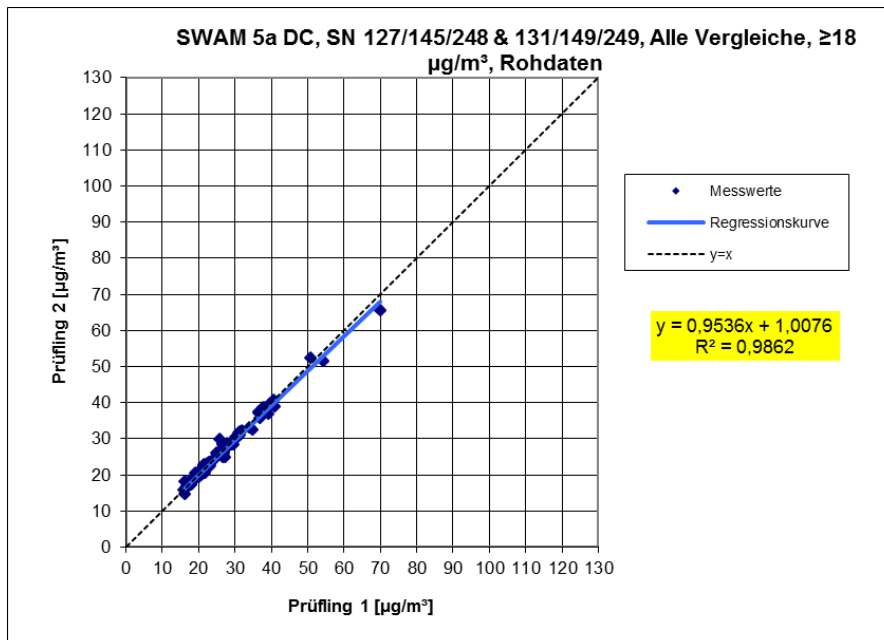


Abbildung 58: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte  $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 121 von 240

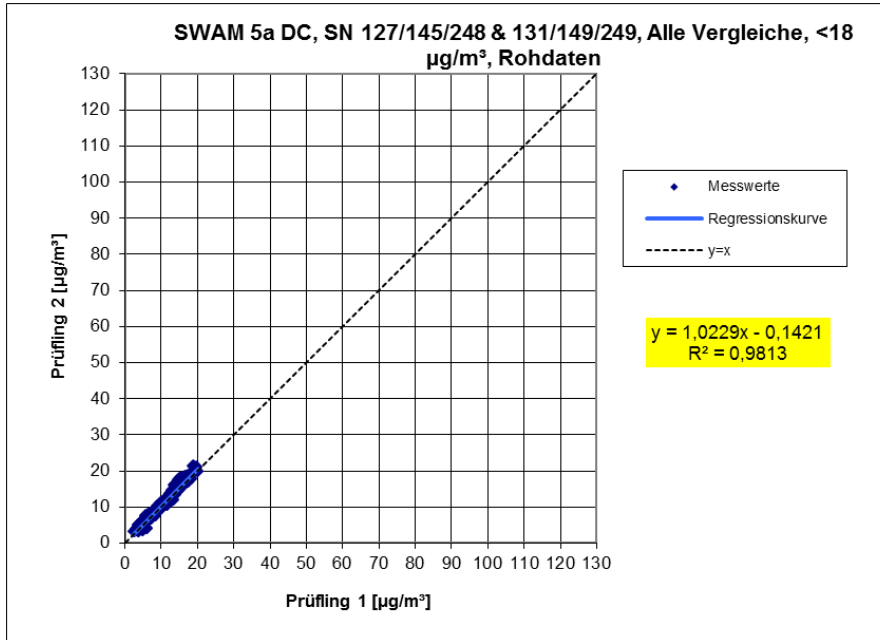


Abbildung 59: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte < 18 µg/m<sup>3</sup>

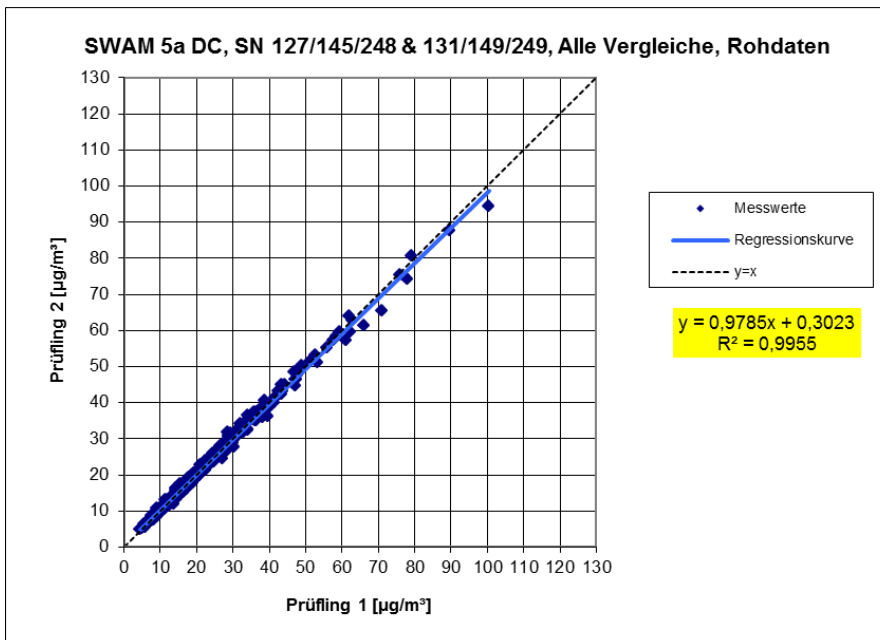


Abbildung 60: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, alle Standorte

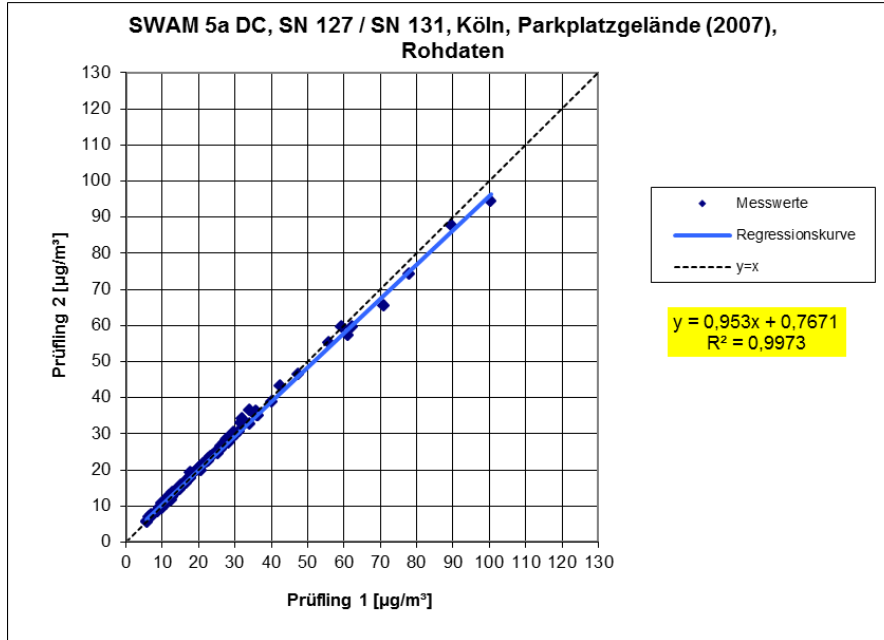


Abbildung 61: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2007)

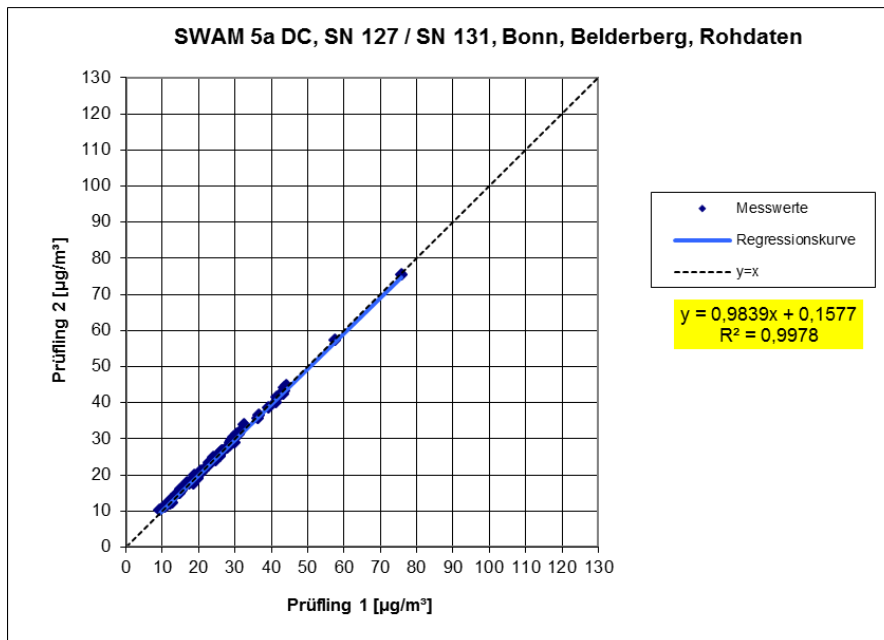


Abbildung 62: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Bonn, Belderberg

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

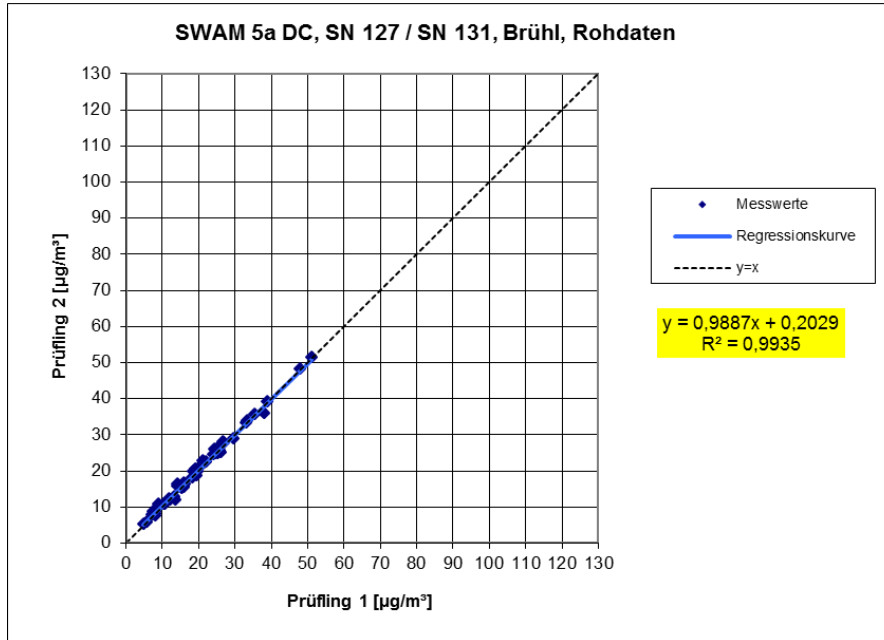


Abbildung 63: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Brühl

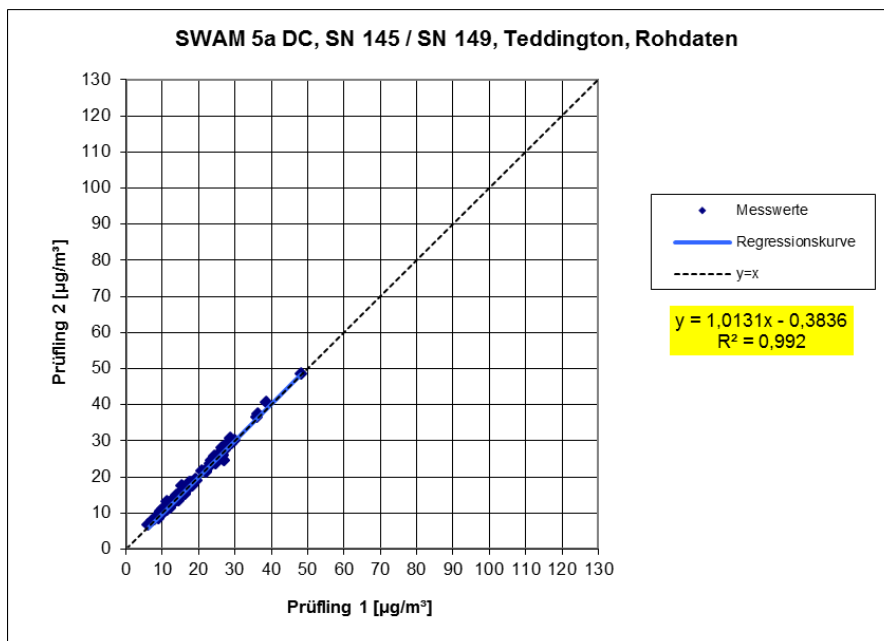


Abbildung 64: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 145 / SN 149, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Teddington

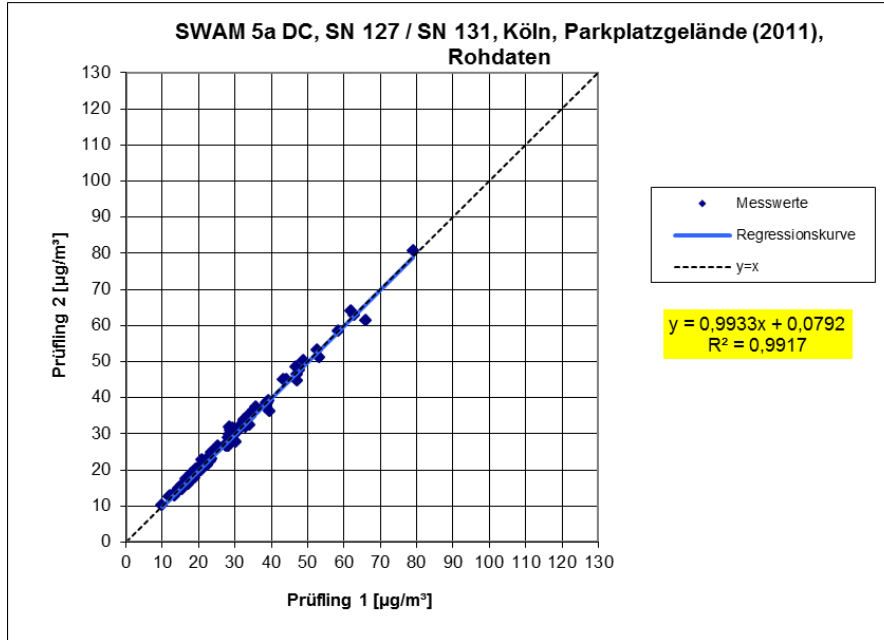


Abbildung 65: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127 / SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011)

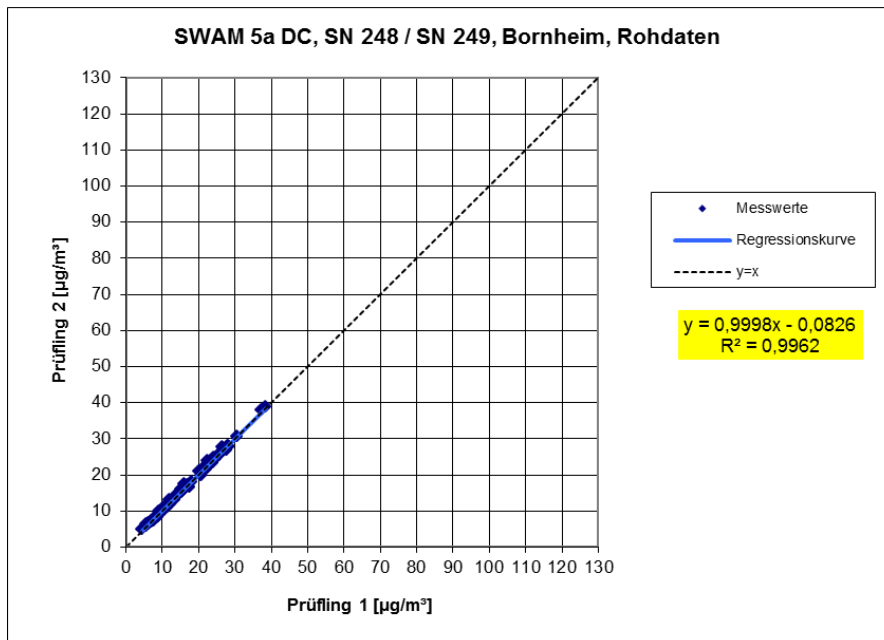


Abbildung 66: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 248 / SN 249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, Standort Bornheim

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

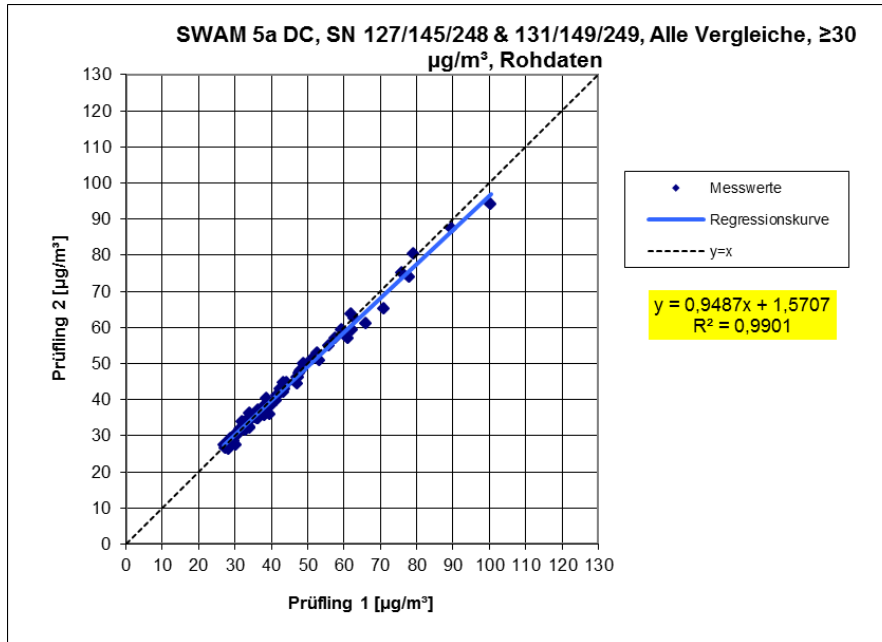


Abbildung 67: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte  $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

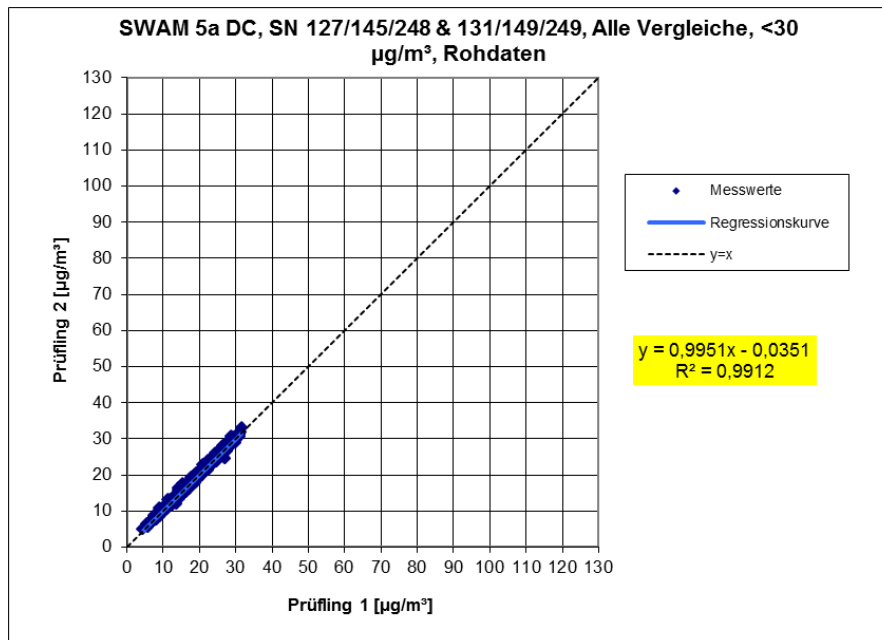


Abbildung 68: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 127/145/248 und SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC, alle Standorte, Werte  $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

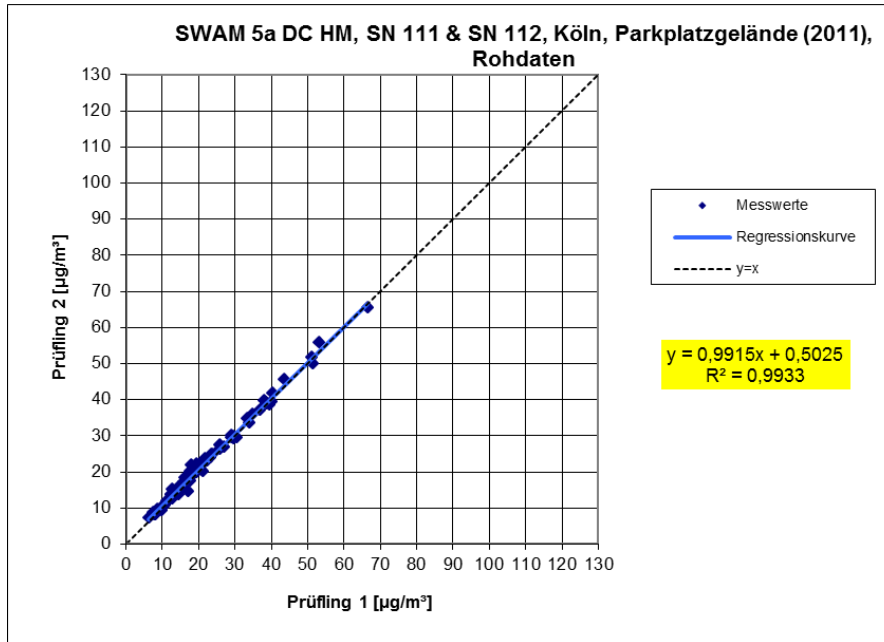


Abbildung 69: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 111 / SN 112, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a DC HM, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011)

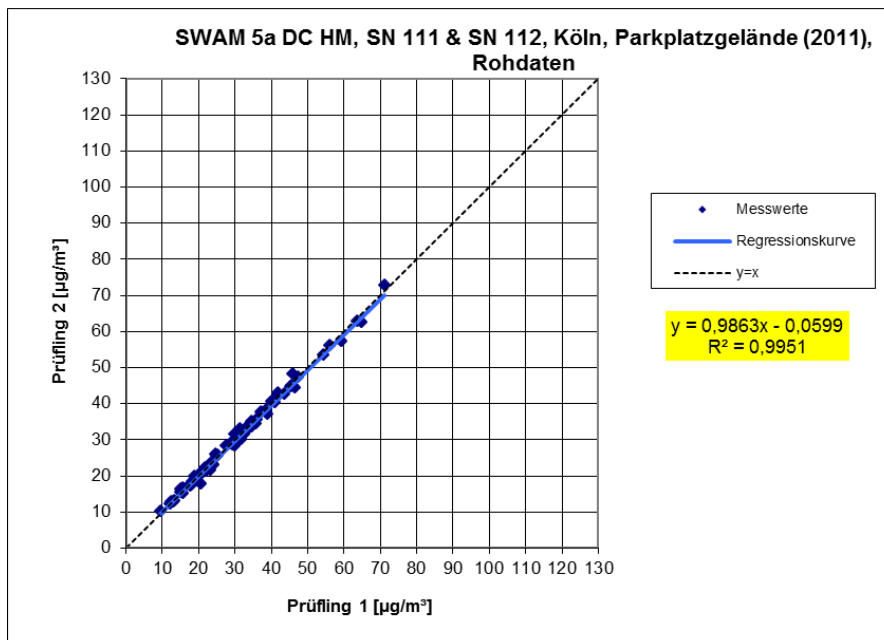


Abbildung 70: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 111 / SN 112, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a DC HM, Standort Köln, Parkplatzgelände (2011)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 127 von 240

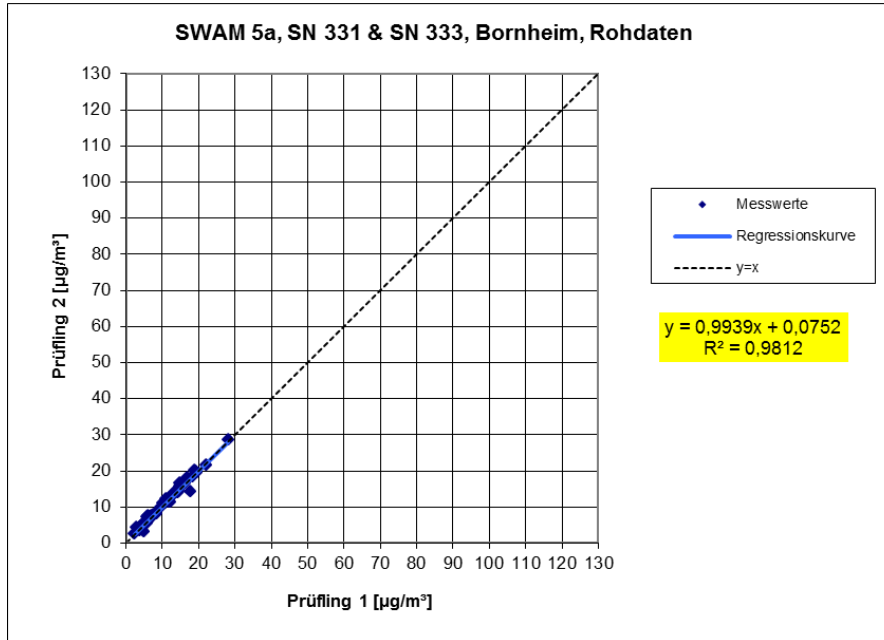


Abbildung 71: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 331 / SN 333, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a, Standort Bornheim

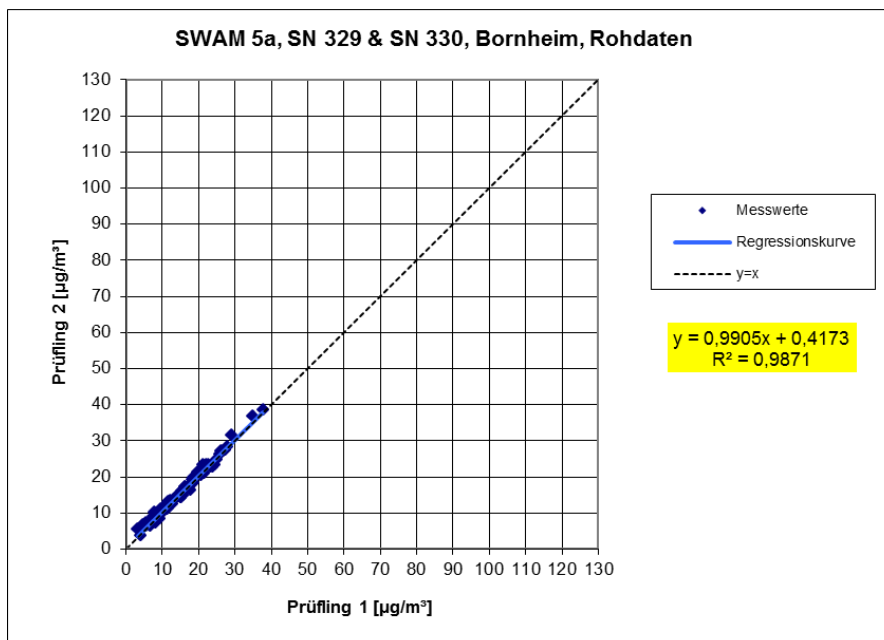


Abbildung 72: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 329 / SN 330, Messkomponente PM<sub>10</sub>, SWAM 5a, Standort Bornheim



## **6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)**

*Die erweiterte Messunsicherheit muss  $\leq 25\%$  bei der Konzentration des betreffenden Grenzwertes bezogen auf die Ergebnisse für den 24-h-Mittelwert sein – falls erforderlich nach der Kalibrierung*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 5 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

Die Prüfung für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor wurde im ursprünglichen Feldtest sowie in den Kampagnen zur Qualifizierung der Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor in insgesamt sechs verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub> Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als die obere Beurteilungsschwelle gemäß 2008/50/EG [8]. Für PM<sub>2,5</sub> liegt die obere Beurteilungsschwelle bei 17 µg/m<sup>3</sup>, für PM<sub>10</sub> bei 28 µg/m<sup>3</sup>. Wenn dies auf Grund niedriger Konzentrationslevel nicht gewährleistet werden kann, wird eine Mindestanzahl von 32 Wertepaaren als ausreichend erachtet.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (6 Vergleiche, für PM<sub>10</sub>: 409 valide Messwertpaare für SN 127 / SN 145 und SN 248, 419 valide Messwertpaare für SN 131, SN 149 und SN 249; für PM<sub>2,5</sub>: 327 valide Messwertpaare für SN 127 / SN 145 und SN 248, 325 valide Messwertpaare für SN 131, SN 149 und SN 249) liegen insgesamt 35 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> sowie insgesamt 25,8 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 28 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub>. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

Für die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor wurde die Äquivalenz zur Referenzmethode mit jeweils einer exemplarischen Vergleichskampagne überprüft.

## **6.4 Auswertung**

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.3]

Der Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge wird die Überprüfung der Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{ref}$  vorangestellt.

Die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  wird analog der Unsicherheit zwischen den Prüflingen bestimmt und muss  $\leq 2,0$  µg/m<sup>3</sup> sein.

Die Ergebnisse der Auswertung sind unter Punkt 6.6 zu diesem Prüfpunkt dargestellt.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.5 & 7.5.8.6]

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 den jeweils einzeln zu betrachtenden Prüflingen wird mittels orthogonaler Regression hergestellt.

Die Regression wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten  $PM_{2,5} \geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $PM_{10} \geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Zur weiteren Auswertung wird die Ergebnisunsicherheit  $u_{c,s}$  der Prüflinge aus dem Vergleich mit dem Referenzverfahren gemäß der folgenden Gleichung beschrieben, welche  $u_{CR}$  als eine Funktion der Feinstaubkonzentration  $x_i$  beschreibt.

$$u_{y_i}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [a + (b-1)L]^2$$

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

$u_{RM}$  = zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens;  $u_{RM}$  wird berechnet als  $u_{bs, RM}/\sqrt{2}$ , wo bei  $u_{bs, RM}$  die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten ist.

Algorithmen zur Berechnung des Achsabschnitts  $a$  sowie der Steigung  $b$  und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [9] ausführlich beschrieben.

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

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

Die Unsicherheit  $u_{CR}$  wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten  $PM_{2,5} \geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)
- 1 Datensatz mit Messwerten  $PM_{10} \geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Voraussetzung für die Akzeptanz des Gesamtdatensatzes ist gemäß Leitfaden:

- Die Steigung  $b$  ist insignifikant verschieden von 1:  $|b-1| \leq 2 \cdot u(b)$

Und

- Der Achsabschnitt  $a$  ist insignifikant verschieden von 0:  $|a| \leq 2 \cdot u(a)$

Wobei  $u(b)$  und  $u(a)$  die Standardunsicherheiten der Steigung und des Achsabschnitts beschreiben, berechnet als Wurzel der Varianz. Wenn diese Vorbedingungen nicht erfüllt sind, dann können die Prüflinge gemäß Punkt 9.7 des Leitfadens kalibriert werden (siehe auch 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen). Die Kalibrierung darf nur für den Gesamtdatensatz durchgeführt werden.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.7] Für alle Datensätze wird die kombinierte Unsicherheit der Prüflinge  $w_{c,CM}$  durch Kombination der Beiträge aus 9.5.3.1 und 9.5.3.2 gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$w_{AMS}^2 = \frac{u_{yi=L}^2}{L^2}$$

Für jeden Datensatz wird die Unsicherheit  $w_{AMS}$  auf einem Level von  $L = 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{2,5}$  sowie auf einem Level von  $L = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{PM}_{10}$  berechnet.

[DIN EN 16450 Punkt 7.5.8.8] Für jeden Datensatz wird die erweiterte relative Unsicherheit der Ergebnisse der Prüflinge durch Multiplizieren von  $w_{AMS}$  mit einem Erweiterungsfaktor  $k$  nach folgender Gleichung berechnet:

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

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

[Punkt 9.6]

Die größte resultierende Unsicherheit  $W_{AMS}$  wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [8] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1.  $W_{AMS} \leq W_{dqo}$  → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2.  $W_{AMS} > W_{dqo}$  → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit  $W_{dqo}$  beträgt für Feinstaub 25 % [8].

## 6.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten  $W_{AMS}$  liegen für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor sowohl für  $\text{PM}_{2,5}$  wie auch für  $\text{PM}_{10}$  für alle betrachteten Datensätze bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 % für Feinstaub. Dies gilt auch für die ermittelten Unsicherheiten  $W_{AMS}$  für die Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a Monitor.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 131 von 240

Auf Grund der Signifikanz der Steigung und des Offsets für den Gesamtdatensatz für PM<sub>2,5</sub> und der Signifikanz der Steigung für den Gesamtdatensatz für PM<sub>10</sub> für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor erfolgt eine Anwendung von Korrekturfaktoren gemäß Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen .

Bei den Geräteversionen SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor und SWAM 5a wurde in der Vergleichskampagne keine Signifikanz von Steigung und/oder Offset ermittelt. Somit wurde auf die Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen verzichtet.

### Für SWAM 5a Dual Channel Monitor:

Nachfolgende Tabelle 44 sowie Tabelle 45 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 44: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>2,5</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017			
Prüfling	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	30 µg/m <sup>3</sup>
		erlaubte Unsicherheit	25 %
<b>Alle Vergleiche</b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51		µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71		µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>			
Anzahl Wertepaare	312		
Steigung b	0,973	signifikant	
Unsicherheit von b	0,010		
Achsabschnitt a	0,355	nicht signifikant	
Unsicherheit von a	0,184		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,22		%
<b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64		µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,79		µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>			
Anzahl Wertepaare	91		
Steigung b	1,051		
Unsicherheit von b	0,029		
Achsabschnitt a	-2,028		
Unsicherheit von a	0,804		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	15,55		%
<b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50		µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45		µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>			
Anzahl Wertepaare	221		
Steigung b	0,959		
Unsicherheit von b	0,022		
Achsabschnitt a	0,606		
Unsicherheit von a	0,237		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,77		%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor- SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017					
Prüfung	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249	Grenzwert	µg/m³
Status Messwerte	Rohdaten	erlaubte Unsicherheit		30	25
<b>Köln, Parkplatzgelände (2007)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,67				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,69				µg/m³
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	45		46		
Steigung b	1,000		0,967		
Unsicherheit von b	0,023		0,022		
Achsabschnitt a	-0,275		-0,002		
Unsicherheit von a	0,382		0,380		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	7,35	%	9,71		%
<b>Bonn, Belderberg</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,46				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,42				µg/m³
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	41		41		
Steigung b	0,996		1,023		
Unsicherheit von b	0,019		0,021		
Achsabschnitt a	-1,208		-2,010		
Unsicherheit von a	0,443		0,490		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	11,72	%	12,31		%
<b>Brühl</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63				µg/m³
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	43		45		
Steigung b	0,985		1,003		
Unsicherheit von b	0,032		0,032		
Achsabschnitt a	-0,956		-1,187		
Unsicherheit von a	0,495		0,519		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,78	%	12,01		%
<b>Teddington</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,33				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44				µg/m³
	SN 145		SN 149		
Anzahl Wertepaare	74		80		
Steigung b	0,977		0,974		
Unsicherheit von b	0,022		0,020		
Achsabschnitt a	1,139		1,352		
Unsicherheit von a	0,282		0,245		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,12	%	9,48		%
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,33				µg/m³
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	67		53		
Steigung b	1,024		0,972		
Unsicherheit von b	0,026		0,031		
Achsabschnitt a	-0,511		0,642		
Unsicherheit von a	0,617		0,802		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	16,12	%	18,59		%
<b>Bornheim</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,32				µg/m³
	SN 248		SN 249		
Anzahl Wertepaare	57		60		
Steigung b	1,053		1,062		
Unsicherheit von b	0,040		0,042		
Achsabschnitt a	0,159		0,040		
Unsicherheit von a	0,429		0,443		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	15,50	%	16,72		%
<b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,79				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	95		95		
Steigung b	1,067		1,023		
Unsicherheit von b	0,029		0,029		
Achsabschnitt a	-2,358		-1,408		
Unsicherheit von a	0,810		0,81		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	15,83	%	16,22		%
<b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	232		230		
Steigung b	0,958		0,985		
Unsicherheit von b	0,021		0,024		
Achsabschnitt a	0,593		0,413		
Unsicherheit von a	0,226		0,252		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,47	%	10,92		%
<b>Alle Vergleiche</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	327		325		
Steigung b	0,981	nicht signifikant	0,963		signifikant
Unsicherheit von b	0,010		0,011		
Achsabschnitt a	0,247	nicht signifikant	0,496		signifikant
Unsicherheit von a	0,182		0,188		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,00	%	13,01		%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 133 von 240

Die Überprüfung der fünf Kriterien aus Punkt 6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung ergab folgendes Bild:

- Kriterium 1: Mehr als 20 % der Daten sind größer als  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
  - Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
  - Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
  - Kriterium 4: Alle erweiterten Unsicherheiten liegen unter 25 %.
  - Kriterium 5: Bei den Prüflingen SN 131/149/249 ist die Steigung und der Offset bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt.
- Weitere: Es ergibt sich für den Gesamtdatensatz für beide Prüflinge gemeinsam eine Steigung von 0,973 und einen Achsabschnitt von 0,355 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 12,22 %.

Tabelle 45: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017			
Prüfling	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
		erlaubte Unsicherheit	25 %
<b>Alle Vergleiche</b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,75		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN 127/145/248 & SN 131/149/249			
Anzahl Wertepaare	404		
Steigung b	1,051		signifikant
Unsicherheit von b	0,009		
Achsabschnitt a	-0,271		nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,240		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	13,08		%
<b>Alle Vergleiche, <math>\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,78		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,19		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN 127/145/248 & SN 131/149/249			
Anzahl Wertepaare	83		
Steigung b	1,169		
Unsicherheit von b	0,032		
Achsabschnitt a	-5,643		
Unsicherheit von a	1,374		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	18,07		%
<b>Alle Vergleiche, <math>&lt; 30 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>			
Unsicherheit zwischen Referenz	0,74		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,46		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SN 127/145/248 & SN 131/149/249			
Anzahl Wertepaare	321		
Steigung b	1,013		
Unsicherheit von b	0,016		
Achsabschnitt a	0,519		
Unsicherheit von a	0,290		
Erweiterte Messunsicherheit $W_{CM}$	8,59		%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 135 von 240

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017					
Prüfung	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249		
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert	50	µg/m³	
		erlaubte Unsicherheit	25	%	
<b>Köln, Parkplatzgelände (2007)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	1,12	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,87	µg/m³			
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	98		100		
Steigung b	1,126		1,074		
Unsicherheit von b	0,012		0,011		
Achsabschnitt a	-0,329		0,408		
Unsicherheit von a	0,338		0,310		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	24,78	%	17,49	%	
<b>Bonn, Belderberg</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45	µg/m³			
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	62		62		
Steigung b	1,131		1,115		
Unsicherheit von b	0,022		0,020		
Achsabschnitt a	-1,185		-1,051		
Unsicherheit von a	0,570		0,540		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	22,66	%	19,87	%	
<b>Brühl</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,77	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,56	µg/m³			
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	51		53		
Steigung b	1,048		1,037		
Unsicherheit von b	0,027		0,025		
Achsabschnitt a	-1,928		-1,693		
Unsicherheit von a	0,646		0,600		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	7,31	%	6,70	%	
<b>Teddington</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,45	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,53	µg/m³			
	SN 145		SN 149		
Anzahl Wertepaare	73		79		
Steigung b	0,949		0,970		
Unsicherheit von b	0,021		0,021		
Achsabschnitt a	2,478		2,010		
Unsicherheit von a	0,398		0,390		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	5,93	%	6,30	%	
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,59	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,88	µg/m³			
	SN 127		SN 131		
Anzahl Wertepaare	69		66		
Steigung b	1,034		1,034		
Unsicherheit von b	0,022		0,025		
Achsabschnitt a	-1,681		-2,100		
Unsicherheit von a	0,765		0,879		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,75	%	11,11	%	
<b>Bornheim</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,35	µg/m³			
	SN 248		SN 249		
Anzahl Wertepaare	56		59		
Steigung b	1,043		1,042		
Unsicherheit von b	0,033		0,034		
Achsabschnitt a	-0,628		-0,786		
Unsicherheit von a	0,582		0,598		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,28	%	9,03	%	
<b>Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,78	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,19	µg/m³			
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	86		85		
Steigung b	1,197		1,143		
Unsicherheit von b	0,033		0,032		
Achsabschnitt a	-6,504		-4,923		
Unsicherheit von a	1,399		1,39		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	19,79	%	16,77	%	
<b>Alle Vergleiche, &lt;30 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,74	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,46	µg/m³			
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	323		334		
Steigung b	1,016		1,016		
Unsicherheit von b	0,016		0,015		
Achsabschnitt a	0,538		0,414		
Unsicherheit von a	0,296		0,286		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,10	%	8,71	%	
<b>Alle Vergleiche</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,75	µg/m³			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,66	µg/m³			
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249		
Anzahl Wertepaare	409		419		
Steigung b	1,062	signifikant	1,038	signifikant	
Unsicherheit von b	0,010		0,009		
Achsabschnitt a	-0,416	nicht signifikant	-0,091	nicht signifikant	
Unsicherheit von a	0,249		0,235		
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	14,54	%	11,70	%	



Die Überprüfung der fünf Kriterien aus Punkt 6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung ergab folgendes Bild:

- Kriterium 1: Mehr als 32 valide Wertepaare sind größer als  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Kriterium 4: Alle erweiterten Unsicherheiten liegen unter 25 %.
- Kriterium 5: Bei beiden Prüflingskollektiven ist die Steigung bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes signifikant größer als erlaubt.
- Weitere: Es ergibt sich für den Gesamtdatensatz für beide Prüflinge gemeinsam eine Steigung von 1,051 und einen Achsabschnitt von -0,271 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 13,08 %.

Die Version vom Januar 2010 des Leitfadens ist nicht eindeutig darin, welche Steigung und welcher Achsabschnitt konkret zur Korrektur eines Prüflings verwendet werden sollen, falls dieser Prüfling die Äquivalenzprüfung nicht besteht. Nach Rücksprache mit dem Vorsitzenden der für die Erstellung des Leitfadens verantwortlichen EU-Arbeitsgruppe Arbeitsgruppe (Herr Theo Hafkenscheid) wurde entschieden, dass die Anforderung aus der Version vom November 2005 des Leitfadens weiterhin gültig ist und dass die Steigung und der Achsabschnitt aus der orthogonalen Regression für den Gesamtdatensatz herangezogen werden. Diese sind bei der Überprüfung der fünf Kriterien zusätzlich unter dem Punkt "Weitere" aufgeführt.

Gemäß der Tabelle 44 muss daher aufgrund der ermittelten Signifikanz bei SN 131/149/249 eine Korrektur der Steigung und des Offsets für  $\text{PM}_{2,5}$  erfolgen. Für  $\text{PM}_{10}$  muss gemäß Tabelle 45 aufgrund der ermittelten Signifikanz bei beiden Prüflingskollektiven eine Korrektur der Steigung erfolgen.

Es ist an dieser Stelle zu beachten, dass die ermittelten Unsicherheiten  $W_{\text{AMS}}$  sowohl für  $\text{PM}_{2,5}$  wie auch für  $\text{PM}_{10}$  auch ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{\text{dqo}}$  von 25 % für Feinstaub liegen.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und/oder PM<sub>2,5</sub> zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 137 von 240

Für PM<sub>2,5</sub>:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,973.

Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,355.

Es erfolgt daher unter Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren auf die Datensätze.

Für PM<sub>10</sub>:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 1,051.

Es erfolgt daher unter Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung des entsprechenden Kalibrierfaktors auf die Datensätze.

Die überarbeitete Fassung des Leitfadens von Januar 2010 sowie die DIN EN 16450 enthalten die Forderung, dass für eine richtlinienkonforme Überwachung fortlaufend stichprobenweise Überprüfungen bei einer gewissen Anzahl von Geräten in einem Messnetz durchgeführt werden müssen und dass die Anzahl der betroffenen Messorte abhängig ist von der erweiterten Messunsicherheit des Gerätes. Die entsprechende Umsetzung liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes (hier: unkorrigierte Rohdaten) hierzu herangezogen wird, nämlich 12,22 % für PM<sub>2,5</sub>, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten erfordern würde sowie 13,08 % für PM<sub>10</sub>, was ebenfalls wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten erfordern würde (Leitfaden [5], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6 bzw. DIN EN 16450 [9], Kapitel 8.6.2, Tabelle 5).

Auf Grund der notwendigen Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren, sollte diese Bewertung jedoch auf Basis der Auswertung der korrigierten Datensätze erfolgen (siehe Kapitel 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen ).

**Für SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor:**

Nachfolgende Tabelle 46 sowie Tabelle 47 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 46: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM<sub>2,5</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfling	SWAM 5a DC HM	SN	SN 111 & SN 112	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m <sup>3</sup> %
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	<b>0,52</b>	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	<b>0,74</b>	µg/m <sup>3</sup>		
<b>SN 111 &amp; SN 112</b>				
Anzahl Wertepaare	61			
Steigung b	<b>0,998</b>	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	<b>0,016</b>			
Achsabschnitt a	<b>0,685</b>	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	<b>0,393</b>			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>10,68</b>	%		
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	<b>0,52</b>	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	<b>0,74</b>	µg/m <sup>3</sup>		
<b>SN 111</b>			<b>SN 112</b>	
Anzahl Wertepaare	<b>68</b>		61	
Steigung b	<b>1,005</b>		<b>0,992</b>	
Unsicherheit von b	<b>0,018</b>		<b>0,018</b>	
Achsabschnitt a	<b>0,657</b>		<b>0,901</b>	
Unsicherheit von a	<b>0,429</b>		<b>0,428</b>	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>12,28</b>	%	<b>11,58</b>	%

Tabelle 47: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM<sub>10</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfling	SWAM 5a DC HM	SN	SN 111 & SN 112	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m <sup>3</sup> %
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	<b>0,59</b>	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	<b>0,73</b>	µg/m <sup>3</sup>		
<b>SN 111 &amp; SN 112</b>				
Anzahl Wertepaare	63			
Steigung b	<b>0,972</b>	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	<b>0,016</b>			
Achsabschnitt a	<b>-0,305</b>	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	<b>0,548</b>			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>9,47</b>	%		
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	<b>0,59</b>	µg/m <sup>3</sup>		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	<b>0,73</b>	µg/m <sup>3</sup>		
<b>SN 111</b>			<b>SN 112</b>	
Anzahl Wertepaare	<b>71</b>		63	
Steigung b	<b>0,982</b>		<b>0,965</b>	
Unsicherheit von b	<b>0,018</b>		<b>0,015</b>	
Achsabschnitt a	<b>-0,079</b>		<b>-0,314</b>	
Unsicherheit von a	<b>0,634</b>		<b>0,535</b>	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	<b>8,92</b>	%	<b>10,50</b>	%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 139 von 240

### Für SWAM 5a Monitor:

Nachfolgende Tabelle 48 sowie Tabelle 49 zeigen einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling SWAM 5a Monitor für PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>10</sub>. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 48: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Monitor für PM<sub>2,5</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfling	SWAM 5a	SN	SN 331 & SN 333	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	30 25	µg/m <sup>3</sup> %
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,56			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 331 &amp; SN 333</b>				
Anzahl Wertepaare	40			
Steigung b	0,971	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,041			
Achsabschnitt a	0,235	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	0,455			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,01	%		
<b>Bornheim</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,56			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 331</b>		<b>SN 333</b>		
Anzahl Wertepaare	40		60	
Steigung b	0,976		1,031	
Unsicherheit von b	0,038		0,047	
Achsabschnitt a	0,157		-0,022	
Unsicherheit von a	0,419		0,491	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,03	%	13,60	%

Tabelle 49: Übersicht Äquivalenzprüfung SWAM 5a Monitor für PM<sub>10</sub>

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfling	SWAM 5a	SN	SN 329 & SN 330	
Status Messwerte	Rohdaten	Grenzwert erlaubte Unsicherheit	50 25	µg/m <sup>3</sup> %
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 329 &amp; SN 330</b>				
Anzahl Wertepaare	59			
Steigung b	1,007	nicht signifikant		
Unsicherheit von b	0,035			
Achsabschnitt a	-0,900	nicht signifikant		
Unsicherheit von a	0,627			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,04	%		
<b>Bornheim</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 329</b>		<b>SN 330</b>		
Anzahl Wertepaare	59		59	
Steigung b	1,012		1,006	
Unsicherheit von b	0,037		0,036	
Achsabschnitt a	-1,111		-0,746	
Unsicherheit von a	0,648		0,636	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,29	%	8,06	%

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 50 und Tabelle 51 zeigen einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 50: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  für PM<sub>2,5</sub>

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs, RM}$
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Parkplatzgelände (2007)	46	0,67
1 / 2	Bonn, Belderberg	43	0,46
1 / 2	Brühl	48	0,65
1 / 2	Teddington	81	0,33
1 / 2	Köln, Parkplatzgelände (2011)	71	0,52
1 / 2	Bornheim	60	0,65
1 / 2	Alle Standorte	332	0,71

Tabelle 51: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  für PM<sub>10</sub>

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit $u_{bs, RM}$
Nr.			$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1 / 2	Köln, Parkplatzgelände (2007)	102	1,12
1 / 2	Bonn, Belderberg	65	0,53
1 / 2	Brühl	58	0,77
1 / 2	Teddington	81	0,45
1 / 2	Köln, Parkplatzgelände (2011)	73	0,59
1 / 2	Bornheim	59	0,63
1 / 2	Alle Standorte	423	0,75

Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten  $u_{bs, RM}$  ist an allen Standorten  $< 2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 141 von 240

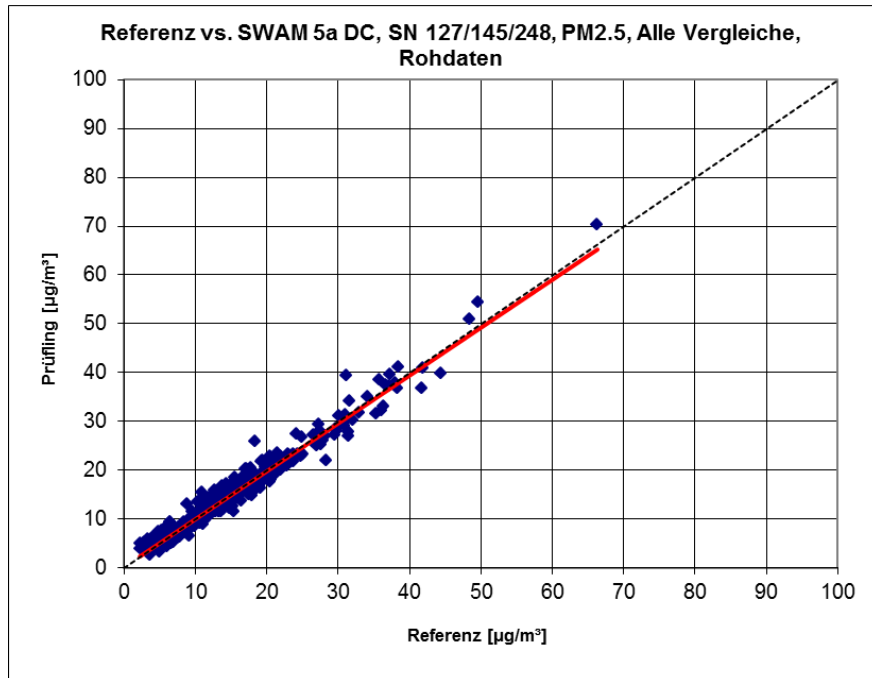


Abbildung 73: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, alle Standorte

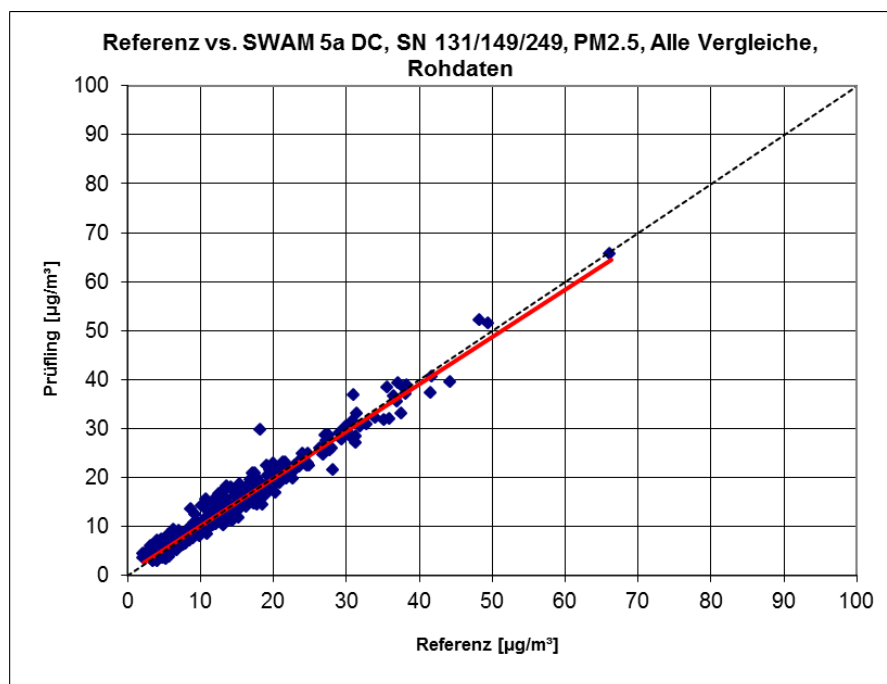


Abbildung 74: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, alle Standorte

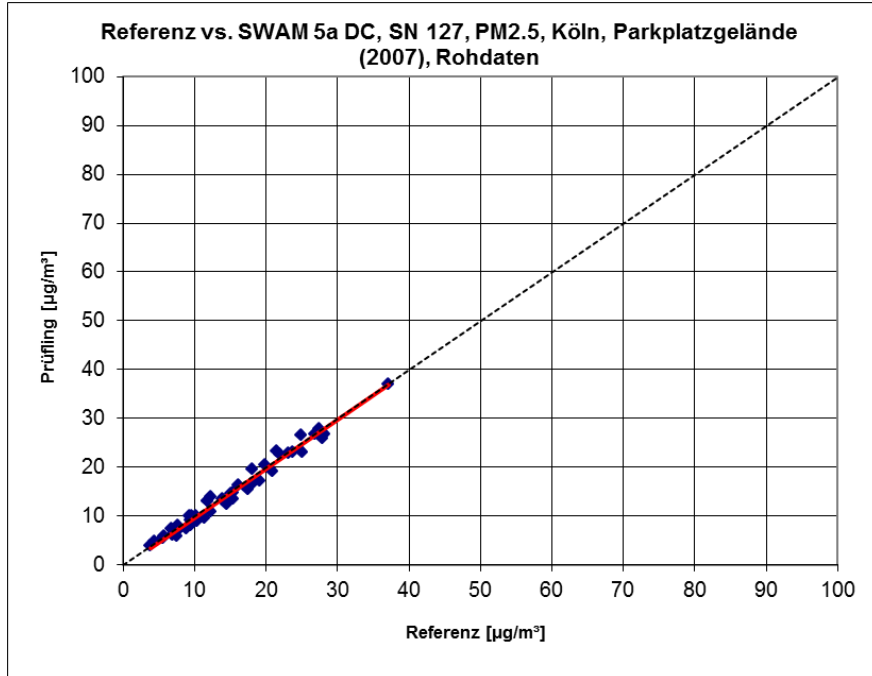


Abbildung 75: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2007)

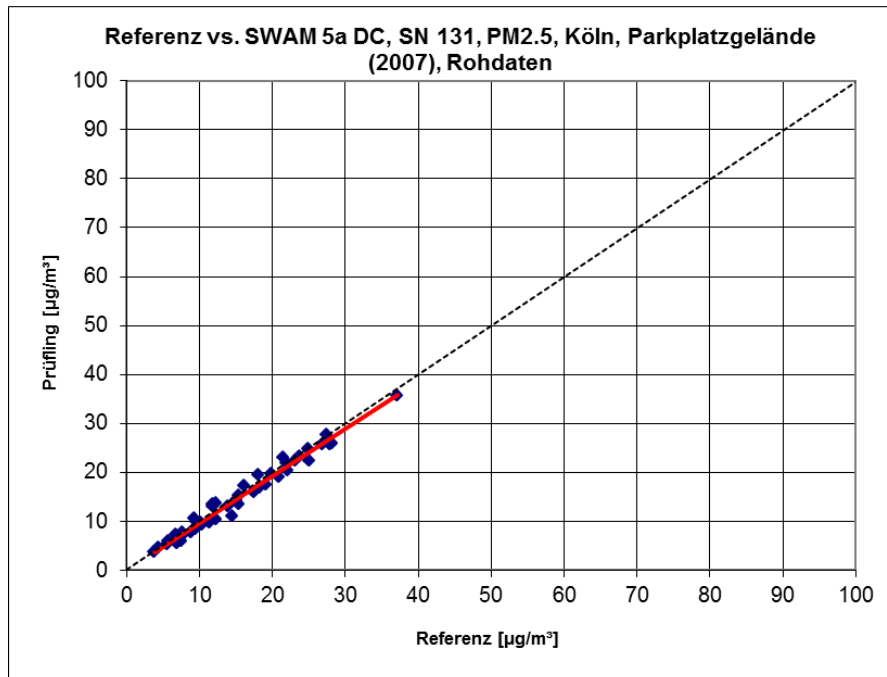


Abbildung 76: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2007)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

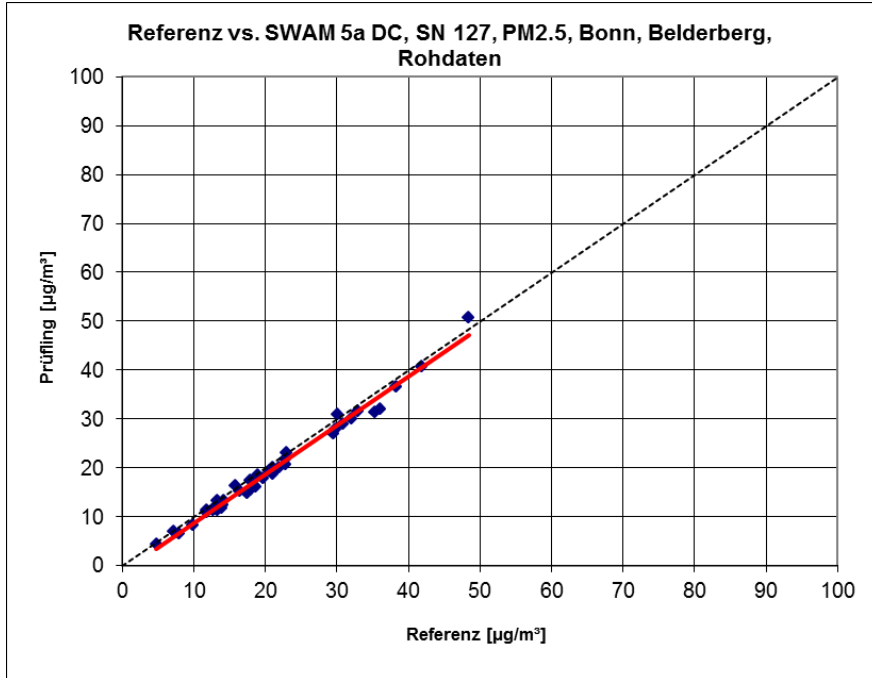


Abbildung 77: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bonn, Belderberg

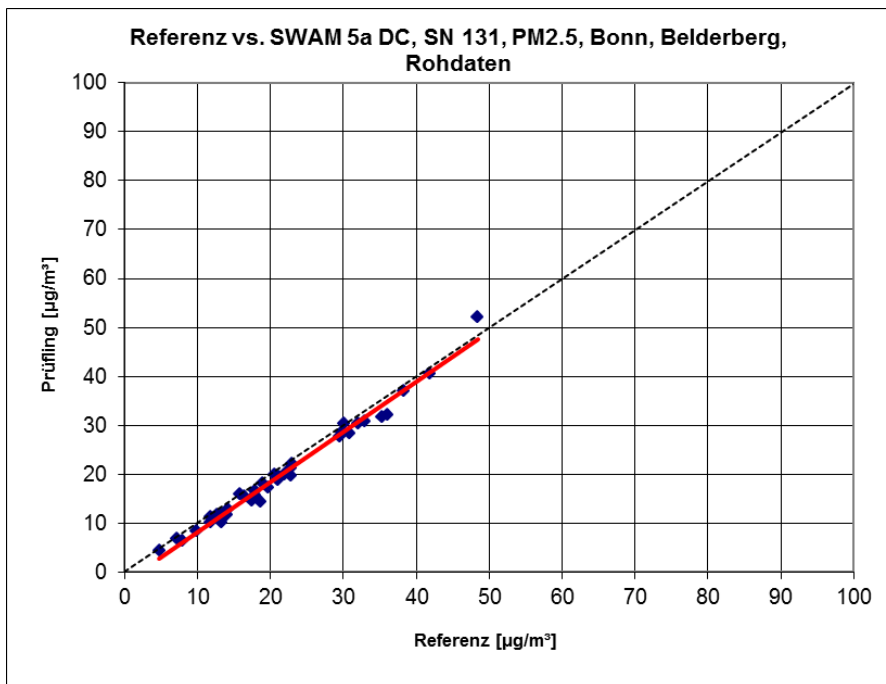


Abbildung 78: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bonn, Belderberg



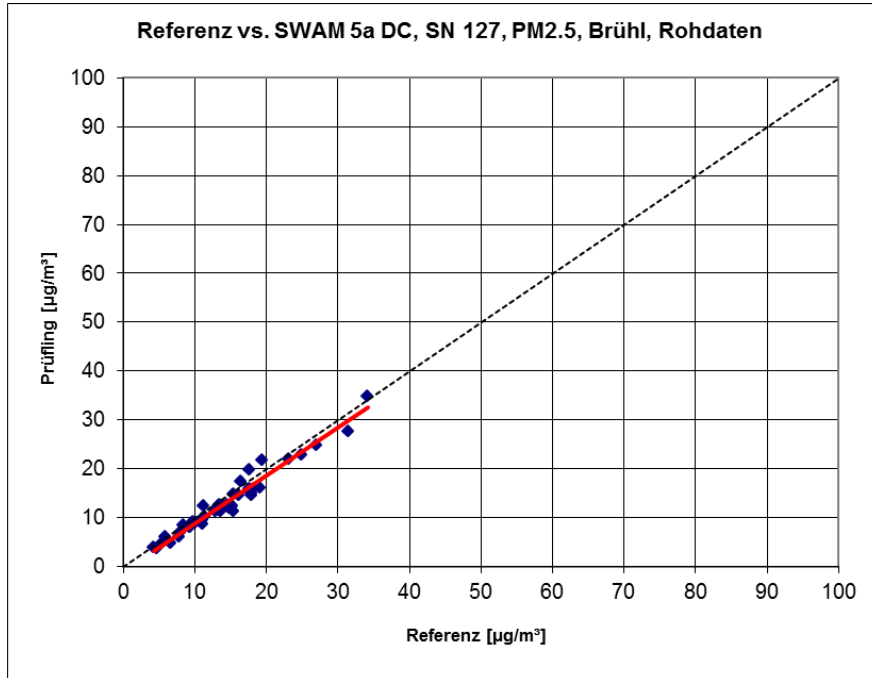


Abbildung 79: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Brühl

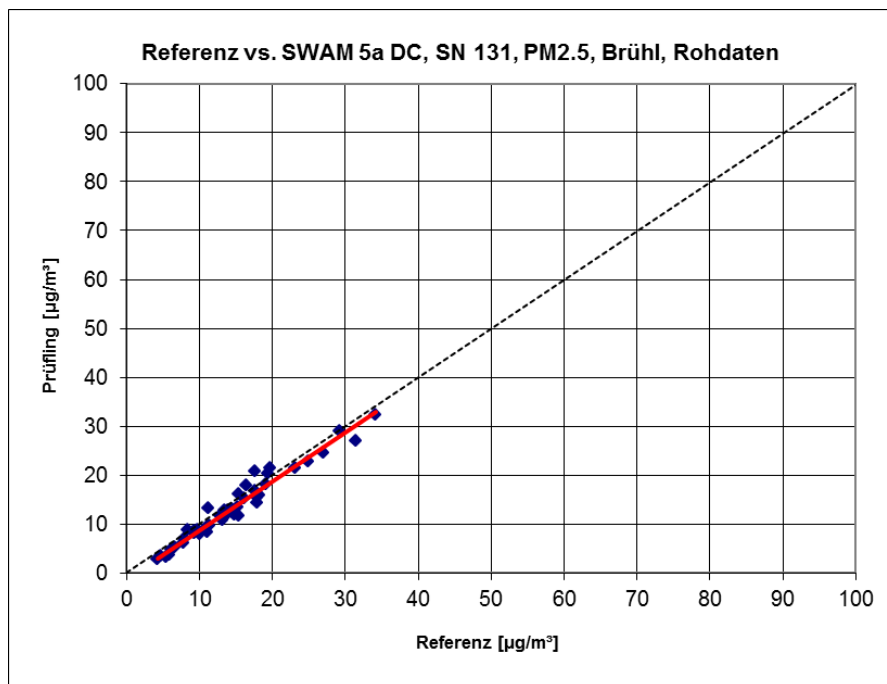


Abbildung 80: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Brühl

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 145 von 240

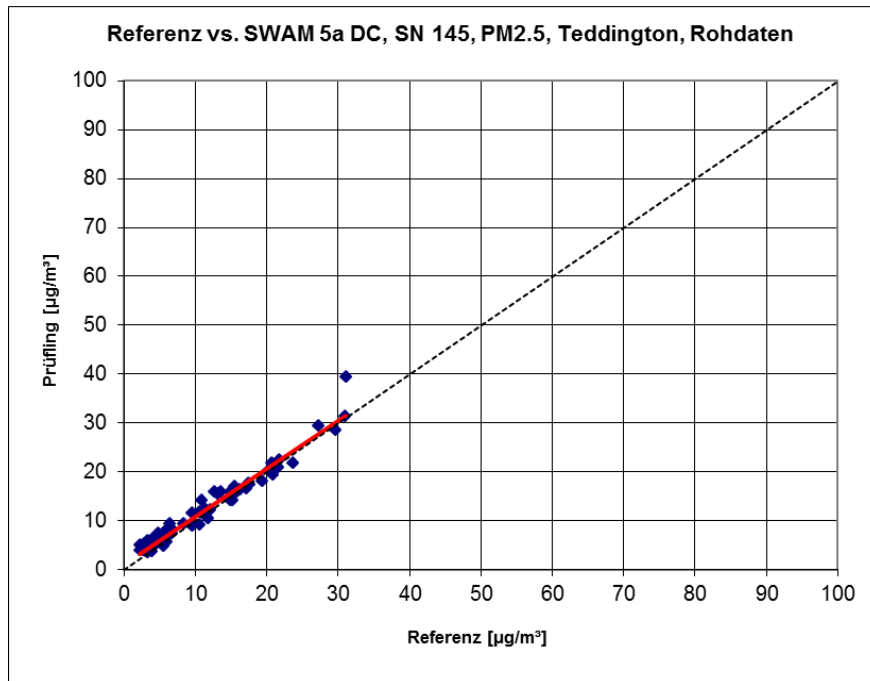


Abbildung 81: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 145, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Teddington

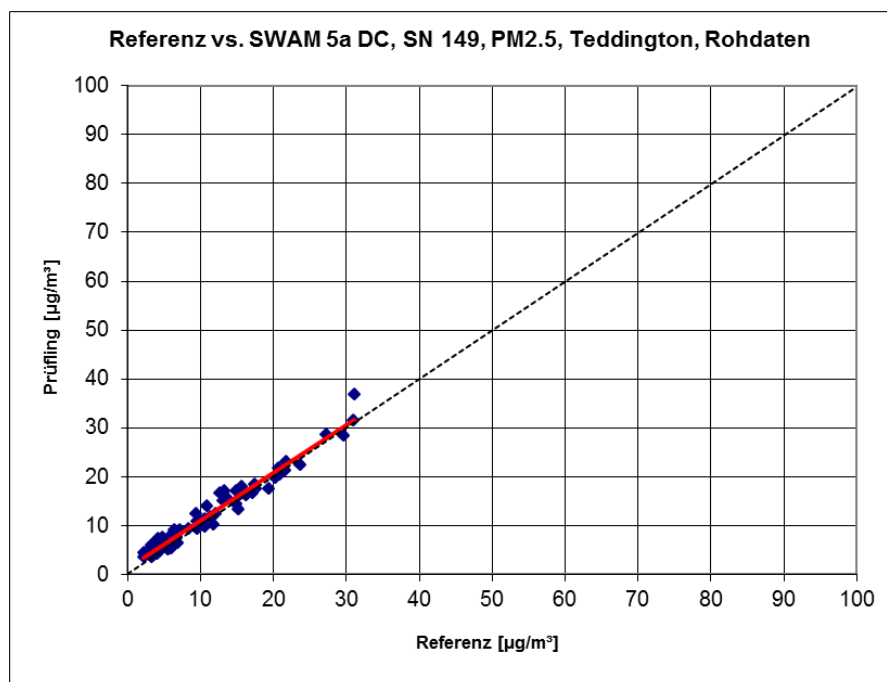


Abbildung 82: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 149, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Teddington

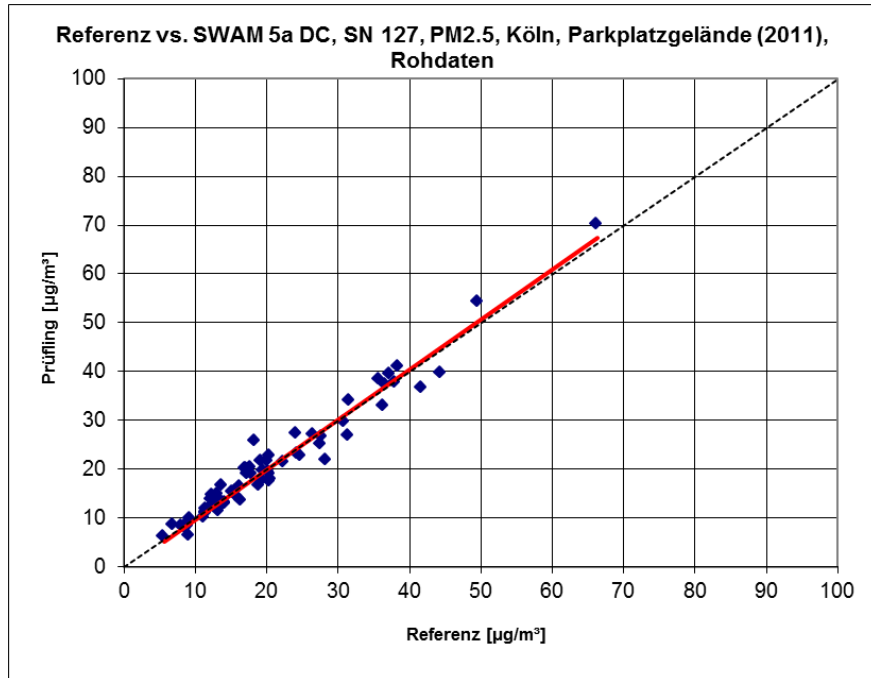


Abbildung 83: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

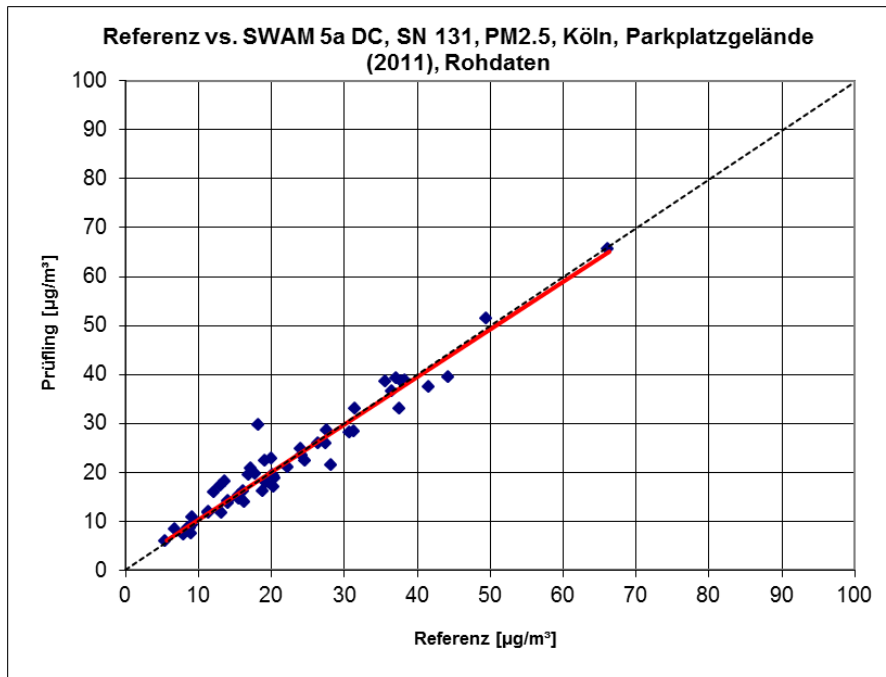


Abbildung 84: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 147 von 240

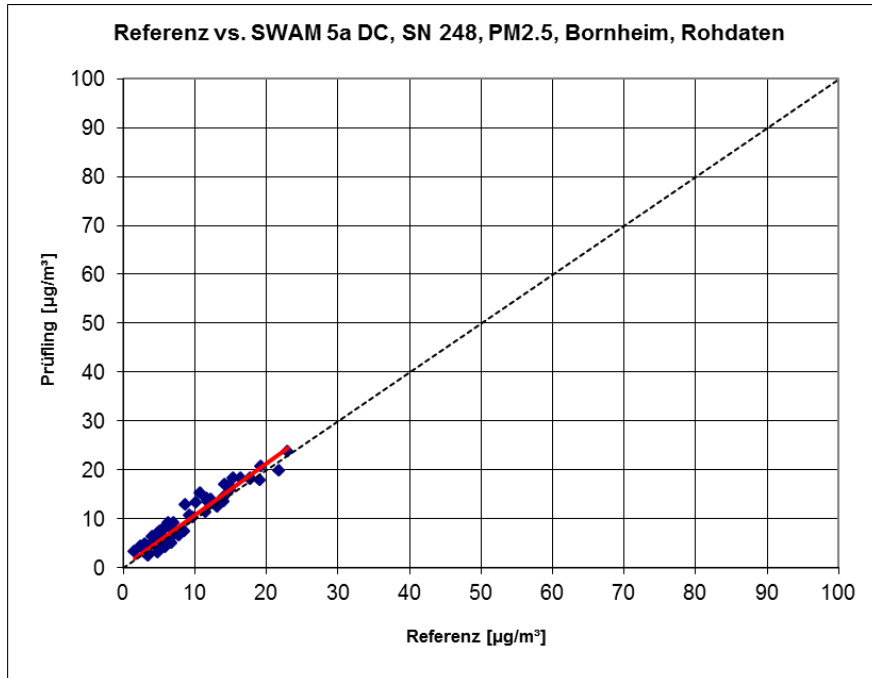


Abbildung 85: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 248, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bornheim

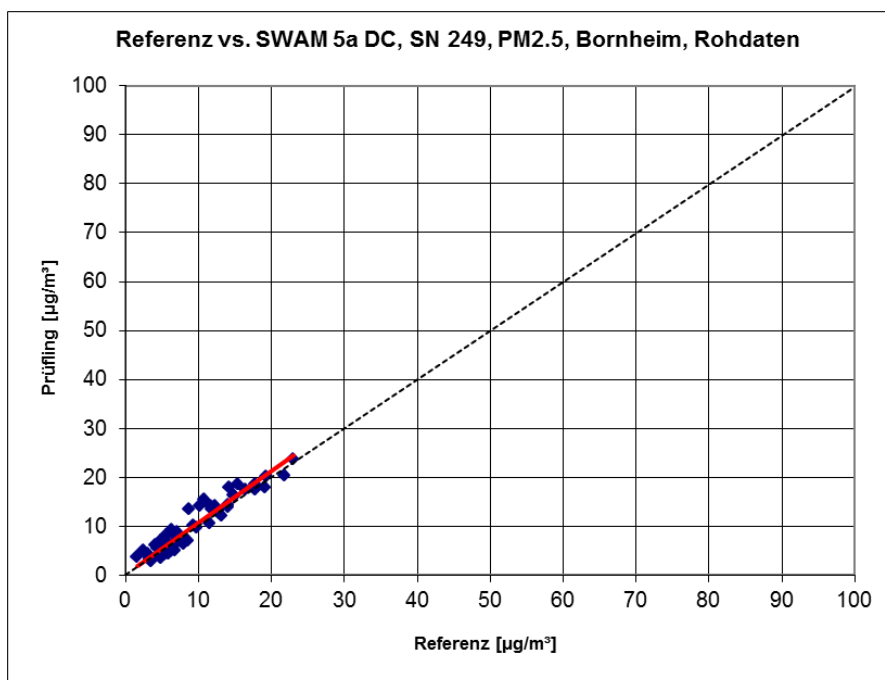


Abbildung 86: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bornheim

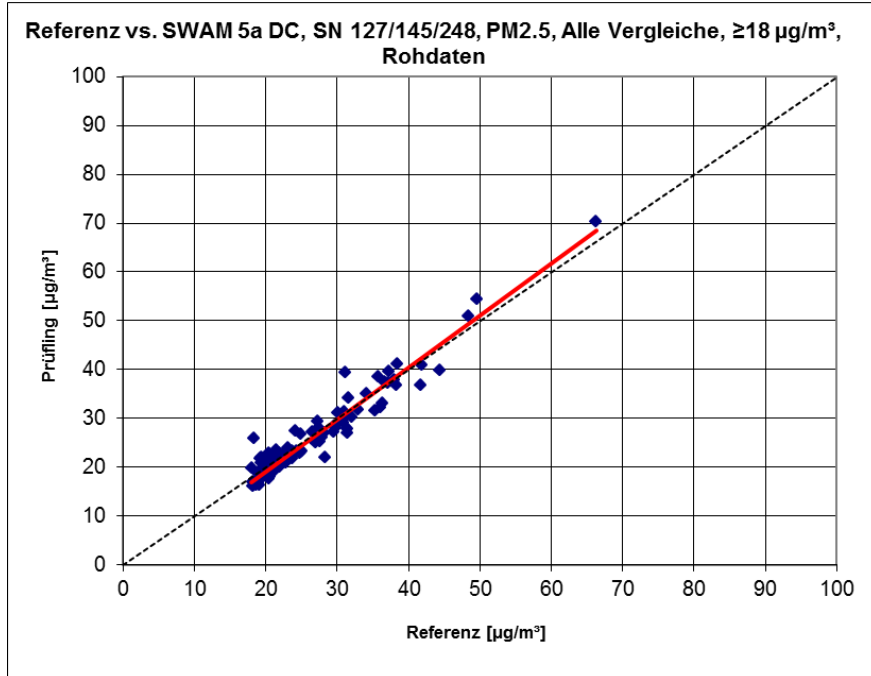


Abbildung 87: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Werte  $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

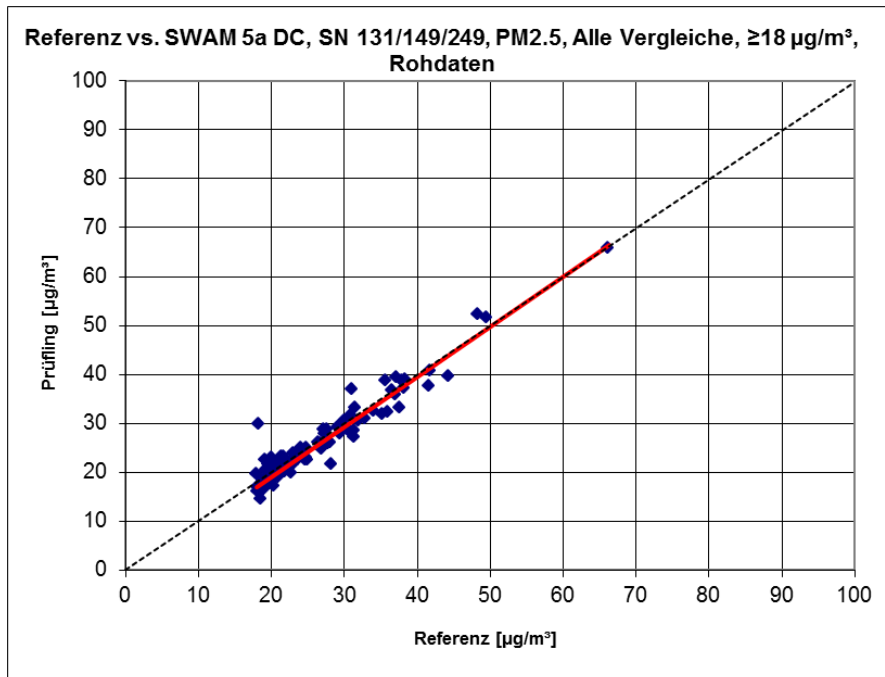


Abbildung 88: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Werte  $\geq 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 149 von 240

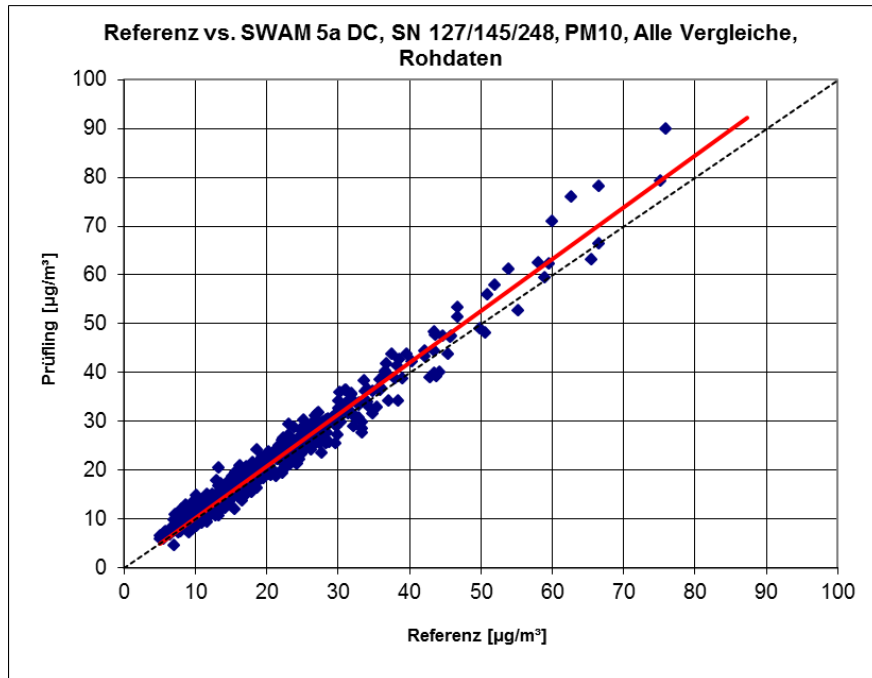


Abbildung 89: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM<sub>10</sub>, alle Standorte

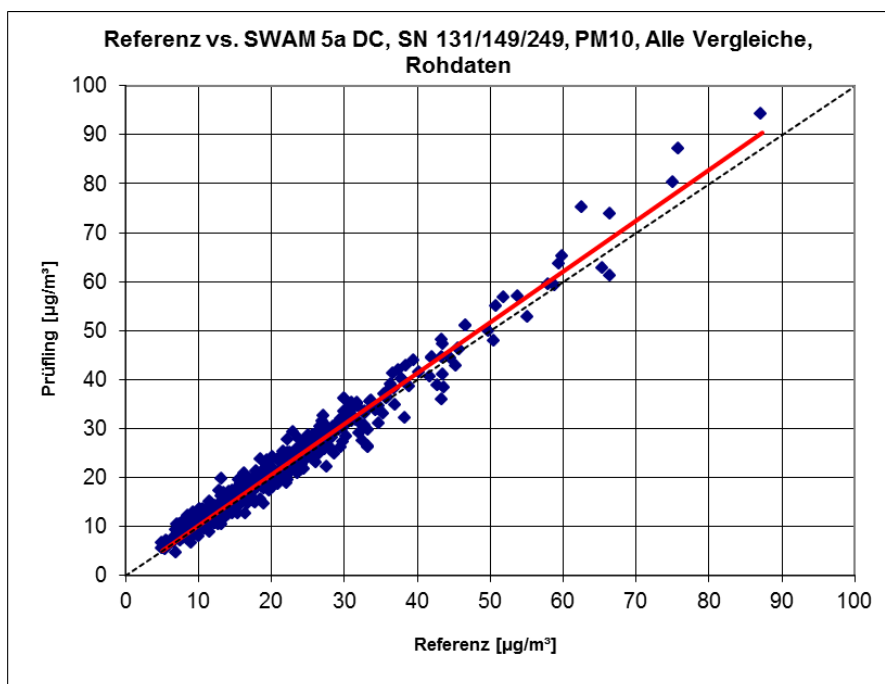


Abbildung 90: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, alle Standorte

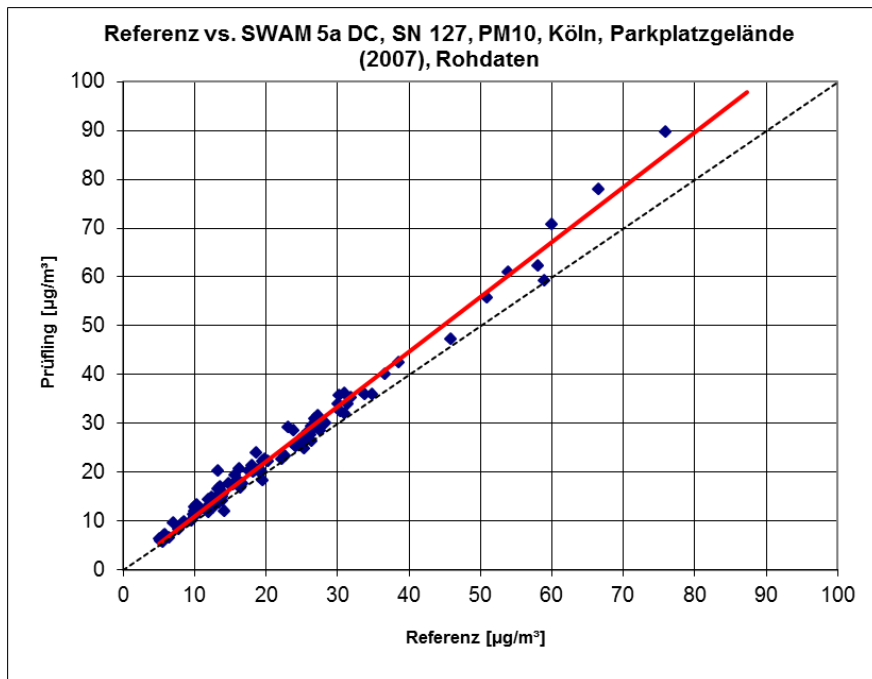


Abbildung 91: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2007)

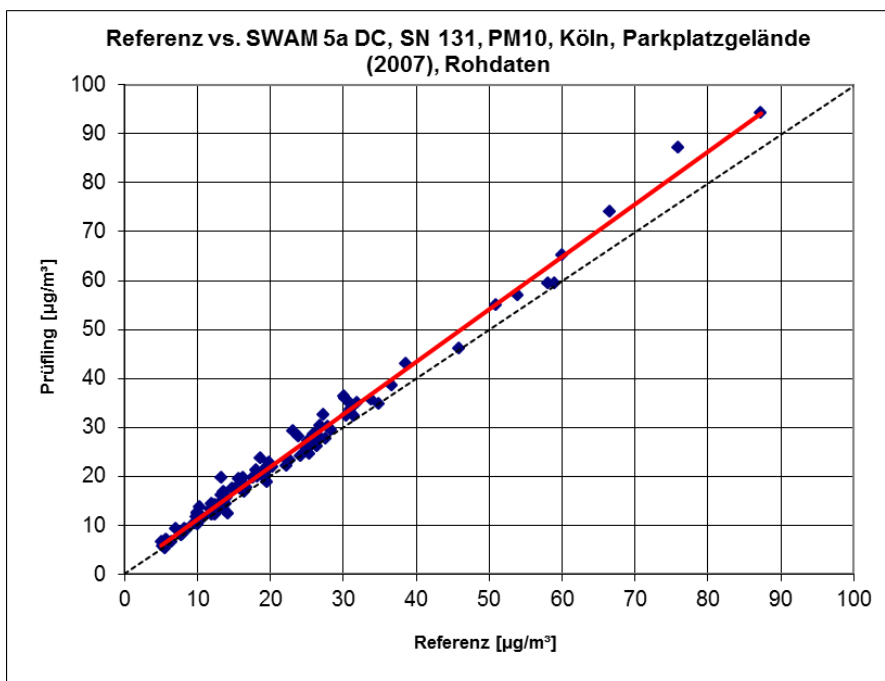


Abbildung 92: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2007)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

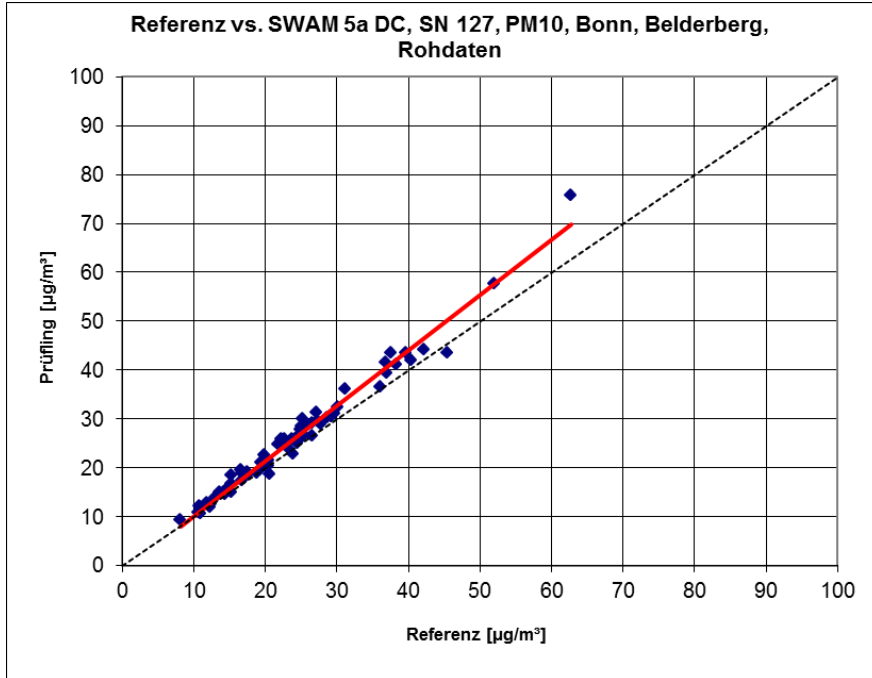


Abbildung 93: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bonn, Belderberg

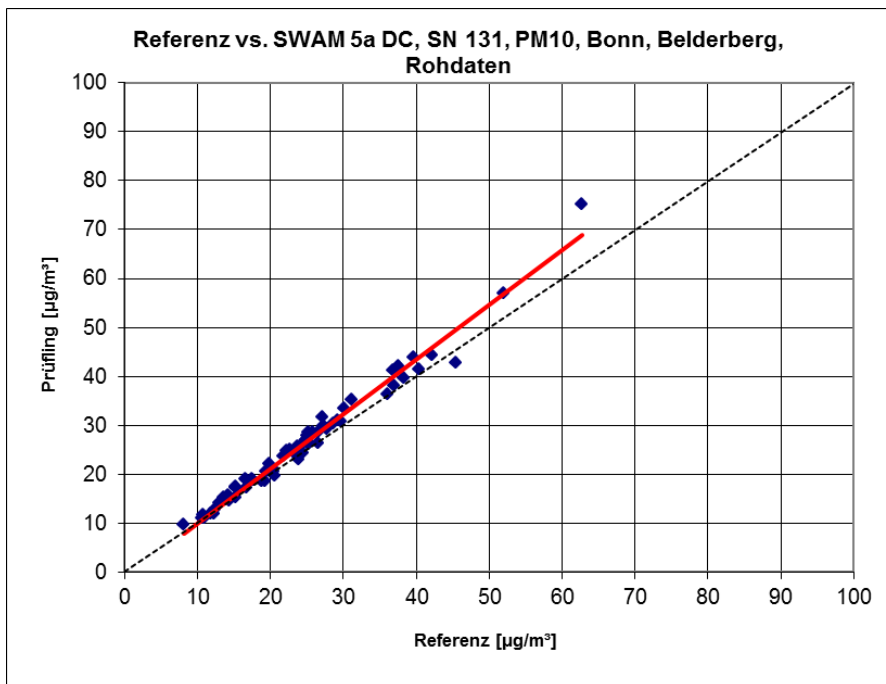


Abbildung 94: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bonn, Belderberg



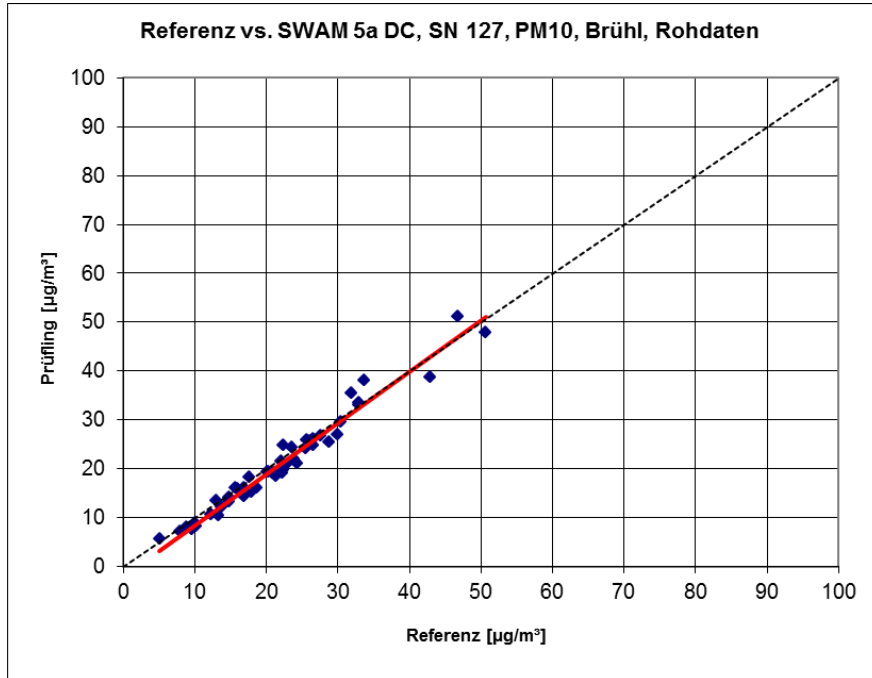


Abbildung 95: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Brühl

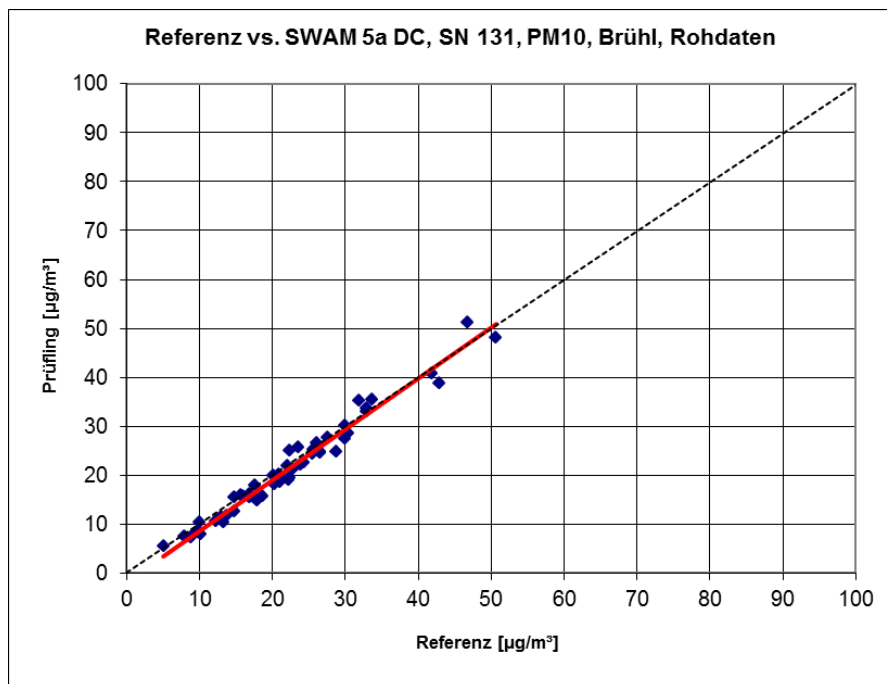


Abbildung 96: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Brühl

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

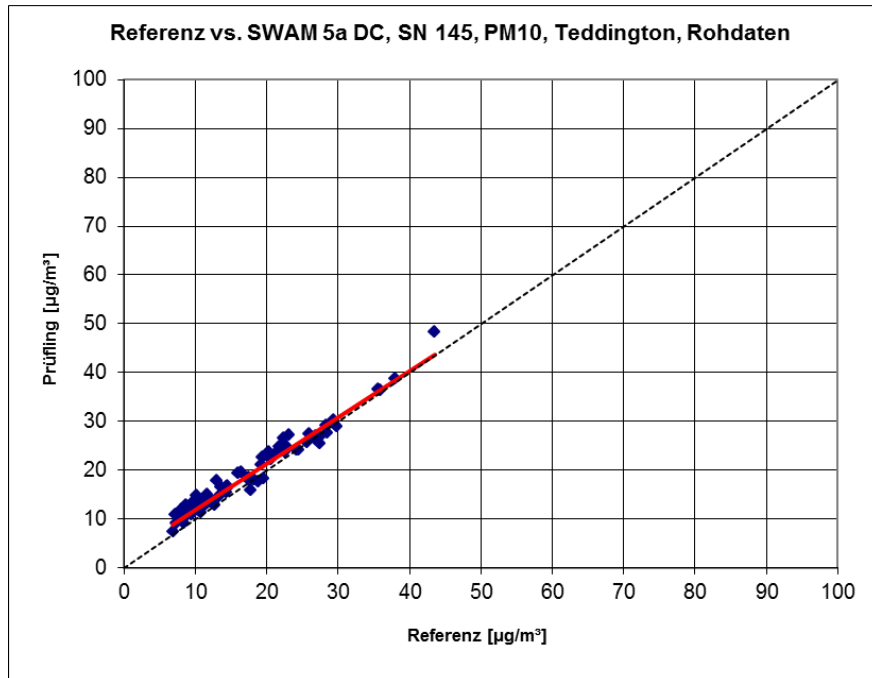


Abbildung 97: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 145, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Teddington

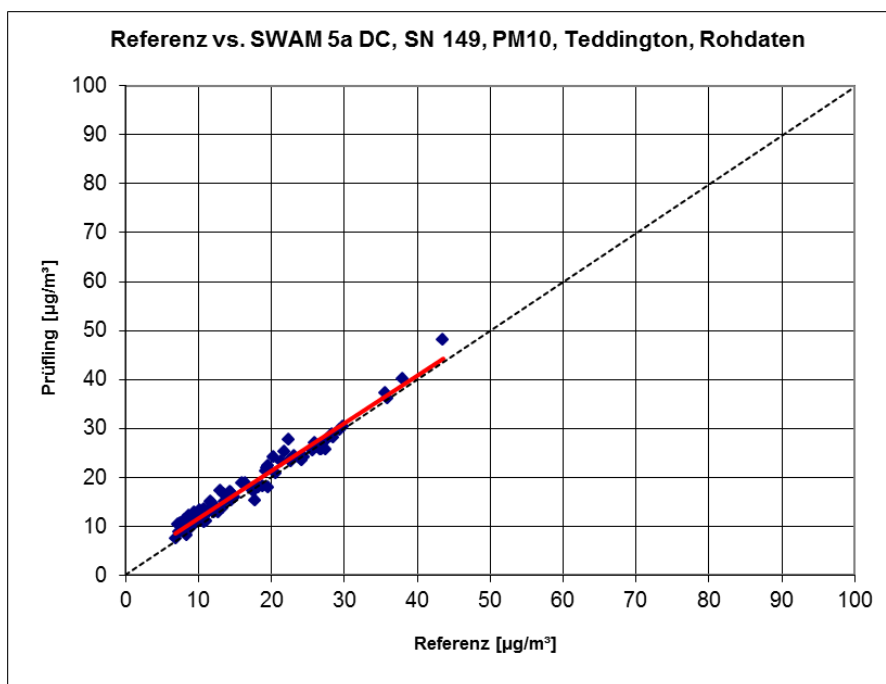


Abbildung 98: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 149, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Teddington

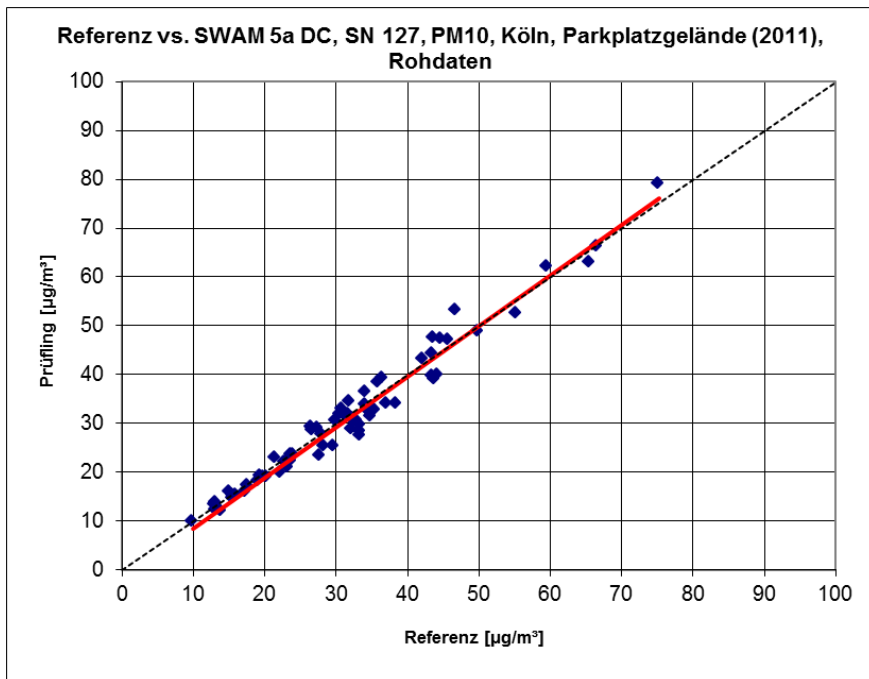


Abbildung 99: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

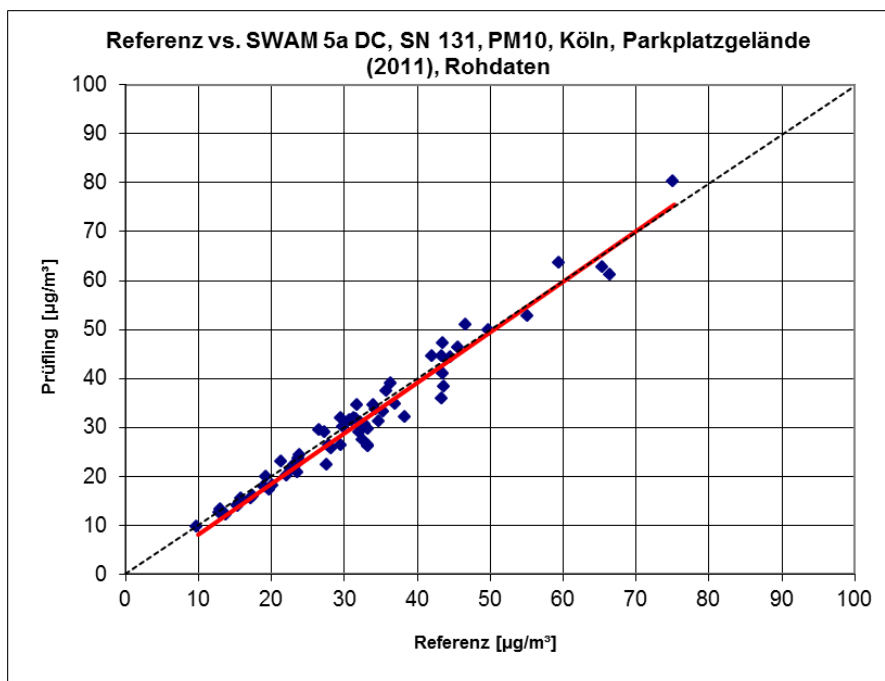


Abbildung 100: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

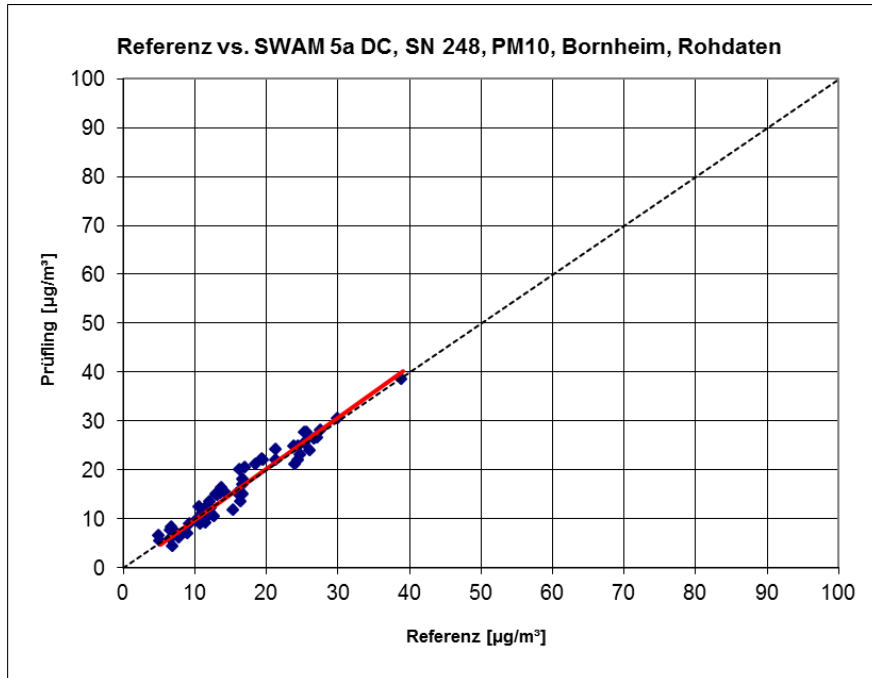


Abbildung 101: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 248, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bornheim

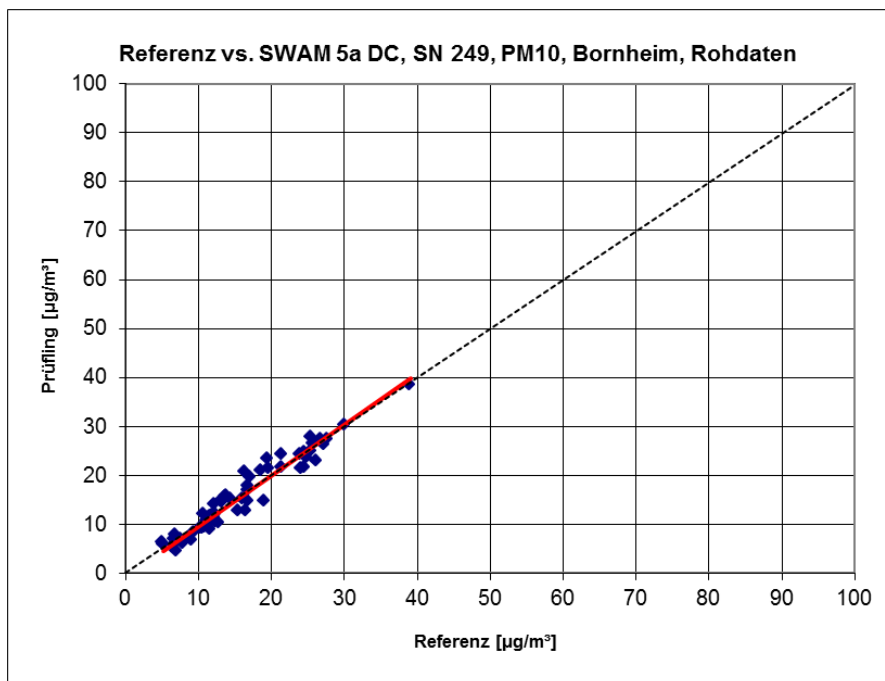


Abbildung 102: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bornheim

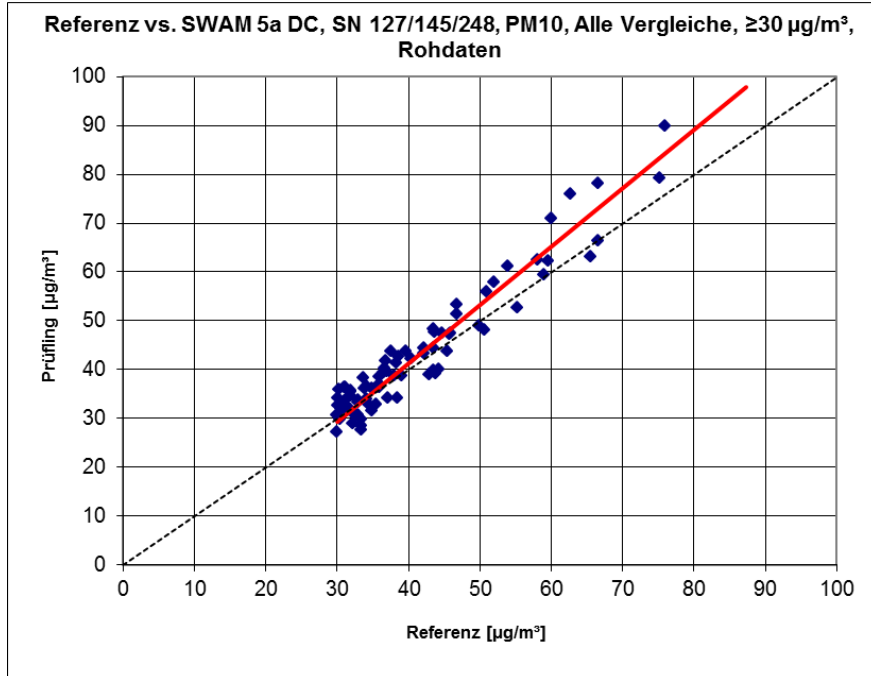


Abbildung 103: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 127/145/248, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Werte  $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

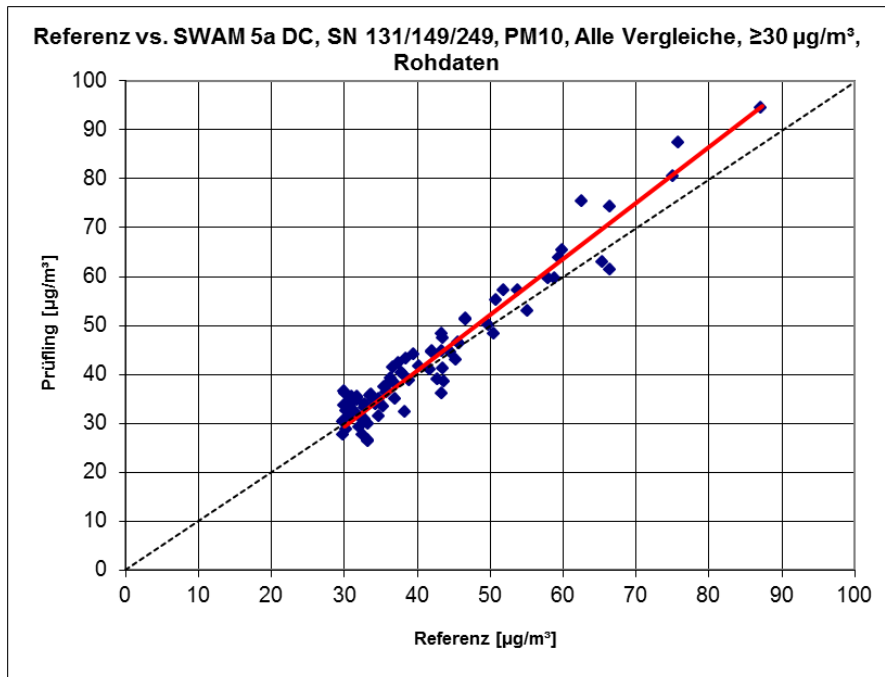


Abbildung 104: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC, SN 131/149/249, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Werte  $\geq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 157 von 240

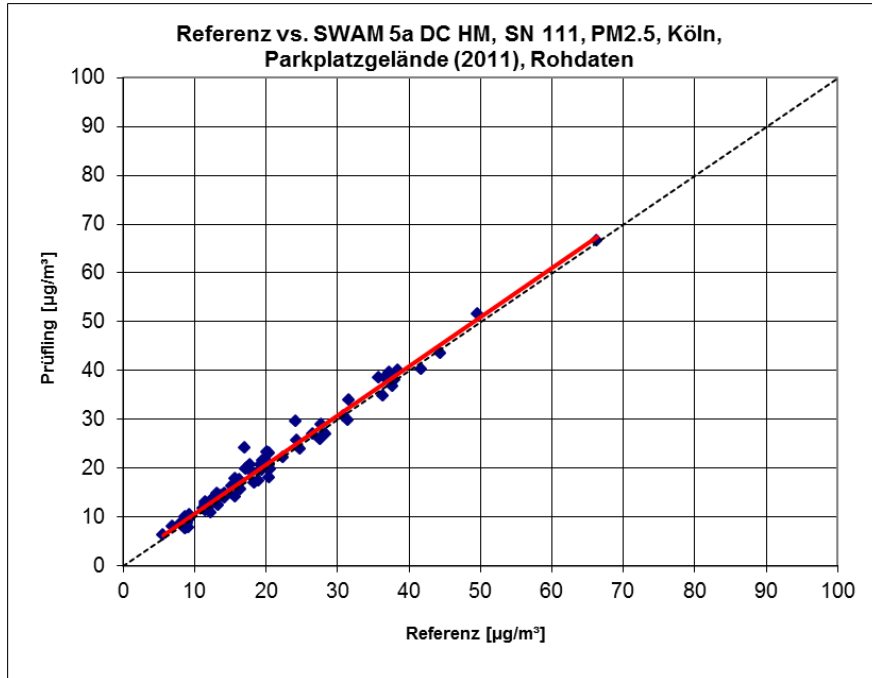


Abbildung 105: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 111, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

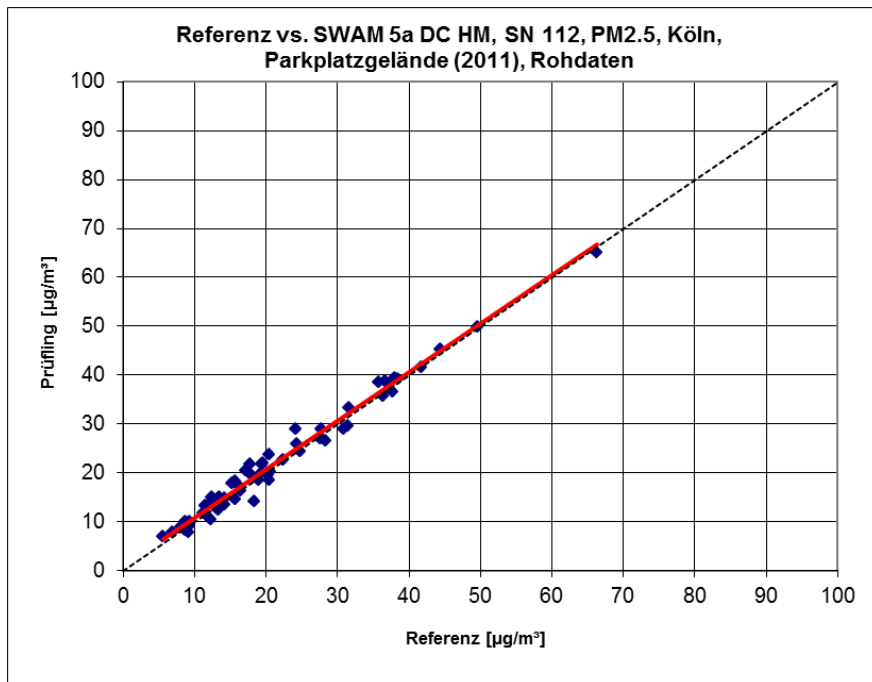


Abbildung 106: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 112, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

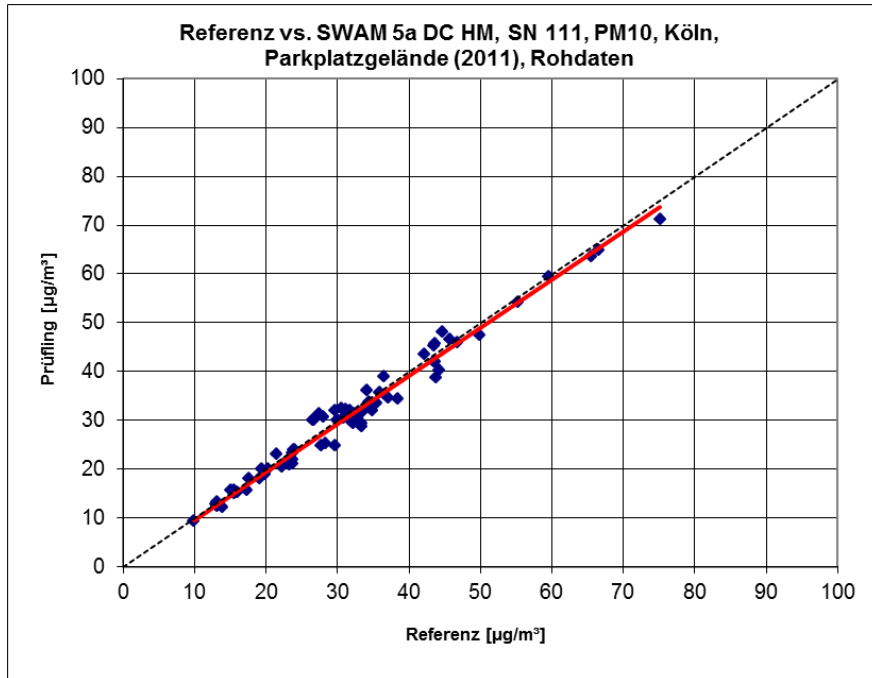


Abbildung 107: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 111, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

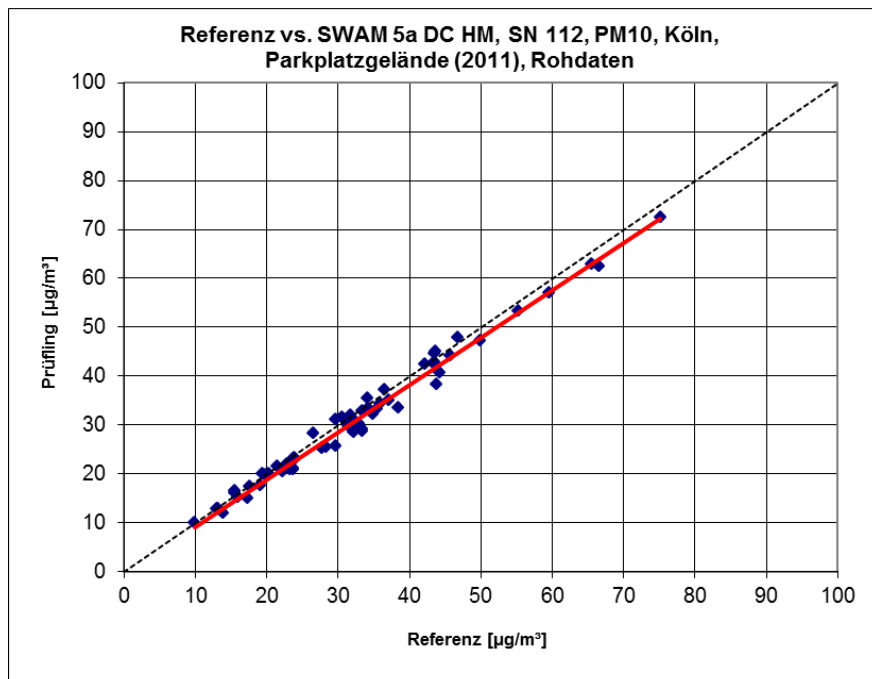


Abbildung 108: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a DC HM, SN 112, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Köln, Parkplatzgelände (2011)

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

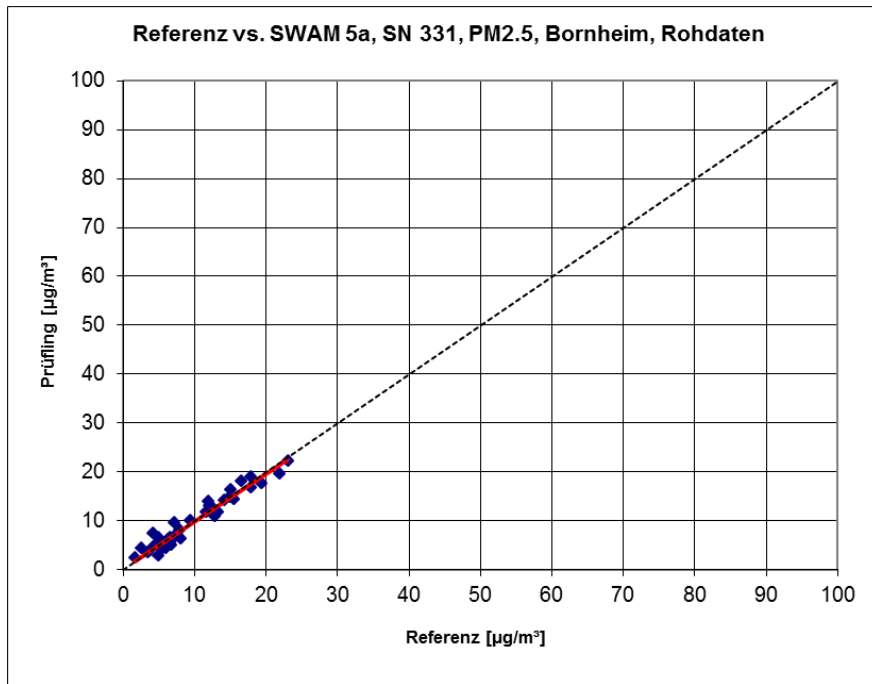


Abbildung 109: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 331, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bornheim

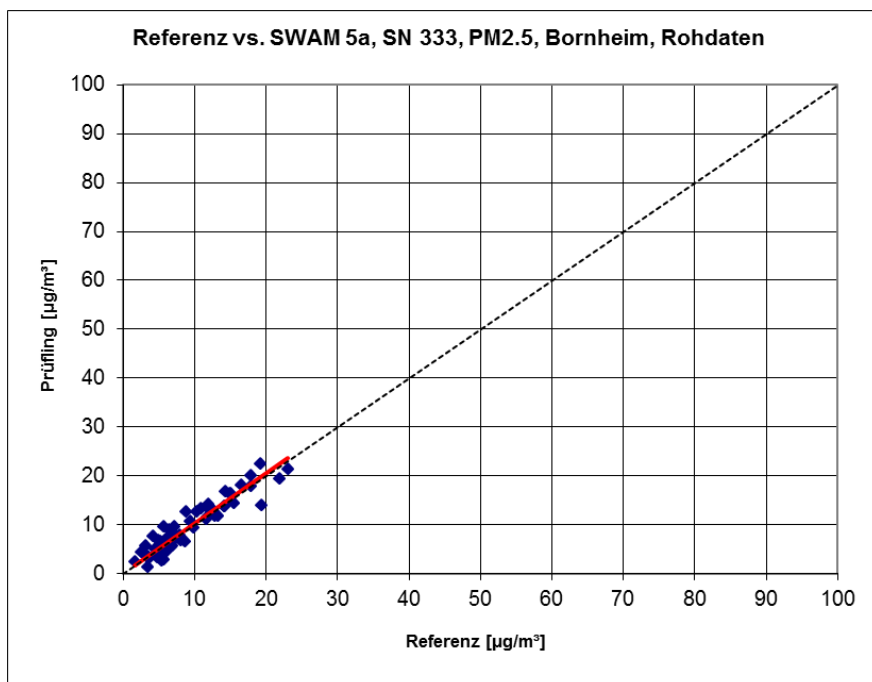


Abbildung 110: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 333, Messkomponente PM<sub>2,5</sub>, Bornheim



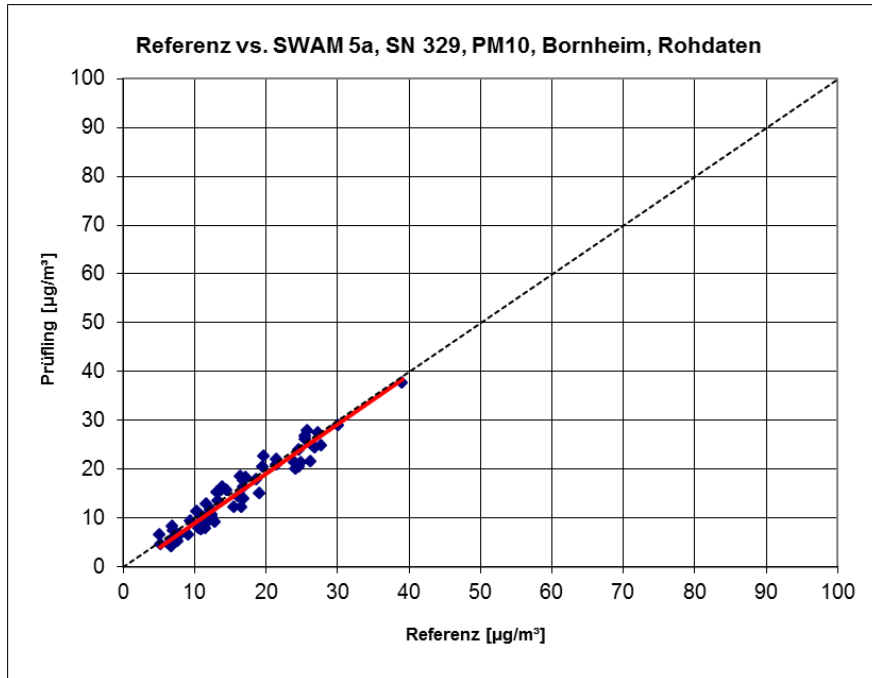


Abbildung 111: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 329, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bornheim

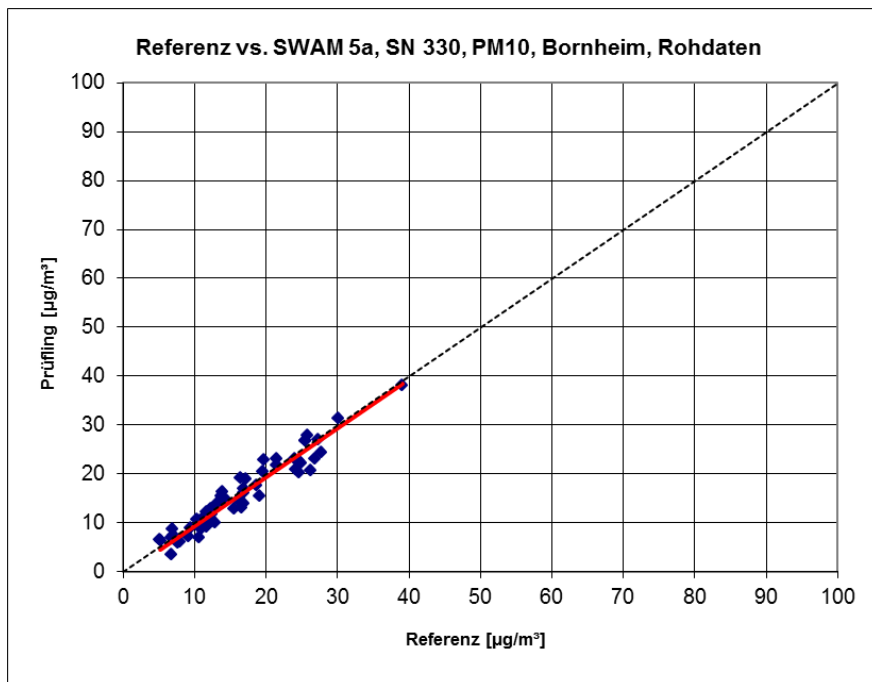


Abbildung 112: Referenz vs. Testgerät, SWAM 5a, SN 330, Messkomponente PM<sub>10</sub>, Bornheim

## 6.1 17 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

*Die Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen (=Kalibrierung) muss erfolgen, wenn die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität festgelegte erweiterte relative Unsicherheit ist bzw. sofern die Prüfung zeigt, dass die Steigung signifikant von 1 und/oder der Achsenabschnitt signifikant von 0 abweicht.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Punkt 6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8)

## 6.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß 6.1 17 Erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse der AMS (7.5.8.5 – 7.5.8.8) der Fall  $W_{AMS} > W_{dqo}$  auf, d.h. Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet, dann ist es zulässig, einen Korrekturfaktor oder -term anzuwenden, der aus der Regressionsgleichung für den gesamten Datensatz resultiert. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen für alle Datensätze oder Teildatensätze erfüllen. Darüber hinaus kann eine Korrektur auch für den Fall, dass  $W_{AMS} \leq W_{dqo}$  ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

a) Steigung b nicht signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| \leq 2u(b)$ ,

Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$

b) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$ ,

Achsenabschnitt a nicht signifikant von 0 verschieden:  $|a| \leq 2u(a)$

c) Steigung b signifikant von 1 verschieden:  $|b - 1| > 2u(b)$

Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden:  $|a| > 2u(a)$

zu a)

Der Wert des Achsenabschnittes a kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren:

$$y_{i,corr} = y_i - a$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{y_{i,corr}}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + u^2(a)$$

mit  $u(a)$  = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes  $a$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [9] ausführlich beschrieben.

zu b)

Der Wert der Steigung  $b$  kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i}{b}$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{y_{i,corr}}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + L^2 u^2(b)$$

mit  $u(b)$  = Unsicherheit der Originalsteigung  $b$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [9] ausführlich beschrieben.

zu c)

Die Werte der Steigung  $b$  und des Achsenabschnittes  $a$  können als Korrekturterme verwendet werden, um alle Eingangswerte  $y_i$  gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i - a}{b}$$

Die resultierenden Werte von  $y_{i,corr}$  können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{y_i,corr}^2 = \frac{RSS}{(n-2)} - u_{RM}^2 + [c + (d-1)L]^2 + L^2 u^2(b) + u^2(a)$$

mit  $u(b)$  = Unsicherheit der Originalsteigung  $b$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln und mit  $u(a)$  = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes  $a$ , deren Wert benutzt wurde, um  $y_{i,corr}$  zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [9] ausführlich beschrieben.

Die Werte für  $u_{c,s,corr}$  werden dann zur Berechnung der kombinierten relativen Unsicherheit der Prüflinge nach der Korrektur gemäß der folgenden Gleichung herangezogen:

$$w_{AMS,corr}^2 = \frac{u_{corr,y_i=L}^2}{L^2}$$

Für den korrigierten Datensatz wird die Unsicherheit  $w_{AMS,corr}$  am 24 h-Grenzwert berechnet, wobei  $y_i$  als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

Die erweiterte relative Unsicherheit  $W_{AMS,corr}$  wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$W_{AMS,corr} = k \cdot w_{AMS,corr}$$

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

Die größte resultierende Unsicherheit  $W_{AMS,corr}$  wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [8] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1.  $W_{AMS,corr} \leq W_{dqo}$  → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2.  $W_{AMS,corr} > W_{dqo}$  → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit  $W_{dqo}$  beträgt für Feinstaub 25 % [8].

## 6.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten  $W_{AMS}$  sowohl für  $PM_{2,5}$  wie auch für  $PM_{10}$  liegen bereits ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit  $W_{dqo}$  von 25 % für Feinstaub. Durch Anwendung der Korrekturfaktoren für die Geräteversion SWAM 5a Dual Channel Monitor erfüllen die Prüflinge weiterhin die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen für alle Datensätze mit einer leichten Verschlechterung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz für  $PM_{2,5}$  und einer deutlichen Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz für  $PM_{10}$ .

Mindestanforderung erfüllt? ja

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes ergibt für die Messkomponente PM<sub>2,5</sub> eine signifikante Steigung und ein signifikanter Offset sowie für die Messkomponente PM<sub>10</sub> eine signifikante Steigung.

Für PM<sub>2,5</sub>:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,973. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,355. (siehe Tabelle 44).

Für PM<sub>10</sub>:

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 1,051. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei -0,271 (siehe Tabelle 45).

Es wurde für die Messkomponente PM<sub>2,5</sub> eine Steigungs- und Offsetkorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Es wurde für die Messkomponente PM<sub>10</sub> eine Steigungskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Alle Datensätze erfüllen nach der Korrektur die Anforderungen an die Datenqualität und die Messunsicherheiten verbessern sich insbesondere für PM<sub>10</sub> bei einigen Standorten erheblich. Für PM<sub>2,5</sub> verschlechtert sich die Unsicherheit für den Gesamtunsicherheit minimal durch die angewendete Korrektur.

Die Version des Leitfadens vom Januar 2010 sowie die Richtlinie DIN EN 16450 verlangen für den Fall des Betriebs der Messeinrichtung in einem Messnetz, dass die Geräte jährlich an einer Anzahl von Messstellen, die wiederum abhängig ist von der höchsten erweiterten Unsicherheit in der Äquivalenzprüfung, überprüft werden. Das entsprechende Kriterium zur Festlegung der Anzahl der Messstellen ist in 5 % Schritte unterteilt (Leitfaden [4], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6 bzw. DIN EN 16450 [9], Kapitel 8.6.2, Tabelle 5). Es bleibt festzustellen, dass die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit für PM<sub>2,5</sub> nach der Korrektur im Bereich 20 % bis 25 % liegt. Für PM<sub>10</sub> liegt die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit nach der Korrektur im Bereich 15 % bis 20 %.

Die entsprechende Umsetzung der oben genannten Anforderung zur regelmäßigen Überprüfung in den Messnetzen liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes des Datensatzes hierzu herangezogen wird, nämlich 12,22 % (PM<sub>2,5</sub>, unkorrigierter Datensatz) respektive 12,40 % (PM<sub>2,5</sub>, Datensatz nach Steigungs-/Offsetkorrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten (unkorrigiert und korrigiert) erfordern würde, bzw. 13,08 % (PM<sub>10</sub>, unkorrigierter Datensatz) respektive 9,10 % (PM<sub>10</sub>, Datensatz nach Steigungskorrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten (unkorrigiert) bzw. 2 Messorten (korrigiert) erfordern würde.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 165 von 240

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 52 und Tabelle 53 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung der Korrekturfaktoren auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 52: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SWAM 5a DC, Messkomponente PM<sub>2,5</sub> nach Korrektur Steigung/Offset

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfung	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249	
Status Messwerte	Korrektur Steigung & Offset	Grenzwert	30	µg/m <sup>3</sup>
		erlaubte Unsicherheit	25	%
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,73			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	312			
Steigung b	1,001			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,011			
Achsabschnitt a	-0,007			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,189			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,40			%
<b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m<sup>3</sup></b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,79			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	91			
Steigung b	1,051			
Unsicherheit von b	0,029			
Achsabschnitt a	-2,028			
Unsicherheit von a	0,804			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	15,74			%
<b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m<sup>3</sup></b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	221			
Steigung b	0,959			
Unsicherheit von b	0,022			
Achsabschnitt a	0,606			
Unsicherheit von a	0,237			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	11,04			%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor- SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017					
Prüfung	SWAM 5a DC		SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249	
Status Messwerte	Korrektur Steigung & Offset		Grenzwert	30	µg/m³
			erlaubte Unsicherheit	25	%
<b>Köln, Parkplatzgelände (2007)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,67				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,71				µg/m³
	SN 127			SN 131	
Anzahl Wertepaare	45			46	
Steigung b	1,029			0,995	
Unsicherheit von b	0,023			0,023	
Achsabschnitt a	-0,653			-0,372	
Unsicherheit von a	0,393			0,391	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	7,89	%		8,51	%
<b>Bonn, Belderberg</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,46				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,44				µg/m³
	SN 127			SN 131	
Anzahl Wertepaare	41			41	
Steigung b	1,025			1,052	
Unsicherheit von b	0,020			0,022	
Achsabschnitt a	-1,611			-2,437	
Unsicherheit von a	0,456			0,504	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,17	%		10,90	%
<b>Brühl</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,65				µg/m³
	SN 127			SN 131	
Anzahl Wertepaare	43			45	
Steigung b	1,013			1,032	
Unsicherheit von b	0,033			0,033	
Achsabschnitt a	-1,357			-1,595	
Unsicherheit von a	0,509			0,534	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	11,26	%		10,95	%
<b>Teddington</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,33				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45				µg/m³
	SN 145			SN 149	
Anzahl Wertepaare	74			80	
Steigung b	1,005			1,002	
Unsicherheit von b	0,023			0,020	
Achsabschnitt a	0,801			1,020	
Unsicherheit von a	0,290			0,252	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,04	%		11,73	%
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,37				µg/m³
	SN 127			SN 131	
Anzahl Wertepaare	67			53	
Steigung b	1,053			1,000	
Unsicherheit von b	0,027			0,032	
Achsabschnitt a	-0,904			0,277	
Unsicherheit von a	0,634			0,624	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	17,35	%		19,33	%
<b>Bornheim</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,33				µg/m³
	SN 248			SN 249	
Anzahl Wertepaare	57			60	
Steigung b	1,084			1,094	
Unsicherheit von b	0,041			0,043	
Achsabschnitt a	-0,213			-0,338	
Unsicherheit von a	0,441			0,456	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	18,79	%		20,08	%
<b>Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,64				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,79				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248			SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	95			95	
Steigung b	1,067			1,023	
Unsicherheit von b	0,029			0,029	
Achsabschnitt a	-2,358			-1,408	
Unsicherheit von a	0,810			0,81	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	16,02	%		16,40	%
<b>Alle Vergleiche, &lt;18 µg/m³</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,50				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,45				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248			SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	232			230	
Steigung b	0,958			0,985	
Unsicherheit von b	0,021			0,024	
Achsabschnitt a	0,593			0,413	
Unsicherheit von a	0,226			0,252	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,75	%		11,18	%
<b>Alle Vergleiche</b>					
Unsicherheit zwischen Referenz	0,51				µg/m³
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,73				µg/m³
	SN 127 / SN 145 / SN 248			SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	327			325	
Steigung b	1,009	nicht signifikant		0,991	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,011			0,011	
Achsabschnitt a	-0,118	nicht signifikant		0,137	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,187			0,193	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,42	%		13,00	%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 167 von 240

Tabelle 53: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SWAM 5a DC, Messkomponente PM<sub>10</sub> nach Korrektur Steigung

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfung	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249	
Status Messwerte	Korrektur Steigung	Grenzwert	50	µg/m <sup>3</sup>
		erlaubte Unsicherheit	25	%
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,75			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	404			
Steigung b	0,999			nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,009			
Achsabschnitt a	-0,240			nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,228			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,10			%
<b>Alle Vergleiche, ≥30 µg/m<sup>3</sup></b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,78			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,14			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	83			
Steigung b	1,111			
Unsicherheit von b	0,030			
Achsabschnitt a	-5,296			
Unsicherheit von a	1,307			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	13,55			%
<b>Alle Vergleiche, &lt;30 µg/m<sup>3</sup></b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,74			µg/m <sup>3</sup>
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43			µg/m <sup>3</sup>
<b>SN 127/145/248 &amp; SN 131/149/249</b>				
Anzahl Wertepaare	321			
Steigung b	0,962			
Unsicherheit von b	0,015			
Achsabschnitt a	0,527			
Unsicherheit von a	0,276			
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,99			%



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor- SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Richtlinie DIN EN 16450: 2017				
Prüfung	SWAM 5a DC	SN	SN 127/145/248 & SN 131/149/249	
Status Messwerte	Korrektur Steigung	Grenzwert	50	µg/m³
		erlaubte Unsicherheit	25	%
<b>Köln, Parkplatzgelände (2007)</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	1,12	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,83	µg/m³		
	SN 127		SN 131	
Anzahl Wertepaare	98		100	
Steigung b	1,070		1,021	
Unsicherheit von b	0,012		0,011	
Achsabschnitt a	-0,306		0,394	
Unsicherheit von a	0,321		0,295	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	14,51	%	8,39	%
<b>Bonn, Belderberg</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43	µg/m³		
	SN 127		SN 131	
Anzahl Wertepaare	62		62	
Steigung b	1,076		1,060	
Unsicherheit von b	0,020		0,019	
Achsabschnitt a	-1,113		-0,986	
Unsicherheit von a	0,542		0,513	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	12,73	%	10,36	%
<b>Brühl</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,77	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,54	µg/m³		
	SN 127		SN 131	
Anzahl Wertepaare	51		53	
Steigung b	0,996		0,985	
Unsicherheit von b	0,026		0,024	
Achsabschnitt a	-1,815		-1,594	
Unsicherheit von a	0,614		0,570	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	10,65	%	11,41	%
<b>Teddington</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,45	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,50	µg/m³		
	SN 145		SN 149	
Anzahl Wertepaare	73		79	
Steigung b	0,901		0,921	
Unsicherheit von b	0,020		0,020	
Achsabschnitt a	2,370		1,927	
Unsicherheit von a	0,379		0,371	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	11,81	%	9,99	%
<b>Köln, Parkplatzgelände (2011)</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,59	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,83	µg/m³		
	SN 127		SN 131	
Anzahl Wertepaare	69		66	
Steigung b	0,982		0,983	
Unsicherheit von b	0,021		0,024	
Achsabschnitt a	-1,574		-1,966	
Unsicherheit von a	0,728		0,838	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	13,63	%	15,53	%
<b>Bornheim</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,63	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,33	µg/m³		
	SN 248		SN 249	
Anzahl Wertepaare	56		59	
Steigung b	0,991		0,990	
Unsicherheit von b	0,031		0,032	
Achsabschnitt a	-0,575		-0,723	
Unsicherheit von a	0,553		0,568	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,08	%	8,76	%
<b>Alle Vergleiche, ≥30 µg/m³</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,78	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	1,14	µg/m³		
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	86		85	
Steigung b	1,137		1,085	
Unsicherheit von b	0,031		0,031	
Achsabschnitt a	-6,111		-4,605	
Unsicherheit von a	1,330		1,32	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	14,24	%	13,74	%
<b>Alle Vergleiche, &lt;30 µg/m³</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,74	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,43	µg/m³		
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	323		334	
Steigung b	0,964		0,964	
Unsicherheit von b	0,015		0,015	
Achsabschnitt a	0,547		0,428	
Unsicherheit von a	0,281		0,272	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	8,78	%	8,96	%
<b>Alle Vergleiche</b>				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,75	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,63	µg/m³		
	SN 127 / SN 145 / SN 248		SN 131 / SN 149 / SN 249	
Anzahl Wertepaare	409		419	
Steigung b	1,010	nicht signifikant	0,986	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,009		0,009	
Achsabschnitt a	-0,376	nicht signifikant	-0,069	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,237		0,223	
Erweiterte Messunsicherheit W <sub>CM</sub>	9,41	%	9,47	%

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 169 von 240

## 6.1 18 Wartungsintervall (7.5.7)

*Das Wartungsintervall muss mindestens zwei Wochen betragen.*

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für den Nullpunkt (siehe 6.1 12 Nullpunktprüfungen (7.5.3) zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

## 6.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keinerlei unzulässige Driften am Nullpunkt festgestellt werden.

Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt.

Die Messeinrichtung besitzt einen Filtervorrat von 36, 72 oder 96 Filtern. Die maximale Laufzeit ermittelt sich entsprechend wie folgt:

SWAM 5a Dual Channel Monitor:

Bei einer 24-h-stündigen Probenahme und dem Betrieb beider Linien ist eine maximale Laufzeit von 18, 36 bzw. 48 Tagen realisierbar.

SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor:

Bei einer Zykluszeit von 1 h und einer 8-fach Belegung pro Filter (Einstellung in Prüfung), werden pro Messtag beim Betrieb beider Probenahmelinien 6 Filter verbraucht. Somit sind maximale Laufzeiten von 6, 12 bzw. 16 Tagen realisierbar.

SWAM 5a Monitor:

Bei einer 24-h-stündigen Probenahme ist eine maximale Laufzeit von 36, 72 bzw. 96 Tagen realisierbar.

Es empfiehlt sich – analog der Vorgabe für das Referenzverfahren aus Richtlinie EN 12341:2014, Punkt 7.3 - die Aufstockung des Filtervorrats zusammen mit einer Reinigung der Probenahmeköpfe nach 15 Tagen (für PM<sub>2,5</sub>) bzw. nach 30 Tagen (PM<sub>10</sub>) vorzunehmen.

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden.

## 6.5 Bewertung

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten (Wechsel Filter / eventuell Reinigung Probenahmekopf) bestimmt und beträgt 15 Tage für PM<sub>2,5</sub> und 30 Tage für PM<sub>10</sub>.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Kapitel 8 des Bedienhandbuchs entnommen werden.

## **6.1 19 Automatische Überprüfung (7.5.4)**

*Die Ergebnisse von automatischen/funktionalen Überprüfungen müssen, sofern verfügbar, aufgezeichnet werden.*

## **6.2 Gerätetechnische Ausstattung**

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## **6.3 Durchführung der Prüfung**

An die Messeinrichtung wurde ein Modem angeschlossen. Mittels Datenfernübertragung wurden u. a. die Statussignale des Gerätes erfasst.

Die Zugriffsmöglichkeiten auf die Messeinrichtung via Bediensoftware DR FAI Manager sowie via Hyperterminal wurden überprüft.

Die Messeinrichtung ermöglicht eine umfassende telemetrische Kontrolle und Steuerung der Messeinrichtung. Es stehen zum einen eine Reihe von Lese-, Schreib- und Steuerbefehlen zur Verfügung - eine vollständige Übersicht enthält die Bedienungsanleitung zur Messeinrichtung.

Ergebnisse der internen Tests zur Qualitätssicherung / Funktionsüberwachung z.B. zur Dichtigkeit des Systems, der Durchflusskalibrierung sowie der radiometrischen Massenbestimmung werden im System gespeichert.

Mittels der Bediensoftware DR FAI Manager bequem der aktuelle Gerätestatus überwacht sowie die gespeicherten Daten als Text-File ausgelesen werden (siehe hierzu Abbildung 13 bis Abbildung 19 unter Punkt 3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung).

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung- und -steuerung leicht möglich.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde RS232 direkt ein PC an die Messeinrichtung angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft.

## **6.4 Auswertung**

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar. Die Ergebnisse der internen Tests zur Qualitätssicherung / Funktionsüberwachung z.B. zur Dichtigkeit des Systems, der Durchflusskalibrierung sowie der radiometrischen Massenbestimmung werden im System gespeichert.

## **6.5 Bewertung**

Die Ergebnisse der internen Tests zur Qualitätssicherung / Funktionsüberwachung z.B. zur Dichtigkeit des Systems, der Durchflusskalibrierung sowie der radiometrischen Massenbestimmung werden im System gespeichert.

Mindestanforderung erfüllt? ja

## **6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses**

Die möglichen automatischen/funktionalen Überprüfungen können dem Kapitel 7 des Bedienungshandbuchs entnommen werden.

## 6.1 20 Prüfungen der Sensoren für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte

*Die Überprüfbarkeit der Sensoren der AMS für Temperatur, Druck und/oder Luftfeuchte muss geprüft werden und die ermittelten Abweichungen innerhalb der folgenden Kriterien liegen:*

$$T \pm 2 \text{ °C}$$

$$p \pm 1 \text{ kPa}$$

$$rF \pm 5 \%$$

## 6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 6.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wird untersucht, ob für die korrekte Messgeräteperformance notwendige Sensoren der AMS für Temperatur, Druck und Luftfeuchte vor Ort im Feld zugänglich bzw. überprüfbar sind. Sind Überprüfungen vor Ort nicht möglich, muss dies dokumentiert werden.

## 6.4 Auswertung

Die Messeinrichtungen vom Typ SWAM 5a verwenden verschiedene Temperatur- und Druck- und Feuchtesensoren.

Die relevanten Sensoren für Temperatur (Außentemperatur, Raumtemperatur, Temperatur im Bereich des Massendurchflussmesser, Temperatur im Bereich des Filters während der Probenahme) oder Druck (z.B. Luftdruck, Druckverlust über Filter) sowie relativer Feuchte (im Bereich des Filters während der Probenahme) sind grundsätzlich alle zugänglich. Somit können mittels Transferstandards Vergleichsmessungen durchgeführt werden.

Die Überprüfung von internen Sensoren (z.B. im Bereich des Filters während der Probenahme oder im Bereich der Durchflussmessung) erfordert eine Demontage der Installation und sollte daher vorzugsweise als Teil der jährlichen Prüfung gemäß DIN EN 16450 Tabelle 4 in Laborräumen durchgeführt werden.

Eine Justierung der Sensoren durch den Anwender ist allerdings nur für die Parameter Außentemperatur, Luftdruck und Durchflussrate möglich. Für die anderen Parameter ist im Falle von unzulässigen Abweichungen der Gerätehersteller zu kontaktieren

## 6.5 Bewertung

Die relevanten extern angeordneten Sensoren zur Erfassung der Außentemperatur und des Luftdrucks sind leicht vor Ort überprüfbar und justierbar. Die Überprüfung von internen Sensoren (z.B. im Bereich des Filters während der Probenahme oder im Bereich der Durchflussmessung) ist ebenfalls möglich, erfordert aber eine Demontage der Installation und sollte daher vorzugsweise als Teil der jährlichen Prüfung gemäß DIN EN 16450 Tabelle 4 in Laborräumen durchgeführt werden

Mindestanforderung erfüllt? ja

## 6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

## 7. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

### 7.1 Arbeiten im Wartungsintervall (15 Tage (PM<sub>2,5</sub>) bzw. 30 Tage (PM<sub>10</sub>))

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Überprüfung des Gerätestatus inkl. der internen Funktionskontrollen  
Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on-line überwacht und kontrolliert werden.
- Die Probenahmeköpfe müssen nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind. Diese Arbeiten sollten parallel mit dem notwendigen Austausch der Filter durchgeführt werden.

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

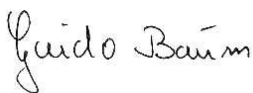
### 7.2 Weitergehende Wartungsarbeiten

Über die regelmäßigen Wartungsarbeiten im Wartungsintervall hinausgehend sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

- Alle 3 Monate Kontrolle und ggf. Reinigung der Ansaugstange.  
Nach erfolgter Wartung ist die Dichtigkeit der Messeinrichtung zu prüfen.
- Alle 6 Monate Kontrolle Ölstand und Filter des Druckluftkompressors
- Alle 12 Monate Wartung der Pumpe. Nach erfolgter Wartung ist der Luftdurchsatz mit Hilfe eines Durchflusstransferstandards zu überprüfen und ggf. nachzukalibrieren.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Immissionsschutz / Luftreinhaltung



---

Dipl.-Ing. Guido Baum



---

Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Köln, 7. September 2018  
936/21239762/B

## **8. Literaturverzeichnis**

- [1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmessenrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002
- [2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004
- [3] Europäische Norm EN 12341, „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM 10-Fraktion von Schwebstaub; Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“, Deutsche Fassung EN 12341: 1998
- [4] Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM<sub>2,5</sub>-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005
- [5] Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“, Englische Fassung vom November 2005 (Erstprüfung) bzw. vom Januar 2010
- [6] Bedienungshandbücher SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Dual Channel Hourly Monitor und SWAM 5a Monitor
- [7] Bedienungshandbuch LVS3, Stand 2000
- [8] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa
- [9] Europäische Norm EN 16450, „Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM10; PM2,5); Deutsche Fassung EN 16450 vom Juli 2017
- [10] Bericht „UK Equivalence Programme for Monitoring of Particulate Matter“, Berichts-Nr.: BV/AQ/AD202209/DH/2396 vom 05.06.2006
- [11] TÜV Rheinland Bericht Nr. 936/21207522/A vom 23. März 2009; Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor mit PM10 und PM2,5 Vorabscheider der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>
- [12] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 11. Oktober 2011
- [13] Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 3. November 2011

## **2.1 SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>**

### **Hersteller:**

FAI Instruments s.r.l., Fonte Nuova (Rom), Italien

### **Eignung:**

Zur kontinuierlichen parallelen Immissionsmessung der PM<sub>10</sub>- und der PM<sub>2,5</sub>-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz

### **Messbereiche bei der Eignungsprüfung:**

PM<sub>10</sub>: 0-200 µg/m<sup>3</sup>

PM<sub>2,5</sub>: 0-200 µg/m<sup>3</sup>

### **Softwareversion: Version**

Rel 04-08.01.65-30.02.00

### **Hinweise:**

1. Die Anforderungen gemäß des Leitfadens Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods werden eingehalten.
2. Es wurden Filterhalter mit einer Beaufschlagungsfläche von 5,20 cm<sup>2</sup> eingesetzt.
3. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM<sub>10</sub>-Referenzverfahren nach DIN EN 12341 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.
4. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen PM<sub>2,5</sub>-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.

### **Prüfinstitut:**

TÜV Rheinland Immissionsschutz und Energiesysteme GmbH, Köln  
Bericht Nr.: 936/21207522/A vom 23. März 2009

Abbildung 113: Erstbekanntgabe BAnz. 25. August 2009, Nr. 125, Seite 2929, Kapitel II Nr. 2.1

**7. Mitteilung** zur Bekanntmachung des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. 2929, Kapitel II Nummer 2.1)

Die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> der Firma FAI Instruments s.r.l. erfüllt die Anforderungen der DIN EN 12341, der DIN EN 14907 sowie des Leitfadens zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Immissionsmesseinrichtungen in der Version vom November 2005. Darüber hinaus erfüllt die Herstellung und das Qualitätsmanagement der Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> die Anforderungen der DIN EN 15267.

Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter [www.qal1.de](http://www.qal1.de) einsehbar.

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 26. März 2011

Abbildung 114: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 29. Juli 2011, Nr. 113, Seite 2725, Kapitel III 7. Mitteilung

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 175 von 240

- 2 Mitteilung zu Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. 2929, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 15. Juli 2011 (BAnz. S. 2725, Kapitel III 7. Mitteilung)  
Die Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM10 und PM2,5 der Fa. FAI Instruments s.r.l. kann auch in der Geräteversion mit 1-h-Messmodus eingesetzt werden. Die Geräteversion mit 1-h-Messmodus wird unter der Bezeichnung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor vertrieben.  
Die Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM10 und PM2,5 der Fa. FAI Instruments s.r.l. wird baugleich unter der Bezeichnung Model 602 BetaPlus von der Fa. Teledyne Advanced Pollution Instrumentation, San Diego/USA vertrieben.  
Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 11. Oktober 2011

Abbildung 115: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 2. Mitteilung

- 3 Mitteilung zu Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. S2929, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 15. Juli 2011 (BAnz. S. B2725, Kapitel III 7. Mitteilung)  
Die Bekanntgabe der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM10 und PM2,5 der Fa. FAI Instruments s.r.l. umfasst auch die einkanalige Bauform der Immissionsmesseinrichtung mit der Gerätebezeichnung SWAM 5a Monitor für PM10 oder PM2,5.  
Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 3. November 2011

Abbildung 116: Bekanntgabe Mitteilung BAnz. 2. März 2012, Nr. 36, Seite 920, Kapitel V 3. Mitteilung

- 12 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. 2929, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 23. Februar 2012 (BAnz. S. 920, Kapitel V, 2. und 3. Mitteilung)**

Die aktuelle Softwareversion der Staubimmissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> der Firma FAI Instruments s. r. l. lautet:

04-09.01.85-30.02.00

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 15. Oktober 2012

Abbildung 117: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 05.03.2013 B10, Kapitel V 12. Mitteilung



**8 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. 2929, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 12. Februar 2013 (BAnz AT 05.03.2013 B10, Kapitel V 12. Mitteilung)**

Die aktuellen Softwareversionen für die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> lauten:

04-09.01.85-30.02.00 (alter Mikro-Controller, bis 2008)

bzw.

04-09.01.85-30.03.00 (neuer Mikro-Controller, ab 2008)

Für die Messeinrichtung SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> ist ein optionales Ethernet Board erhältlich, welches die Kommunikation mit der Messeinrichtung via LAN-Netzwerk ermöglicht. Die aktuelle Softwareversion der Messeinrichtung lautet:

05-02.08.56-30.03.00

Die aktuelle Softwareversion für die Messeinrichtung SWAM 5a Monitor für PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> lautet:

01-05.05.13-30.03.00

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 19. September 2014

**Abbildung 118: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV 8. Mitteilung**

**44 Mitteilung zu den Bekanntmachungen des Umweltbundesamtes vom 3. August 2009 (BAnz. S. 2934, Kapitel II Nummer 2.1) und vom 25. Februar 2015 (BAnz AT 02.04.2015 B5, Kapitel IV 8. Mitteilung)**

Für die Messeinrichtungen SWAM 5a Dual Channel Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>, SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> und SWAM 5a Monitor für PM<sub>10</sub> oder PM<sub>2,5</sub> der Firma FAI Instruments srl. sind auch Standard-Probeneinlässe gemäß Anhang A der Richtlinie DIN EN 12341 (Ausgabe: August 2014) unter den Bezeichnungen PM10-EN12341-2014 bzw. PM2.5-EN12341-2014 verfügbar.

Stellungnahme der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH vom 17. März 2015.

**Abbildung 119: Bekanntgabe Mitteilung BAnz AT 26.08.2015 B4, Kapitel V 44. Mitteilung**

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 177 von 240

## **9. Anlagen**

### **Anhang 1**

#### **Mess- und Rechenwerte**

- Anlage 1: Nullniveau und Nachweisgrenze
- Anlage 2: Genauigkeit des Volumenstroms
- Anlage 3: Temperaturabhängigkeit des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Anlage 4: Netzspannungsabhängigkeit
- Anlage 5: Messwerte aus den Feldteststandorten (SWAM 5a DC)
- Anlage 6: Messwerte aus den Feldteststandorten (SWAM 5a DC HM)
- Anlage 7: Messwerte aus den Feldteststandorten (SWAM 5a)
- Anlage 8: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten

### **Anhang 2**

#### **Verfahren zur Filterwägung**

### **Anhang 3**

#### **Handbücher**

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 1**

**Nullniveau und Nachweisgrenze**

**Blatt 1 von 2**

<b>Hersteller</b>	FAI Instruments s.r.l.			
<b>Gerätetyp</b>	SWAM 5a DC		Standards	NP Messwerte mit Nullfilter
<b>Serien-Nr.</b>	SN 127, Line A / SN 127, Line B			

Nr.	Datum	Messwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] SN 127, Line A	Datum	Messwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] SN 127, Line B
1	29.06.2007	0,1	29.06.2007	0,3
2	30.06.2007	0,0	30.06.2007	0,1
3	01.07.2007	0,0	01.07.2007	0,2
4	02.07.2007	0,5	02.07.2007	0,0
5	03.07.2007	0,5	03.07.2007	0,5
6	04.07.2007	0,4	04.07.2007	0,2
7	05.07.2007	0,5	05.07.2007	0,6
8	06.07.2007	0,1	06.07.2007	0,4
9	07.07.2007	0,3	07.07.2007	0,5
10	08.07.2007	0,1	08.07.2007	0,5
11	09.07.2007	0,3	09.07.2007	0,6
12	10.07.2007	0,2	10.07.2007	0,5
13	11.07.2007	0,5	11.07.2007	0,4
14	12.07.2007	0,3	12.07.2007	0,4
15	13.07.2007	0,6	13.07.2007	0,5
16	14.07.2007	0,3	14.07.2007	0,6
17	15.07.2007	0,0	15.07.2007	0,5
18	16.07.2007	0,3	16.07.2007	0,2
	Anzahl Werte	18	Anzahl Werte	18
	Mittelwert (Nullniveau)	0,28	Mittelwert (Nullniveau)	0,39
	Standardabweichung $s_{x0}$	0,20	Standardabweichung $s_{x0}$	0,18
	Nachweisgrenze X	<b>0,65</b>	Nachweisgrenze X	<b>0,60</b>

$$s_{x0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 1**

**Nullniveau und Nachweisgrenze**

**Blatt 2 von 2**

<b>Hersteller</b>	FAI Instruments s.r.l.			
<b>Gerätetyp</b>	SWAM 5a DC		Standards	NP Messwerte mit Nullfilter
<b>Serien-Nr.</b>	SN 131, Line A / SN 131, Line B			

Nr.	Datum	Messwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] SN 131, Line A	Datum	Messwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] SN 131, Line B
1	29.06.2007	0,0	29.06.2007	0,4
2	30.06.2007	0,4	30.06.2007	0,0
3	01.07.2007	0,0	01.07.2007	0,0
4	02.07.2007	0,6	02.07.2007	0,2
5	03.07.2007	0,0	03.07.2007	0,0
6	04.07.2007	0,0	04.07.2007	0,6
7	05.07.2007	0,4	05.07.2007	0,5
8	06.07.2007	0,2	06.07.2007	0,1
9	07.07.2007	0,2	07.07.2007	0,2
10	08.07.2007	0,0	08.07.2007	0,5
11	09.07.2007	0,0	09.07.2007	0,0
12	10.07.2007	0,3	10.07.2007	0,1
13	11.07.2007	0,4	11.07.2007	0,1
14	12.07.2007	0,1	12.07.2007	0,0
15	13.07.2007	0,3	13.07.2007	0,3
16	14.07.2007	0,3	14.07.2007	0,5
17	15.07.2007	0,5	15.07.2007	0,5
18	16.07.2007	0,3	16.07.2007	0,3
	Anzahl Werte	18	Anzahl Werte	18
	Mittelwert (Nullniveau)	0,22	Mittelwert (Nullniveau)	0,24
	Standardabweichung $s_{x0}$	0,20	Standardabweichung $s_{x0}$	0,21
	Nachweisgrenze X	<b>0,65</b>	Nachweisgrenze X	<b>0,71</b>

$$s_{x0} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \bar{x}_0)^2}$$

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 2**

**Genauigkeit des Volumenstroms**

**Blatt 1 von 2**

<b>Hersteller</b>	FAI Instruments s.r.l.						<b>Solldurchflussrate [l/min]</b>	38,33
<b>Gerätetyp</b>	SWAM5a DC							
<b>Serien-Nr.</b>	SN 111, Line A / SN 111, Line B							
Temperatur 1	5°C	SN 111, Line A			SN 111, Line B			
		Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	
		1	26.07.2017 10:00	38,39	1	26.07.2017 10:03	38,32	
		2	26.07.2017 10:12	38,24	2	26.07.2017 10:15	38,07	
		3	26.07.2017 10:24	38,10	3	26.07.2017 10:27	38,13	
		4	26.07.2017 10:36	38,23	4	26.07.2017 10:39	38,04	
		5	26.07.2017 10:48	37,88	5	26.07.2017 10:51	37,99	
		6	26.07.2017 11:00	37,92	6	26.07.2017 11:03	38,01	
		7	26.07.2017 11:12	37,94	7	26.07.2017 11:15	38,03	
		8	26.07.2017 11:24	38,06	8	26.07.2017 11:27	38,05	
		9	26.07.2017 11:36	38,10	9	26.07.2017 11:39	38,13	
		10	26.07.2017 11:48	38,14	10	26.07.2017 11:51	38,53	
		<b>Mittelwert</b>	<b>38,10</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>38,13</b>			
Temperatur 2	40°C	SN 111, Line A			SN 111, Line B			
		Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	
		1	26.07.2017 16:02	38,14	1	26.07.2017 16:05	37,95	
		2	26.07.2017 16:14	38,18	2	26.07.2017 16:17	37,96	
		3	26.07.2017 16:26	38,60	3	26.07.2017 16:29	37,97	
		4	26.07.2017 16:38	38,34	4	26.07.2017 16:41	38,00	
		5	26.07.2017 16:50	38,18	5	26.07.2017 16:53	37,95	
		6	26.07.2017 17:02	38,14	6	26.07.2017 17:05	38,05	
		7	26.07.2017 17:14	38,17	7	26.07.2017 17:17	38,08	
		8	26.07.2017 17:26	38,17	8	26.07.2017 17:29	38,09	
		9	26.07.2017 17:38	38,29	9	26.07.2017 17:41	38,05	
		10	26.07.2017 17:50	38,26	10	26.07.2017 17:53	38,34	
		<b>Mittelwert</b>	<b>38,25</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>38,04</b>			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 2**

**Genauigkeit des Volumenstroms**

**Blatt 2 von 2**

<b>Hersteller</b>	FAI Instruments s.r.l.						<b>Solldurchflussrate [l/min]</b>	38,33
<b>Gerätetyp</b>	SWAM5a DC							
<b>Serien-Nr.</b>	SN 395, Line A / SN 395, Line B							
Temperatur 1 5°C	SN 395, Line A			SN 395, Line B				
	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]		
	1	26.07.2017 10:06	38,44	1	26.07.2017 10:09	38,02		
	2	26.07.2017 10:18	38,42	2	26.07.2017 10:21	38,15		
	3	26.07.2017 10:30	38,41	3	26.07.2017 10:33	38,19		
	4	26.07.2017 10:42	38,42	4	26.07.2017 10:45	38,35		
	5	26.07.2017 10:54	38,44	5	26.07.2017 10:57	38,32		
	6	26.07.2017 11:06	38,41	6	26.07.2017 11:09	38,35		
	7	26.07.2017 11:18	38,31	7	26.07.2017 11:21	38,35		
	8	26.07.2017 11:30	38,36	8	26.07.2017 11:33	38,40		
	9	26.07.2017 11:42	38,32	9	26.07.2017 11:45	38,42		
	10	26.07.2017 11:54	38,31	10	26.07.2017 11:57	38,43		
	<b>Mittelwert</b>		<b>38,38</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>38,30</b>		
Temperatur 2 40°C	SN 395, Line A			SN 395, Line B				
	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]	Nr.	Datum/Uhrzeit	Messwert [l/pm]		
	1	26.07.2017 16:08	38,11	1	26.07.2017 16:11	38,48		
	2	26.07.2017 16:20	38,73	2	26.07.2017 16:23	38,61		
	3	26.07.2017 16:32	38,60	3	26.07.2017 16:35	38,72		
	4	26.07.2017 16:44	38,60	4	26.07.2017 16:47	38,87		
	5	26.07.2017 16:56	38,84	5	26.07.2017 16:59	38,87		
	6	26.07.2017 17:08	38,71	6	26.07.2017 17:11	38,99		
	7	26.07.2017 17:20	38,75	7	26.07.2017 17:23	39,11		
	8	26.07.2017 17:32	38,40	8	26.07.2017 17:35	38,74		
	9	26.07.2017 17:44	38,55	9	26.07.2017 17:47	38,71		
	10	26.07.2017 17:56	38,67	10	26.07.2017 17:59	38,71		
	<b>Mittelwert</b>		<b>38,60</b>	<b>Mittelwert</b>		<b>38,78</b>		

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt**

**Blatt 1 von 4**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.							
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC							
<b>Serien-Nr.</b>		SN 127, Line A / SN 127, Line B							
<b>Prüfzeitraum</b>		06.05.2008 - 21.05.2008		Messung 1		Messung 2		Messung 3	
SN 127, Line A	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m³]		
NP	1	20	0,0	0,1	0,0	0,03	0,16		
	2	5	0,5	0,2	0,7	0,47			
	3	20	0,2	0,2	0,0	0,13			
	4	40	0,3	0,5	1,0	0,60			
	5	20	0,2	0,7	0,0	0,30			
SN 127, Line B	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m³]	Mittelwert bei 20°C [µg/m³]		
NP	1	20	0,1	0,0	0,6	0,23	0,26		
	2	5	0,3	0,0	0,5	0,27			
	3	20	0,2	0,2	0,4	0,27			
	4	40	0,5	0,7	0,7	0,63			
	5	20	0,4	0,4	0,0	0,27			

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt**

**Blatt 2 von 4**

<b>Hersteller</b>	FAI Instruments s.r.l.						
<b>Gerätetyp</b>	SWAM 5a DC						
<b>Serien-Nr.</b>	SN 131, Line A / SN 131, Line B						
<b>Prüfzeitraum</b>	06.05.2008 - 21.05.2008		Messung 1	Messung 2	Messung 3		
SN 131, Line A	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert bei 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
NP	1	20	0,0	0,1	0,4	0,17	0,22
	2	5	0,2	0,1	0,4	0,23	
	3	20	0,0	0,3	0,0	0,10	
	4	40	0,7	0,8	0,6	0,70	
	5	20	0,3	0,4	0,5	0,40	
SN 131, Line B	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Messwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [µg/m <sup>3</sup> ]	Mittelwert bei 20°C [µg/m <sup>3</sup> ]
NP	1	20	0,0	0,0	0,5	0,17	0,19
	2	5	0,0	0,4	0,0	0,13	
	3	20	0,0	0,4	0,0	0,13	
	4	40	1,0	0,7	0,8	0,83	
	5	20	0,0	0,6	0,2	0,27	



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 3 von 4**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.		<b>Verwendeter Prüfstandard</b> Referenzfolien			
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC					
<b>Serien-Nr.</b>		SN 127 R1 / SN 127 R2					
<b>Prüfzeitraum</b>		14.09.07 - 18.09.07		<b>Messung 1</b>	<b>Messung 2</b>	<b>Messung 3</b>	
SN 127 R1	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert bei 20°C [mg/cm <sup>2</sup> ]
RP	1	20	3,457	3,455	3,451	3,454	3,451
	2	5	3,453	3,453	3,448	3,451	
	3	20	3,451	3,450	3,454	3,452	
	4	40	3,448	3,446	3,450	3,448	
	5	20	3,443	3,454	3,448	3,448	
SN 127 R2	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert bei 20°C [mg/cm <sup>2</sup> ]
RP	1	20	6,833	6,838	6,828	6,833	6,829
	2	5	6,833	6,830	6,829	6,831	
	3	20	6,833	6,829	6,828	6,830	
	4	40	6,826	6,828	6,825	6,826	
	5	20	6,821	6,829	6,826	6,825	

**Anlage 3**

**Umgebungstemperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 4 von 4**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.		<b>Verwendeter Prüfstandard</b> Referenzfolien			
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC					
<b>Serien-Nr.</b>		SN 131 R1 / SN 131 R2					
<b>Prüfzeitraum</b>		14.09.07 - 18.09.07					
				Messung 1	Messung 2	Messung 3	
SN 131 R1	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm²]	Messwert [mg/cm²]	Messwert [mg/cm²]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm²]	Mittelwert bei 20°C [mg/cm²]
RP	1	20	3,396	3,399	3,401	3,399	3,401
	2	5	3,399	3,404	3,403	3,402	
	3	20	3,401	3,398	3,406	3,402	
	4	40	3,406	3,402	3,401	3,403	
	5	20	3,402	3,400	3,405	3,402	
SN 131 R2	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [mg/cm²]	Messwert [mg/cm²]	Messwert [mg/cm²]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm²]	Mittelwert bei 20°C [mg/cm²]
RP	1	20	6,863	6,873	6,871	6,869	6,871
	2	5	6,871	6,875	6,874	6,873	
	3	20	6,874	6,875	6,873	6,874	
	4	40	6,874	6,873	6,874	6,874	
	5	20	6,870	6,870	6,867	6,869	

**Anlage 4**

**Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 1 von 2**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.		<b>Verwendeter Prüfstandard</b> Folien			
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC					
<b>Serien-Nr.</b>		SN 111, R1 / SN 111, R2					
<b>Prüfzeitraum</b>		31.07.2017		Messung 1	Messung 2	Messung 3	
SN 111, R1	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]	
RP	1	230	3,464	3,451	3,454	3,456	
	2	195	3,445	3,442	3,444	3,444	
	3	230	3,442	3,441	3,444	3,442	
	4	253	3,443	3,445	3,446	3,445	
	5	230	3,446	3,445	3,444	3,445	
SN 111, R2	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]	
RP	1	230	6,807	6,799	6,797	6,801	
	2	195	6,788	6,788	6,790	6,789	
	3	230	6,785	6,785	6,787	6,786	
	4	253	6,785	6,791	6,788	6,788	
	5	230	6,788	6,786	6,788	6,787	

**Anlage 4**

**Netzspannungsabhängigkeit der Empfindlichkeit (Span)**

**Blatt 2 von 2**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.					<b>Verwendeter Prüfstandard</b> Folien	
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC						
<b>Serien-Nr.</b>		SN 395, R1 / SN 395, R2						
<b>Prüfzeitraum</b>		31.07.2017		Messung 1	Messung 2	Messung 3		
SN 395, R1	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]		
RP	1	230	3,294	3,294	3,293	3,294		
	2	195	3,325	3,293	3,293	3,304		
	3	230	3,294	3,291	3,295	3,293		
	4	253	3,295	3,293	3,293	3,294		
	5	230	3,290	3,293	3,293	3,292		
SN 395, R2	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Messwert [mg/cm <sup>2</sup> ]	Mittelwert aus 3 Messungen [mg/cm <sup>2</sup> ]		
RP	1	230	6,604	6,609	6,605	6,606		
	2	195	6,602	6,601	6,603	6,602		
	3	230	6,599	6,602	6,601	6,601		
	4	253	6,601	6,598	6,604	6,601		
	5	230	6,598	6,602	6,603	6,601		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 1 von 18**

Hersteller FAI Instruments s.r.l. <span style="float: right;">Schwebstaub PM10 &amp; PM2.5</span> Gerätetyp SWAM 5a DC <span style="float: right;">Messwerte in µg/m³ i.B.</span> Serien-Nr. SN 127 / SN 131												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
1	20.10.2007			18,0	20,2		15,9	16,4	20,8	21,0	Ausreisser Ref. PM2,5	Köln, Parkplatzgelände
2	21.10.2007			18,1	19,8		15,8	17,1	20,2	20,1		
3	22.10.2007			21,6	22,9			18,8		23,4	Wassereintrich SN127	
4	23.10.2007	23,1	20,9	24,4	26,6	86,2		20,4		26,5	Wassereintrich SN127	
5	24.10.2007	27,1	29,2	30,7	32,0	89,7	26,8	26,1	34,0	32,4		
6	25.10.2007	24,2	25,8	26,7	28,3	91,0	23,2	22,4	28,6	27,7		
7	26.10.2007	21,8	24,5	27,7	28,9	81,6	22,8	22,4	30,2	29,5		
8	27.10.2007			33,9	35,9		29,5	28,8	36,0	34,7		
9	28.10.2007			34,4	35,7						Wechsel auf Winterzeit	
10	29.10.2007										Wechsel auf Winterzeit	
11	30.10.2007										NP/RP-Check	
12	31.10.2007	22,8	24,6	26,4	28,2	87,1	23,1	23,3	31,7	32,7		
13	01.11.2007			29,1	31,3		27,3	27,2	35,6	36,0		
14	02.11.2007			29,1	31,0		21,9	22,8	34,0	36,3		
15	03.11.2007			23,7	23,8		17,9	18,0	28,5	28,1		
16	04.11.2007			16,9	19,1		11,8	11,8	21,4	21,3		
17	05.11.2007	14,5	16,1	18,4	18,9	82,2	13,5	13,6	24,0	23,7		
18	06.11.2007	10,8	11,9	15,8	16,8	69,4	9,6	9,8	20,7	19,7		
19	07.11.2007	15,0	15,0	23,1	23,0	65,3	14,7	14,4	29,1	29,2		
20	08.11.2007	9,5	10,6	13,5	14,7	71,6	10,0	9,8	15,8	15,7		
21	09.11.2007	7,1	7,1	10,0	10,6	68,6	7,0	6,8	13,4	13,7		
22	10.11.2007			9,8	10,3		7,5	7,5	13,0	12,7		
23	11.11.2007			6,3	7,8		5,4	5,8	9,6	9,3		
24	12.11.2007	8,8	9,6	15,1	16,2	58,7	10,2	10,6	19,5	19,5		
25	13.11.2007	11,7	11,7	15,8	15,7	74,5	13,2	13,5	17,9	17,6		
26	14.11.2007	12,2	12,2	14,7	14,9	82,3	14,0	13,7	17,8	17,5		
27	15.11.2007	17,6	18,5	22,4	25,8	74,8	19,7	19,5	25,3	24,3		
28	16.11.2007	27,5	27,2	35,0	38,3	74,6	28,0	27,7	40,1	38,6		
29	17.11.2007			55,7	60,5		47,3	45,4	62,4	59,4		
30	18.11.2007	16,0	16,3	17,4	21,5	83,0	16,3	17,3	18,3	18,8		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 189 von 240

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
31	19.11.2007	21,6	22,3	24,5	28,3	83,1	22,6	22,1	26,3	26,2		Köln, Parkplatzgelände	
32	20.11.2007			22,5	27,5		22,3	21,4	26,2	25,5			
33	21.11.2007			24,0	28,0		21,9	22,1	28,1	27,9			
34	22.11.2007	20,8	22,2	26,2	29,5	77,2	23,4	23,1	29,6	30,2			
35	23.11.2007	17,0	17,8	24,1	28,4	66,4	15,5	16,1	27,7	28,1			
36	24.11.2007			23,8	28,2		16,0	16,3	27,9	28,2			
37	25.11.2007			13,8	14,4		5,6	6,1	12,0	12,5			
38	26.11.2007			15,3	15,4		8,3	8,1	17,5	17,7			
39	27.11.2007	18,2	18,3	26,5	27,1	68,2	16,8	16,9	31,0	30,4			
40	28.11.2007	20,1	21,6	26,4	26,2	79,3	19,3	19,1	28,3	27,3			
41	29.11.2007			19,2	19,7		14,8	13,8	22,3	22,0			
42	30.11.2007			14,0	13,8		8,4	8,2	15,1	15,5			
43	01.12.2007			10,0	9,6		4,7	4,2	11,5	11,7			
44	02.12.2007			6,0	5,7		2,9	2,5	7,3	7,0			
45	03.12.2007			10,6	10,8		5,4	5,7	12,6	11,5			
46	04.12.2007	9,4	9,4	13,2	13,9	69,6	8,1	8,4	17,0	16,9			
47	05.12.2007	6,8	7,0	11,9	12,8	56,1	6,1	5,6	14,9	14,2			
48	06.12.2007			5,8	7,6						NP/RP-Check		
49	07.12.2007	7,4	7,8	13,3	13,4	57,2	7,0	7,2	16,5	16,2			
50	08.12.2007			8,0	8,5		4,8	3,8	9,4	9,3			
51	09.12.2007			5,6	5,9		3,9	3,8	7,1	7,1			
52	10.12.2007	11,2	12,3	17,7	17,5	66,5	13,2	13,1	20,4	19,8			
53	11.12.2007			13,2	13,3		12,1	11,5	20,4	19,8			
54	12.12.2007	26,5	27,1	32,6	31,2	84,0	26,8	25,7	35,4	35,0			
55	13.12.2007	15,2	15,6	18,9	17,8	83,9	14,9	15,2	20,3	20,3			
56	14.12.2007	13,8	14,0	17,0	15,8	84,5	13,5	13,1	17,9	17,4			
57	15.12.2007			17,2	16,2		14,9	14,5	17,7	17,7			
58	16.12.2007			25,0	24,5		23,4	22,8	26,7	26,2			
59	17.12.2007	25,0	24,6	31,1	31,0	80,0	26,7	24,9	36,2	34,8			
60	18.12.2007			66,9	66,3		57,1	53,1	77,9	74,0			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 3 von 18**

Hersteller FAI Instruments s.r.l. <span style="float: right;">Schwebstaub PM10 &amp; PM2.5</span> Gerätetyp SWAM 5a DC <span style="float: right;">Messwerte in µg/m³ i.B.</span> Serien-Nr. SN 127 / SN 131												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
61	19.12.2007			77,0	74,9		64,8	63,0	89,6	87,3		Köln, Parkplatzgelände
62	20.12.2007			88,2	86,3		70,3	68,2	100,4	94,2		
63	21.12.2007			53,5	54,2		53,5	51,6	61,0	57,1		
64	22.12.2007			59,4	60,6		65,3	61,2	70,8	65,2		
65	23.12.2007			58,6	59,2		48,6	44,6	59,3	59,4		
66	24.12.2007			25,2	25,5		23,4	21,9	24,9	24,5		
67	25.12.2007			30,3	30,6		29,3	29,1	32,6	32,4		
68	26.12.2007			33,6	34,0		31,4	31,9	36,1	35,8		
69	27.12.2007			12,3	12,7		10,9	10,7	12,7	12,5		
70	28.12.2007			12,0	12,7		11,2	11,3	12,8	12,1		
71	29.12.2007			8,9	10,0		7,2	6,7	10,0	10,4		
72	30.12.2007			16,2	16,0		9,8	9,8	17,7	18,9		
73	31.12.2007	37,2	37,2	46,0	45,6	81,1	37,0	35,6	47,3	46,1		
74	01.01.2008			22,7	22,5		19,6	19,0	23,4	23,3		
75	02.01.2008			19,4	19,3		17,3	17,0	20,2	20,1		
76	03.01.2008	19,8	19,8	21,9	22,4	89,2	20,5	19,7	22,7	22,1		
77	04.01.2008						23,1	22,7	26,5	26,4		
78	05.01.2008						7,0	6,0	11,2	11,4		
79	06.01.2008										Filtervorrat erschöpft Filtervorrat erschöpft NP/RP-Check	
80	07.01.2008											
81	08.01.2008											
82	09.01.2008	8,3	9,2	12,4	13,4	68,1	7,6	7,8	14,9	14,5		
83	10.01.2008	9,4	9,6	11,3	12,1	80,6	9,1	8,7	12,8	13,3		
84	11.01.2008	6,0	5,4	7,5	8,3	71,9	6,0	6,0	8,8	8,2		
85	12.01.2008			14,1	12,7		9,1	9,0	13,8	13,8		
86	13.01.2008			16,2	16,6		12,8	13,0	16,8	16,8		
87	14.01.2008	10,3	8,8	13,2	13,6	71,6	10,1	9,9	14,3	14,0		
88	15.01.2008	4,6	4,1	7,0	5,8	67,9	4,8	4,7	6,6	6,7		
89	16.01.2008	6,8	6,6	10,0	10,1	67,3	7,4	7,4	12,1	12,3		
90	17.01.2008	7,2	7,6	12,3	11,7	61,8	5,9	6,1	12,8	13,0		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 4 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
91	18.01.2008			12,0	11,8		5,7	4,3	14,4	14,5		Köln, Parkplatzgelände	
92	19.01.2008	3,4	4,2	5,6	4,4	75,7	4,0	3,8	6,3	6,6			
93	20.01.2008			5,7	5,3		3,7	3,4	5,7	5,4			
94	21.01.2008	5,6	5,4	8,5	8,4	65,5	5,6	5,4	9,9	9,0			
95	22.01.2008			20,3	19,4		9,4	9,6	22,7	22,8			
96	23.01.2008	12,2	12,4	20,6	20,0	60,6	10,8	10,5	22,2	21,9			
97	24.01.2008	14,1	14,7	26,7	26,0	54,6	12,5	11,1	29,5	28,7			
98	25.01.2008	10,1	10,3	18,3	18,0	56,3	9,0	9,2	20,0	20,0			
99	26.01.2008			26,3	25,5		17,1	17,0	28,4	28,6			
100	27.01.2008			31,6	30,3		17,3	17,0	32,1	33,8			
101	28.01.2008	27,5	28,3	39,2	38,1	72,2	25,9	25,6	42,5	42,9			
102	29.01.2008			51,0	50,8		36,2	34,4	55,8	55,0			
103	30.01.2008	18,8	19,4	24,7	25,7	75,9	17,4	17,5	27,2	27,3			
104	31.01.2008			7,7	7,7		5,6	5,6	8,4	8,1			
105	01.02.2008			10,8	10,2		5,4	5,0	11,9	12,1			
106	02.02.2008			13,4	14,2		7,1	6,8	14,1	14,4			
107	03.02.2008			11,5	12,2		9,1	8,9	11,9	12,3			
108	04.02.2008	7,6	7,6	9,7	10,4	75,6	8,1	7,7	10,9	10,3			
109	05.02.2008			5,2	5,3		3,3	2,8	5,8	5,7			
110	14.02.2008	32,6	33,3	38,2	38,2	86,3	31,6	30,9	41,2	39,8		Bonn	
111	15.02.2008			15,0	15,5		11,6	11,9	16,7	17,5			
112	16.02.2008			18,3	19,2		15,0	14,9	19,0	18,6			
113	17.02.2008	30,3	29,9	37,7	37,4	80,2	31,0	30,4	43,5	42,0			
114	18.02.2008	48,4	48,5	63,0	62,4	77,2	50,8	52,2	75,8	75,1			
115	19.02.2008	41,7	42,1	52,0	51,9	80,5	40,7	40,6	57,7	56,9			
116	20.02.2008	38,8	37,6	41,6	42,6	90,8	36,6	37,1	44,2	44,4			
117	21.02.2008	30,7	31,0	39,9	39,5	77,7	29,0	28,5	43,5	43,9			
118	22.02.2008	17,8	17,9	24,8	25,1	71,4	15,5	15,7	27,9	27,2			
119	23.02.2008			27,4	27,2		21,4	21,5	29,6	30,1			
120	24.02.2008			30,1	29,2		24,4	24,0	31,3	30,9			



Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

## Anlage 5

## Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

## Blatt 5 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
121	25.02.2008	19,0	18,8	24,1	24,6	77,5	18,6	18,3	26,1	26,1		Bonn	
122	26.02.2008	12,5	13,0	23,9	23,4	53,8	11,6	11,4	25,9	25,7			
123	27.02.2008	18,8	18,6	27,6	27,8	67,5	16,2	14,5	29,0	29,3			
124	28.02.2008	20,8	21,5	28,4	30,0	72,5	19,1	19,4	30,5	31,0			
125	29.02.2008	9,8	9,8	14,7	14,0	68,1	8,2	8,5	14,7	14,5			
126	01.03.2008			15,6	14,8		7,2	6,9	15,1	15,4			
127	02.03.2008			23,3	23,1		11,2	10,9	24,1	24,5			
128	03.03.2008	12,9	13,5	20,1	19,6	66,4	13,3	11,7	22,8	22,1			
129	04.03.2008	13,9	14,4	22,2	22,2	63,7	13,4	13,0	25,9	24,8			
130	05.03.2008	16,2	15,2	26,1	25,4	61,2	16,4	16,0	28,7	28,6			
131	06.03.2008	20,8	21,1	30,0	30,2	69,7	18,7	18,8	32,5	33,5			
132	07.03.2008	16,9	15,9	25,5	24,5	65,5	15,2	15,6	28,6	27,9			
133	08.03.2008			20,7	20,1		14,4	14,6	20,6	20,7			
134	09.03.2008			11,5	9,9		6,8	6,1	12,2	11,6			
135	10.03.2008	4,1	5,4	8,6	7,6	58,6	4,5	4,5	9,4	9,8			
136	11.03.2008	7,1	7,3	13,6	13,4	53,1	6,9	6,8	15,2	15,2			
137	12.03.2008			19,1	19,2						NP/RP-Check		
138	13.03.2008	12,0	11,6	16,5	16,9	70,7	10,9	10,2	19,1	18,9			
139	14.03.2008	20,8	20,3				19,5	19,9	30,1	29,9	Ref. PM10 nicht berücksichtigt		
140	15.03.2008			10,7	11,1		8,0	7,6	10,8	11,0			
141	16.03.2008			16,9	18,4		11,9	11,3	18,7	18,8			
142	17.03.2008	13,5	12,9	22,0	23,3	58,5	11,4	11,0	26,0	25,1			
143	18.03.2008	14,8	13,1	21,6	22,0	64,0	12,5	11,7	24,8	23,6			
144	19.03.2008	12,8	13,7	18,7	20,0	68,6	11,7	10,2	21,1	20,6			
145	20.03.2008	8,0	7,8	10,3	10,8	74,8	6,7	6,5	11,0	11,1			
146	21.03.2008						7,5	7,8	10,7	10,9	Ref. PM10 nicht berücksichtigt		
147	22.03.2008			24,7	26,0		22,0	21,1	26,7	26,3			
148	23.03.2008			19,8	21,1		15,3	14,9	21,6	21,1			
149	24.03.2008			12,0	12,5		7,7	7,9	12,0	11,9			
150	25.03.2008	13,0	12,4	16,6	16,7	76,1	11,5	11,7	17,5	17,3			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 6 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.											Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC												
Serien-Nr. SN 127 / SN 131												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
151	26.03.2008	20,1	20,3	22,2	22,6	90,1					Wechsel auf Sommerzeit Wechsel auf Sommerzeit	Bonn
152	27.03.2008	7,6	7,6									
153	28.03.2008			12,8	13,2		6,5	6,6	13,9	14,2		
154	29.03.2008			14,3	14,6		7,9	7,6	15,5	15,4		
155	30.03.2008			15,0	15,3		9,8	9,3	18,6	17,2		
156	31.03.2008	11,6	12,1	16,7	16,5	71,3	11,4	11,4	19,7	19,1		
157	01.04.2008	14,3	13,5	25,0	25,4	55,2	11,9	11,8	30,1	28,6		
158	02.04.2008	17,2	17,6	26,6	27,7	64,1	14,9	14,6	31,5	31,7		
159	03.04.2008	22,2	23,3	30,9	31,5	72,9	20,6	19,8	36,3	35,3		
160	04.04.2008	30,1	29,4	36,9	36,8	80,7	27,8	28,6	41,6	41,3		
161	05.04.2008			14,4	13,9		11,1	11,1	15,0	15,7		
162	06.04.2008			17,3	17,5		12,7	12,3	19,3	19,2		
163	07.04.2008	22,5	23,0	26,3	26,7	86,1	21,9	21,3	29,3	28,7		
164	08.04.2008	31,7	32,3	37,3	36,7	86,6	30,1	30,3	39,3	38,2		
165	09.04.2008	35,6	35,0	40,8	39,9	87,6	31,3	31,7	42,1	41,5		
166	10.04.2008			30,5	30,2						NP/RP-Check	
167	11.04.2008	36,4	35,7	45,5	45,3	79,5	31,9	32,1	43,7	42,8		
168	12.04.2008			12,6	12,1		7,7	7,6	12,6	12,8		
169	13.04.2008			11,7	11,9		10,0	9,8	12,8	12,0		
170	14.04.2008	29,3	29,6	36,2	36,0	81,6	27,0	27,7	36,6	36,4		
171	15.04.2008	22,0	21,9	27,2	25,8	82,7	20,1	19,9	26,6	26,3		
172	16.04.2008	17,6	18,3	25,6	24,7	71,4	17,4	16,5	26,4	26,2		
173	17.04.2008	20,1	19,2	23,9	23,9	82,3	18,0	17,3	23,0	23,1		
174	18.04.2008	21,2	20,7	25,0	24,0	85,5	20,2	19,2	25,1	24,4		
175	19.04.2008			21,4	19,6		16,3	16,4	18,8	19,7		
176	20.04.2008			19,7	18,8		15,7	14,6	19,7	18,7		
177	21.04.2008	23,2	22,7	29,1	28,0	80,3	23,1	22,1	30,2	30,3		
178	30.09.2008	3,5	5,0	5,0	5,0	84,0	3,9	2,9	5,8	5,5		Brühl
179	01.10.2008	5,6	5,2	10,4	9,2	55,3	4,9	3,3	8,3	8,4		
180	02.10.2008	5,3	6,2	13,2	12,6	44,5	6,1	3,7	13,6	11,6		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 7 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
181	03.10.2008	7,8	8,0	13,8	12,6	59,6	7,0	7,2	10,5	10,5		Brühl	
182	04.10.2008			13,8	13,6		5,6	4,9	12,3	11,7			
183	05.10.2008						4,7	1,7	4,8	4,9			
184	06.10.2008						6,5	6,4	11,9	12,0			
185	07.10.2008	8,3	8,5	14,7	14,8	57,0	8,6	8,8	14,2	15,5			
186	08.10.2008	11,6	10,9	22,5	22,3	50,2	12,5	13,2	24,9	25,0			
187	09.10.2008	16,2	16,6	34,1	33,2	48,8	17,4	18,0	38,1	35,6			
188	10.10.2008	15,4	15,2	25,8	26,3	58,8	14,8	16,1	25,8	26,6			
189	11.10.2008			32,4	31,4		25,1	24,8	35,6	35,3	Ausreisser Ref. PM2,5		
190	12.10.2008			23,7	23,4		16,5	17,4	24,3	25,7			
191	13.10.2008	18,0	17,1	33,7	32,1	53,3	19,8	20,8	33,6	33,6			
192	14.10.2008	17,5	21,2	46,6	47,0	41,4	21,7	20,4	51,2	51,2			
193	15.10.2008	9,7	9,7	15,0	16,2	61,8	9,2	8,9	16,2	16,0			
194	16.10.2008	9,4	9,1	17,8	17,5	52,3	8,1	8,7	18,3	17,9			
195	17.10.2008	12,9	13,4	25,9	25,2	51,5	11,9	10,9	25,9	25,3			
196	18.10.2008	16,1	14,5	19,7	20,5	76,2	11,4	11,8	19,3	20,0			
197	19.10.2008			16,7	17,2						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
198	20.10.2008	13,9	13,3	22,6	20,3	63,4					Ausfall SN131 - Kabelbruch		
199	21.10.2008	9,4	9,8	16,1	15,5	60,7					Ausfall SN131 - Kabelbruch		
200	22.10.2008			25,8	24,3						Ausfall SN131 - Kabelbruch		
201	23.10.2008										Ausfall SN131 - Kabelbruch		
202	24.10.2008	18,9	19,3	26,3	26,6	72,3	16,2	18,2	24,8	24,6			
203	25.10.2008	15,2	14,3	16,3	17,3	87,8	12,1	12,0	14,9	15,6			
204	26.10.2008			8,0	9,7		5,7	5,2	8,1	7,4			
205	27.10.2008	11,4	11,4	19,9	20,8	56,0	10,4	9,8	19,5	18,3			
206	28.10.2008	14,0	12,7	21,9	22,9	59,5	11,5	11,4	19,9	19,6			
207	29.10.2008	31,5	31,5	42,4	43,4	73,3	27,8	27,1	38,9	38,9			
208	30.10.2008	17,6	18,1	21,6	22,7	80,7	15,1	14,5	19,2	19,0			
209	31.10.2008	15,6	16,5	21,0	21,6	75,3	14,8	15,3	18,5	19,5			
210	01.11.2008			23,8	24,8		18,0	17,9	21,2	22,6			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 195 von 240

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 8 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
211	02.11.2008			22,5	23,0		16,5	16,2	21,0	21,3		Brühl	
212	03.11.2008	19,9	19,4	30,3	29,7	65,6		21,5		30,2	SN127 - Filter erschöpft		
213	04.11.2008	29,0	29,2	41,9	41,8	69,6		29,1		40,7	SN127 - Filter erschöpft		
214	05.11.2008	34,5	33,8	50,1	51,3	67,4	34,9	32,3	48,0	48,1			
215	06.11.2008	22,8	23,7	36,1	36,5	64,1					Austausch TÜV-Station		
216	07.11.2008										Austausch TÜV-Station		
217	08.11.2008										Austausch TÜV-Station		
218	09.11.2008										Austausch TÜV-Station		
219	10.11.2008										Austausch TÜV-Station		
220	11.11.2008										NP/RP-Check		
221	12.11.2008	10,9	11,1	20,2	22,0	52,1	8,7	8,4	19,2	18,7			
222	13.11.2008	17,9	18,5	31,2	28,8	60,7	16,0	15,9	27,0	27,4			
223	14.11.2008	14,3	14,5	20,9	21,8	67,5	12,7	13,0	19,3	19,4			
224	15.11.2008			17,4	16,4		11,1	10,8	14,3	16,0			
225	16.11.2008	8,9	9,8				8,2	8,1	16,0	15,3	Ausreisser Ref. PM10		
226	17.11.2008	13,8	14,0	30,8	29,9	45,7	12,5	12,8	29,6	28,5			
227	18.11.2008	12,5	13,2	25,1	22,7	53,8	11,4	11,9	22,1	22,2			
228	19.11.2008	12,8	14,1				12,7	12,8	25,3	24,6	Ausreisser Ref. PM10		
229	20.11.2008			19,3	17,9		8,5	8,0	16,1	15,7	Ref PM2,5 nicht berücksichtigt		
230	21.11.2008	5,8	3,4	10,8	9,5	45,5	3,8	3,6	8,3	8,0			
231	22.11.2008			12,2	12,1		7,0	6,7	10,8	10,6			
232	23.11.2008	6,4	6,8	10,9	8,1	69,6	5,0	5,3	7,7	8,5			
233	24.11.2008	17,7	17,5	22,2	21,9	79,8	16,1	16,8	21,5	21,9			
234	25.11.2008	17,7	17,9	28,9	28,7	61,9	14,7	15,4	25,5	24,8			
235	26.11.2008	9,6	10,4	18,0	17,9	55,9	9,0	8,1	15,3	14,9			
236	27.11.2008	13,4	13,0	16,5	17,1	78,8	12,6	12,2	16,1	16,2			
237	28.11.2008	23,1	23,2	26,3	26,6	87,5	22,0	21,6	26,2	24,9			
238	29.11.2008	24,3	25,4	27,1	28,0	90,2	22,9	22,9	26,8	27,7			
239	30.11.2008			24,8	26,2		21,4	21,2	24,2	24,4			
240	01.12.2008	27,2	26,8	32,4	33,3	82,2	24,9	24,7	33,2	33,0			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

## Anlage 5

## Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

## Blatt 9 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2,5	
Gerätetyp SWAM 5a DC												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
SN 145 / SN 149 (Teddington)													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 / SN 145 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 / SN 149 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 / SN 145 PM10 [µg/m³]	SN 131 / SN 149 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
241	02.12.2008	10,9	11,1	14,5	14,9	74,7	9,6	9,6	13,3	12,6		Brühl	
242	03.12.2008	13,6	13,6	15,2	16,6	85,6	11,4	11,8	16,0	15,7			
243	04.12.2008	6,0	6,4	7,1	8,8	77,6	5,6	4,9	7,3	7,5			
244	05.12.2008	7,5	8,1	9,8	10,1	78,4	6,2	6,3	9,1	10,5			
245	06.12.2008	14,5	15,8	20,6	21,3	72,3	12,6	13,5	19,2	20,3			
246	24.07.2008			32,9	32,0						NP/RP-Check	Teddington	
247	25.07.2008	15,4	15,1	22,5	23,6	65,9	13,9	13,2	27,1	24,4			
248	26.07.2008			21,0	21,6		14,1	14,2	23,3	23,3	Ausreisser Ref. PM2,5		
249	27.07.2008	13,1	13,2	19,0	19,9	67,8	15,3	15,0	22,4	22,0			
250	28.07.2008	13,5	13,6	20,3	20,3	66,9	15,7	15,8	23,5	24,1			
251	29.07.2008	4,2	4,7	11,8	12,1	37,4	6,0	6,4	14,0	14,7			
252	30.07.2008	9,6	9,5	16,2	16,5	58,4	11,3	10,9	19,4	18,8			
253	31.07.2008	10,8	11,0	22,2	22,4	49,0	14,0	14,0	26,4	27,8			
254	01.08.2008	4,2	5,5	16,3	15,5	30,3	6,8	7,5	19,3	18,9			
255	02.08.2008	2,4	2,2	8,5	6,0	31,6	4,8	4,5	8,9	8,9			
256	03.08.2008	2,0	2,5	8,2	8,4	26,8	3,9	3,6	10,2	10,8			
257	04.08.2008	3,4	4,4	9,4	9,6	41,1	6,0	5,6	13,2	12,5			
258	05.08.2008	3,1	3,6	7,5	7,3	45,1	5,8	6,0	10,8	10,6			
259	06.08.2008										Stromausfall		
260	07.08.2008	5,4	6,2	11,9	11,4	50,2	7,7	7,5	15,0	15,0			
261	08.08.2008	5,2	6,2	9,9	9,6	58,5	7,5	6,9	12,5	11,9			
262	09.08.2008	2,3	3,3	7,1	7,3	39,3	4,9	4,5	10,7	10,4			
263	10.08.2008	3,9	4,1	11,7	11,2	34,7	4,8	5,4	13,8	13,0			
264	11.08.2008	5,6	6,0	13,7	13,5	42,7	6,5	7,1	16,3	15,0			
265	12.08.2008	3,5	3,5	10,6	10,5	33,2	4,5	4,6	12,8	12,6			
266	13.08.2008	3,5	3,8	11,8	11,4	31,7	4,7	5,0	13,1	13,4			
267	14.08.2008	6,1	6,5	11,0	11,1	56,9	7,0	6,6	12,3	11,0			
268	15.08.2008	5,6	6,3	10,0	11,6	55,4	5,5	5,3	11,2	10,9			
269	16.08.2008	5,5	5,5				4,7	5,1	9,1	9,0			
270	17.08.2008	2,7	2,7	8,7	8,5	31,2	3,9	4,5	12,7	12,2	Ausreisser Ref. PM10		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 197 von 240

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 10 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 145 / SN 149													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 145 PM2,5 [µg/m³]	SN 149 PM2,5 [µg/m³]	SN 145 PM10 [µg/m³]	SN 149 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
271	18.08.2008										NP/RP-Check	Teddington	
272	19.08.2008	4,6	4,7	12,5	13,0	36,6	5,7	5,7	12,6	12,8			
273	20.08.2008	3,9	4,1	10,2	10,1	39,6	5,3	5,6	14,6	13,2			
274	21.08.2008	6,5	6,8	13,2	13,5	50,2	7,3	7,7	14,3	13,8			
275	22.08.2008	5,2	4,9	9,5	9,3	53,6	6,1	5,9	10,7	10,8			
276	23.08.2008	4,5	4,4	9,2	9,5	47,4	6,2	6,5	11,4	12,9			
277	24.08.2008	3,5	3,5	8,6	8,7	40,3	4,7	5,6	11,7	11,4			
278	25.08.2008	6,5	6,5	12,9	13,0	50,0	9,2	9,1	17,6	17,4			
279	26.08.2008	4,8	4,9	10,7	9,5	47,9	7,3	7,0	13,3	13,3			
280	27.08.2008	7,4	7,0	13,4	13,6	53,2		9,0		16,7	SN145 Sensor defekt		
281	28.08.2008	9,6	9,3	14,1	14,2	66,8		12,4		16,5	SN145 Sensor defekt		
282	29.08.2008	13,7	12,8	20,1	19,1	67,8		17,1		22,4	SN145 Sensor defekt		
283	30.08.2008	31,6	30,5	43,8	43,2	71,4	39,3	36,8	48,2	48,2			
284	31.08.2008	13,3	12,1	22,0	21,6	58,5	15,7	16,6	24,6	25,3			
285	01.09.2008	2,9	2,6	8,1	8,1	33,9	4,3	4,5	11,7	11,2			
286	02.09.2008	3,0	2,4	11,8	12,4	22,3	3,8	4,7	13,3	12,8			
287	03.09.2008	3,6	3,3	14,2	14,3	24,2	5,0	5,1	16,4	15,4			
288	04.09.2008	4,1	3,7				5,7	5,4	12,7	12,8	Ausreisser Ref. PM10		
289	05.09.2008	2,6	2,7	7,5	7,6	35,0	4,8	4,5	10,4	10,0			
290	06.09.2008	3,4	3,6	8,0	7,6	44,9	4,1	4,8	9,9	9,2			
291	07.09.2008	3,1	2,7	8,4	8,2	34,8	5,0	4,6	9,7	9,8			
292	08.09.2008	6,4	6,6	14,7	14,2	45,0	8,4	8,1	16,5	16,8			
293	09.09.2008	6,0	5,2	14,4	14,2	39,1	6,8	7,4	15,3	17,2			
294	10.09.2008	4,3	4,1	11,0	10,6	38,6	5,8	7,2	13,5	13,6			
295	11.09.2008	6,5	5,4	17,2	17,5	34,2	6,6	6,3	18,4	17,4			
296	12.09.2008	5,5	5,1	9,4	9,1	57,3	6,8	6,7	11,4	10,5			
297	13.09.2008	15,5	15,4	20,4	20,7	75,5	16,8	16,5	22,0	20,9			
298	14.09.2008	10,9	10,3	18,1	17,4	60,0	11,6	11,3	18,0	17,7			
299	15.09.2008	11,8	12,3	17,5	17,5	68,6	12,1	12,5	17,7	17,2			
300	16.09.2008	17,7	17,4	24,6	24,2	72,0	17,3	17,5	23,9	24,1			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmessenrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B
**Anlage 5****Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen****Blatt 11 von 18**

<b>Hersteller</b> FAI Instruments s.r.l.											Schwebstaub PM10 & PM2.5			
<b>Gerätetyp</b> SWAM 5a DC											Messwerte in µg/m³ i.B.			
<b>Serien-Nr.</b> SN 145 / SN 149														
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 145 PM2,5 [µg/m³]	SN 149 PM2,5 [µg/m³]	SN 145 PM10 [µg/m³]	SN 149 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort		
301	17.09.2008	19,4	19,2	26,9	28,1	70,3	18,0	17,6	25,4	25,8	NP/RP-Check	Teddington		
302	18.09.2008	17,0	17,2	24,5	23,6	71,3	16,3	16,6	23,9	23,5				
303	19.09.2008	20,7	20,9	29,3	29,4	70,9	20,4	20,6	30,0	29,7				
304	20.09.2008	21,7	21,4	26,9	26,6	80,6	20,7	21,2	26,8	25,7				
305	21.09.2008	21,6	22,0	28,6	28,1	76,9	22,3	23,2	29,0	28,9				
306	22.09.2008	14,8	15,0	22,3	22,6	66,3	15,8	17,0	23,5	23,5				
307	23.09.2008	6,3	6,1	18,0	17,8	34,5								
308	24.09.2008	11,4	11,4	18,8	19,7	59,1	12,3	11,8	21,0	21,3				
309	25.09.2008	16,1	16,5	26,7	26,4	61,2	16,1	16,2	26,5	25,8				
310	26.09.2008	17,5	17,4	29,9	29,7	58,5	17,5	18,4	28,9	30,4				
311	27.09.2008	27,2	27,2	35,7	35,6	76,4	29,1	28,7	36,4	37,2				
312	28.09.2008						16,9	16,8	24,7	25,1				
313	29.09.2008	4,3	4,4	7,4	8,5	54,9	4,8	4,6	9,7	10,1				
314	30.09.2008	3,2	3,3	6,9	6,7	48,3	3,3	3,5	7,3	7,6				
315	01.10.2008						3,5	3,7	8,8	8,4				
316	02.10.2008						4,5	4,3	8,0	7,8				
317	03.10.2008						5,2	6,0	9,4	9,8				
318	04.10.2008						2,1	2,9	6,2	6,3				
319	05.10.2008												Nicht in Betrieb Nicht in Betrieb Nicht in Betrieb	
320	06.10.2008													
321	07.10.2008													
322	08.10.2008						10,4	11,1	17,3	16,5				
323	09.10.2008	8,9	10,1	18,4	18,0	52,2	8,9	9,3	17,8	18,0				
324	10.10.2008	10,5	10,6	19,5	19,6	54,1	9,0	9,8	18,1	18,0				
325	11.10.2008	15,6	15,8	22,6	22,6	69,5	15,5	17,9	24,8	23,4				
326	12.10.2008	20,4	21,1	25,9	25,9	80,1	21,6	21,7	27,2	27,0				
327	13.10.2008	8,3	8,4	14,6	14,4	57,6	9,2	9,3	16,2	15,3				
328	14.10.2008	6,1	6,4	11,4	12,2	52,7	7,2	7,5	14,1	13,6				
329	15.10.2008	3,9	3,8	8,2	8,6	46,0	3,7	4,5	9,0	8,3				
330	16.10.2008												NP-Messung	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 199 von 240

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 12 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC													
Serien-Nr. SN 145 / SN 149 SN 127 / SN 131 (Köln, Parkplatzgelände)													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 145 / SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 149 / SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 145 / SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 149 / SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
331	17.10.2008										NP-Messung	Teddington	
332	18.10.2008										NP-Messung		
333	19.10.2008										Nicht in Betrieb		
334	20.10.2008										Nicht in Betrieb		
335	21.10.2008										Nicht in Betrieb		
336	22.10.2008										Nicht in Betrieb		
337	23.10.2008										Nicht in Betrieb		
338	24.10.2008										Nicht in Betrieb		
339	25.10.2008										Nicht in Betrieb		
340	26.10.2008										Nicht in Betrieb		
341	27.10.2008										Nicht in Betrieb		
342	28.10.2008										Nicht in Betrieb		
343	29.10.2008						16,3	16,1	22,1	21,2			
344	30.10.2008						10,2	10,5	13,9	13,8			
345	31.10.2008	11,7	12,0	16,9	18,5	66,9	10,2	10,3	15,8	15,2			
346	01.11.2008	14,8	15,1	18,3	19,2	79,9	14,1	14,3	17,6	18,2			
347	02.11.2008	20,4	20,0	25,5	25,8	78,7	20,0	19,7	25,6	25,5			
348	03.11.2008	20,7	20,9	27,0	27,8	76,0	19,2	20,4	26,7	27,4			
349	04.11.2008	31,1	30,9	37,5	38,4	81,7	31,1	31,5	38,7	40,2			
350	05.11.2008	29,7	29,6	35,5	36,2	82,8	28,3	28,4	36,2	36,2			
351	06.11.2008	23,5	23,8	28,2	28,6	83,2	21,7	22,3	27,5	28,2			
352	07.11.2008	6,8	6,7	15,2	14,7	45,4		6,5		15,9	SN 145, Filtervorrat erschöpft		
353	08.11.2008	3,5	3,5	8,6	9,4	39,1		3,7		9,8	SN 145, Filtervorrat erschöpft		
354	09.11.2008	4,1	4,0	11,5	11,9	34,8		4,3		13,7	SN 145, Filtervorrat erschöpft		
355	14.02.2011	21,1	19,5	23,8	24,2	84,5	19,4	19,6	23,6	24,4	Köln, Parkplatzgelände		
356	15.02.2011	16,4	16,0	19,0	19,7	83,7	16,3	16,2	19,2	19,9			
357	16.02.2011	24,5	24,0	34,0	34,2	71,1	23,1	23,4	33,8	34,7			
358	17.02.2011	36,0	35,5	42,2	42,1	84,8	38,3	38,5	43,2	44,6			
359	18.02.2011	36,5	36,7	43,4	43,5	84,3	37,2	36,7	44,2	44,6			
360	19.02.2011						51,4	50,1	58,4	58,2			



**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 13 von 18**

<b>Hersteller</b>		FAI Instruments s.r.l.									Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
<b>Gerätetyp</b>		SWAM 5a DC										
<b>Serien-Nr.</b>		SN 127 / SN 131										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
361	20.02.2011	27,6	27,8	29,5	29,8	93,5	26,7	28,6	0,0	31,9		Köln, Parkplatzgelände
362	21.02.2011	31,3	31,8	36,6	36,2	86,6	33,9	33,0	39,3	39,0		
363	22.02.2011	36,5	37,9	43,3	43,8	85,4	39,5	39,3	47,6	47,3		
364	23.02.2011	38,0	37,9	45,7	45,7	83,0	37,8	38,5	47,1	46,3		
365	24.02.2011	30,3	31,4	36,0	35,8	85,9	29,7	28,2	38,4	37,4		
366	25.02.2011	26,4	26,7	30,4	29,6	88,6	27,1	25,9	30,6	30,2		
367	26.02.2011						14,4	14,7	17,6	17,9		
368	27.02.2011	13,5	13,3	15,4	14,8	88,5	13,8		15,9		SN 131 in Ending Modus, Filtervorrat erschöpft	
369	28.02.2011	36,7	36,0	44,7	43,7	82,3	33,0		39,8		SN 131 in Ending Modus, Filtervorrat erschöpft	
370	01.03.2011	66,6	66,0	75,6	74,7	88,2	70,1	65,6	79,1	80,4		
371	02.03.2011	49,4	49,7	60,6	58,5	83,1	54,3	51,5	62,0	63,6		
372	03.03.2011	39,4	37,5	50,8	48,9	77,1	41,0	38,8	48,8	49,9		
373	04.03.2011	76,3	76,5								Wartungsarbeiten / Flow checks - Werte verworfen	
374	05.03.2011						26,4	26,6	35,9	37,2		
375	06.03.2011	8,9	9,2	13,6	14,1	65,1	6,4	7,6	12,0	12,3		
376	07.03.2011	8,3	9,0	13,8	12,4	66,2	8,0	8,6	12,2	12,6		
377	08.03.2011	31,1	31,8	43,9	43,8	71,7	26,9	28,4	38,9	38,4		
378	09.03.2011	19,1	18,8	30,5	28,7	63,9	16,6	16,3	25,3	26,3		
379	10.03.2011						8,0	7,9	14,5	14,6		
380	11.03.2011	16,7	16,1	33,5	33,1	49,2	13,5	14,0	29,6	29,8		
381	12.03.2011						16,0	18,2	28,9	30,7		
382	13.03.2011	13,3	13,1	16,2	15,6	83,1	11,4	11,7	15,4	15,5		
383	14.03.2011	18,2	20,0	27,7	25,6	71,5					Stromausfall durch Klimaanlage SN127	
384	15.03.2011	37,4	37,9	44,1	43,1	86,3		33,0		41,0	SN127 kein Wert nach Stromausfall	
385	16.03.2011			67,3	65,8		49,8	48,7	66,1	61,2	Ausreisser Ref PM2,5	
386	17.03.2011	50,7	49,6	68,0	67,1	74,1					Geiger Instabilitäten bei allen 2 Systemen, Ursache unbekannt	
387	18.03.2011	28,4	28,1	38,4	38,4	73,5	21,9	21,6	34,0	32,2		
388	19.03.2011						10,9	11,6	16,6	17,3		
389	20.03.2011	20,4	20,4	28,6	28,0	72,0	17,5	17,0	25,2	25,7		
390	21.03.2011	22,4	22,3	34,7	34,3	64,8	21,3	21,0	32,7	33,7		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 14 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5	
Gerätetyp SWAM 5a DC												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 127 / SN 131													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 PM10 [µg/m³]	SN 131 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
391	22.03.2011	41,7	41,6	55,7	54,8	75,4	36,6	37,4	52,6	52,8		Köln, Parkplatzgelände	
392	23.03.2011	20,3	20,4	33,1	31,6	63,0	19,1	19,3	31,0	31,0			
393	24.03.2011	18,6	20,2	33,3	32,7	58,8	17,6	17,9	30,6	30,7			
394	25.03.2011	27,6	27,5	36,9	37,2	74,2	25,1	25,9	34,1	34,9			
395	26.03.2011						12,6	12,9	18,1	18,8			
396	27.03.2011	24,6	24,8	35,6	35,4	69,5	22,7	22,4	32,7	33,2			
397	28.03.2011	20,5	20,7	32,4	31,9	64,2	17,9	18,8	28,8	29,1			
398	29.03.2011	44,7	44,2	65,4	65,6	67,8	39,7	39,5	62,9	62,7			
399	30.03.2011	15,6	15,6	24,0	23,4	65,8	14,6	14,6	22,6	22,9			
400	31.03.2011	6,0	5,1	10,5	9,3	56,2	6,1	6,0	9,9	9,8			
401	01.04.2011	8,5	7,7	13,3	13,0	61,7	8,3	7,3	13,7	13,3			
402	02.04.2011						20,7	22,4	35,2	36,2			
403	03.04.2011	14,6	13,7	22,1	22,4	63,6	13,0	13,7	19,9	20,2			
404	04.04.2011	8,8	9,0	17,9	16,6	51,6	8,4	8,6	15,9	15,5			
405	05.04.2011	11,0	11,4	19,2	19,0	58,7	10,1	18,2	17,9	17,9	SN131, Pumpe Line A defekt		
406	06.04.2011	13,0	12,9	23,6	23,8	54,6	12,8	23,5	22,7	22,7	SN131, Pumpe Line A defekt		
407	07.04.2011	13,7	13,1	23,2	24,2	56,7	12,1	22,3	20,9	20,9	SN131, Pumpe Line A defekt		
408	08.04.2011	19,0	19,8	34,9	34,8	55,7	17,8	31,5	31,2	31,2	SN131, Pumpe Line A defekt		
409	09.04.2011						14,1	29,5	31,2	31,2	SN131, Pumpe Line A defekt		
410	10.04.2011	11,1	11,8	23,4	22,3	50,1	11,2	22,0	21,6	21,6	SN131, Pumpe Line A defekt		
411	11.04.2011	15,2	15,1	31,3	31,5	48,2	15,2	31,3	31,9	31,9	SN131, Pumpe Line A defekt		
412	12.04.2011	9,0	8,2	18,0	17,1	49,0	8,4	17,2	15,9	15,9	SN131, Pumpe Line A defekt		
413	13.04.2011	12,5	12,2	24,4	23,2	51,9	12,4	23,2	23,7	23,7	SN131, Pumpe Line A defekt		
414	14.04.2011	19,6	19,5	32,0	31,5	61,5	19,7	31,9	31,8	31,8	SN131, Pumpe Line A defekt		
415	15.04.2011	13,3	11,5	31,9	31,9	38,8	14,7	34,4	34,6	34,6	SN131, Pumpe Line A defekt		
416	16.04.2011						23,3	46,9	48,2	48,2	SN131, Pumpe Line A defekt		
417	17.04.2011						14,3	21,9	21,4	21,4	SN131, Pumpe Line A defekt		
418	18.04.2011	17,0	17,3	26,4	26,6	64,6	20,1	29,3	29,3	29,3	SN131, Pumpe Line A defekt,		
419	19.04.2011	17,5	17,9	30,3	30,7	58,0	20,3	31,9	31,9	31,9	Line B verloren durch		
420	20.04.2011	20,0	20,8	33,9	34,2	59,8	22,8	36,5	36,5	36,5	Zyklusunterbrechung		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
 5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
 Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
 Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B
**Anlage 5****Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen****Blatt 15 von 18**

Hersteller		FAI Instruments s.r.l.									Schwebstaub PM10 & PM2.5	
Gerätetyp		SWAM 5a DC									Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr.		SN 127 / SN 131 SN 248 / SN 249 (Bornheim)										
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 127 / SN 248 PM2,5 [µg/m³]	SN 131 / SN 249 PM2,5 [µg/m³]	SN 127 / SN 248 PM10 [µg/m³]	SN 131 / SN 249 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
421	21.04.2011						21,7		33,1	33,6	SN131, Reparatur Pumpe Line A	Köln, Parkplatzgelände
422	22.04.2011						21,1	22,9	28,2	28,6		
423	23.04.2011						30,5	23,4	38,7	38,4		
424	24.04.2011						23,3	31,9	28,5	31,5		
425	25.04.2011	19,6	20,7	27,4	27,4	73,6	21,6	22,9	29,1	29,1		
426	26.04.2011	17,1	17,6	31,0	31,3	55,7	18,9	20,9	31,8	31,6		
427	27.04.2011			44,3	45,1		27,6	28,4	47,2	44,3		
428	28.04.2011	16,2	17,8	28,0	28,0	60,8	20,1	19,6	27,6	26,4		
429	29.04.2011	19,0	19,4	25,9	27,3	72,0	21,5	22,5	28,5	29,5		
430	30.04.2011	12,9	13,3	21,0	22,0	61,0	14,8	17,2	23,0	23,1		
431	01.05.2011	6,7	7,0	13,0	12,9	52,9	8,6	8,5	13,3	12,7		
432	02.05.2011	9,3	9,2	16,1	14,9	59,8	9,8	10,8	14,6	14,0		
433	03.05.2011	9,1	9,3	15,9	15,1	59,2	9,5	9,4	15,4	14,2		
434	04.05.2011	11,4	11,5	20,5	20,2	56,1	11,9	12,0	18,9	18,1		
435	05.05.2011			20,1	19,5		12,6	11,7	19,0	17,4		
436	06.05.2011	13,7	13,6	30,7	31,1	44,2	16,7	18,2	33,0	31,6		
437	07.05.2011	19,1	17,6	46,1	47,5	39,2	25,8	29,7	53,2	51,0		
438	08.05.2011	12,3	12,2	23,4	23,0	53,0	13,7	15,9	20,9	22,4		
439	09.05.2011	17,9	17,9	32,4	32,8	54,9	18,9	19,7	30,2	27,6		
440	10.05.2011	24,4	23,9	43,8	43,2	55,5	27,2	24,9	39,6	35,9		
441	11.05.2011	15,6	15,8	33,1	33,6	47,1	15,6	15,4	27,4	26,5		
442	12.05.2011	11,4	11,7	28,1	27,4	41,4	11,0	11,7	23,4	22,3		
443	13.05.2011	13,5	14,7	32,6	34,0	42,4	13,1	14,3	28,3	26,2		
444	14.05.2011						10,1	12,0	20,6	19,5		
445	11.08.2011	5,5	5,2	11,4	11,1	47,3	5,0	4,7	11,2	10,9		Bornheim
446	12.08.2011	3,0	3,8	6,4	7,0	50,2	4,4	3,7	7,6	7,0		
447	13.08.2011						5,4	5,4	8,6	8,2		
448	14.08.2011	2,6	3,7	7,0	6,7	45,9	4,8	4,4	8,4	8,0		
449	15.08.2011	6,0	5,4	13,5	13,9	41,6	7,9	8,3	15,2	15,7		
450	16.08.2011	6,0	6,0	13,7	12,9	45,1	8,2	8,5	14,8	14,6		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 203 von 240

Anlage 5

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 16 von 18

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5	
Gerätetyp SWAM 5a DC												Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr. SN 248 / SN 249													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 248 PM2,5 [µg/m³]	SN 249 PM2,5 [µg/m³]	SN 248 PM10 [µg/m³]	SN 249 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
451	17.08.2011	14,7	14,0	25,8	25,0	56,3	17,0	18,0	27,8	27,9		Bornheim	
452	18.08.2011	9,0	8,7	16,8	15,9	54,1	13,0	13,5	20,0	20,8			
453	19.08.2011	6,6	6,2	13,3	12,8	48,8	9,1	9,3	15,0	14,9			
454	20.08.2011						10,7	10,7	17,5	16,3			
455	21.08.2011	10,4	10,3	17,1	17,2	60,4	13,3	14,2	20,6	19,7			
456	22.08.2011	10,9	10,8	19,7	19,3	55,8	15,2	15,6	22,3	23,6			
457	23.08.2011	19,2	19,1	29,9	30,1	63,7	17,9	17,9	30,5	30,4			
458	24.08.2011	6,7	7,4	16,9	16,7	41,9	7,8	7,9	17,0	17,0			
459	25.08.2011	11,5	12,1	18,8	18,6	63,4	14,2	14,3	21,2	21,0			
460	26.08.2011	4,9	5,5	10,7	10,7	48,7	7,4	6,9	12,4	12,3			
461	27.08.2011						3,1	3,7	5,4	5,5			
462	28.08.2011			7,7	7,6		3,3	3,8	7,1	7,1			
463	29.08.2011	6,0	6,2	11,4	11,5	53,0	4,9	5,6	10,0	10,2			
464	30.08.2011	9,1	8,2	17,1	16,6	51,1	7,5	7,2	15,0	14,8			
465	31.08.2011	14,5	13,9	26,0	23,6	57,2	13,6	14,0	23,2	23,8			
466	01.09.2011	17,7	18,2	27,5	26,1	66,9	18,1	17,5	26,5	27,4			
467	02.09.2011	14,9	15,0	25,1	24,1	60,6	16,8	16,5	24,9	24,8			
468	03.09.2011						16,3	17,0	26,1	25,9			
469	04.09.2011	8,2	8,0	12,7	12,1	65,3	7,3	6,4	12,2	12,2			
470	05.09.2011	4,9	5,0	9,2	9,1	53,8	3,1	3,5	7,0	6,8			
471	06.09.2011	5,2	5,6	11,1	10,6	49,8	4,1	4,2	9,0	9,5			
472	07.09.2011	6,1	5,8	12,5	13,2	46,1	4,1	4,4	10,5	10,5			
473	08.09.2011						4,2	3,8	8,8	8,2			
474	09.09.2011	6,8	7,1	12,1	11,8	58,0	6,4	6,7	12,1	12,0			
475	10.09.2011						9,2	9,3	13,3	13,1			
476	11.09.2011	5,7	5,5	9,4	9,3	59,5	5,2	4,5	8,9	8,4			
477	12.09.2011	5,2	6,1	11,6	11,6	48,6	4,7	4,8	9,3	9,0			
478	13.09.2011	6,3	7,2	16,3	16,8	40,6	5,4	6,0	13,5	12,8			
479	14.09.2011	6,7	7,2	15,3	15,6	44,9	5,1	5,1	11,9	12,8			
480	15.09.2011	11,1	12,2	24,3	24,9	47,3	11,4	10,6	22,1	21,8			

**Anlage 5**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 17 von 18**

Hersteller FAI Instruments s.r.l. <span style="float: right;">Schwebstaub PM10 &amp; PM2.5</span> Gerätetyp SWAM 5a DC <span style="float: right;">Messwerte in µg/m³ i.B.</span> Serien-Nr. SN 248 / SN 249												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 248 PM2,5 [µg/m³]	SN 249 PM2,5 [µg/m³]	SN 248 PM10 [µg/m³]	SN 249 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
481	16.09.2011	13,0	13,7	23,0	25,1	55,4	12,5	12,1	21,1	21,6		Bornheim
482	17.09.2011						6,1	5,6	9,6	9,3		
483	18.09.2011	3,2	3,9	7,0	7,1	50,4	2,5	2,9	4,5	4,7		
484	19.09.2011	7,8	8,2	12,5	11,6	66,2	6,6	6,9	10,8	11,2		
485	20.09.2011	6,2	6,2	12,3	12,3	50,6		4,9		11,6	SN 248 Hauptplatine defekt	
486	21.09.2011	6,6	6,6	12,4	12,3	53,6		6,4		10,7	SN 248 Hauptplatine defekt	
487	22.09.2011	6,4	7,8	19,2	18,9	37,3		6,9		14,8	SN 248 Hauptplatine ersetzt	
488	23.09.2011	12,2	13,4	26,1	26,2	49,1	13,1	13,4	23,9	23,1		
489	24.09.2011							14,3		20,7	SN 248 Falsches Probenahmenvolumen - Ursache unbekannt	
490	25.09.2011	15,7	14,5	21,3	21,7	70,0	15,9	16,1	22,0	21,8		
491	26.09.2011	12,0	12,0	18,8	20,6	60,8	13,8	13,5	22,1	21,5		
492	27.09.2011	21,9	21,9	38,3	39,8	56,0	19,9	20,3	38,5	38,6		
493	28.09.2011	15,5	15,5	25,7	25,7	60,2	18,3	18,7	27,7	26,6		
494	29.09.2011	17,1	16,0	25,4	25,4	65,1	18,3	17,5	25,6	25,0		
495	30.09.2011	12,4	11,8	23,4	24,5	50,6	13,4	13,6	24,8	24,3		
496	01.10.2011						13,7	13,2	21,2	21,4		
497	02.10.2011						28,8	28,9	37,1	37,7		
498	03.10.2011	13,5	14,8	21,4	21,4	66,2	14,5	14,4	24,2	24,5		
499	04.10.2011	9,9	9,8	15,9	16,3	60,9	10,4	9,7	15,3	15,3		
500	05.10.2011	4,5	2,5	7,0	6,5	51,7	4,1	3,6	6,0	6,0		
501	06.10.2011	5,5	4,1	10,8	10,4	45,6	4,4	4,3	9,6	9,4		
502	07.10.2011	3,6	3,1	8,1	7,6	42,9	3,4	3,3	6,2	6,3		
503	08.10.2011						4,4	5,5	7,9	8,0		
504	09.10.2011	6,0	6,4	10,1	10,4	60,7	5,5	5,7	9,7	9,4		
505	10.10.2011	4,7	5,2	11,9	12,5	40,9	7,1	7,2	13,6	14,1		
506	11.10.2011	1,3	2,0	5,5	5,0	31,2	3,4	3,7	5,5	6,0		
507	12.10.2011	1,9	3,2	5,3	5,0	49,3	4,5	5,2	6,5	6,5		
508	13.10.2011	4,2	4,2	11,5	11,7	36,3	6,3	6,2	12,3	11,8		
509	14.10.2011	5,9	8,5	14,8	14,0	50,2	9,1	8,8	15,3	15,2		
510	15.10.2011						10,6	10,5	14,3	14,4		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 205 von 240

**Anlage 5**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 18 von 18**

<b>Hersteller</b> FAI Instruments s.r.l.											Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
<b>Gerätetyp</b> SWAM 5a DC												
<b>Serien-Nr.</b> SN 248 / SN 249												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 248 PM2,5 [µg/m³]	SN 249 PM2,5 [µg/m³]	SN 248 PM10 [µg/m³]	SN 249 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
511	16.10.2011	11,1	13,8	17,0	16,7	73,7	14,1	14,3	18,1	17,9		Bornheim
512	17.10.2011	18,6	20,2	28,0	27,3	70,0	20,8	20,1	28,2	27,5		
513	18.10.2011	4,3	6,7	11,6	11,5	47,7	6,4	6,8	11,8	11,5		
514	19.10.2011	3,8	5,2				5,6	5,6	10,5	9,9	Ausreisser Ref. PM10	
515	20.10.2011	9,3	9,5	11,9	15,8	67,9	10,7	10,3	16,4	16,0		
516	21.10.2011	17,6	18,1	28,0	26,4	65,5	18,4	18,6	26,7	26,5		
517	22.10.2011						20,0	20,3	23,6	23,7		
518	23.10.2011	23,0	23,2				23,7	23,8	28,2	27,8	Ausreisser Ref. PM10	
519	24.10.2011						16,2	15,9	22,1	21,2		
520	25.10.2011						12,2	12,3	16,1	17,2		
521	26.10.2011						7,2	7,1	12,5	12,3		

**Anlage 6**

**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**

**Blatt 1 von 3**

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC HM													
Serien-Nr. SN 111 / SN 112													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 111 PM2,5 [µg/m³]	SN 112 PM2,5 [µg/m³]	SN 111 PM10 [µg/m³]	SN 112 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
1	14.02.2011	21,1	19,5	23,8	24,2	84,5	21,2	19,7	24,0	22,9		Köln, Parkplatzgelände	
2	15.02.2011	16,4	16,0	19,0	19,7	83,7	17,6	17,3	20,0	19,9			
3	16.02.2011	24,5	24,0	34,0	34,2	71,1	25,8	26,0	33,2	33,0			
4	17.02.2011	36,0	35,5	42,2	42,1	84,8	38,7	38,6	43,5	42,3			
5	18.02.2011	36,5	36,7	43,4	43,5	84,3	38,6	38,9	45,4	44,4			
6	19.02.2011						51,2	51,3	56,2	56,0			
7	20.02.2011	27,6	27,8	29,5	29,8	93,5	29,1	29,1	32,1	31,0			
8	21.02.2011	31,3	31,8	36,6	36,2	86,6	34,0	33,3	39,0	37,0			
9	22.02.2011	36,5	37,9	43,3	43,8	85,4	39,6	38,2	45,7	44,9			
10	23.02.2011	38,0	37,9	45,7	45,7	83,0	38,2	39,5	46,6	44,0			
11	24.02.2011	30,3	31,4	36,0	35,8	85,9	30,7	29,1	35,7	34,3			
12	25.02.2011	26,4	26,7	30,4	29,6	88,6	27,0		30,0		SN 112 Fehler 26 (Filter-Loader nicht korrekt eingesetzt)		
13	26.02.2011						14,8	15,2	17,9	17,5			
14	27.02.2011	13,5	13,3	15,4	14,8	88,5	14,2		15,7		SN 112 keine Daten verfügbar		
15	28.02.2011	36,7	36,0	44,7	43,7	82,3	34,8	35,8	40,2	40,5			
16	01.03.2011	66,6	66,0	75,6	74,7	88,2	66,6	65,1	71,2	72,4			
17	02.03.2011	49,4	49,7	60,6	58,5	83,1	51,6	49,8	59,4	56,9			
18	03.03.2011	39,4	37,5	50,8	48,9	77,1	40,1	39,2	47,4	47,0			
19	04.03.2011	76,3	76,5								Wartungsarbeiten / Flow checks - Werte verworfen		
20	05.03.2011						29,1	29,8	37,1	37,3			
21	06.03.2011	8,9	9,2	13,6	14,1	65,1	7,8	7,9	12,2	11,8			
22	07.03.2011	8,3	9,0	13,8	12,4	66,2	7,6	8,4	12,5	12,6			
23	08.03.2011	31,1	31,8	43,9	43,8	71,7	29,8	29,6	38,8	38,1			
24	09.03.2011	19,1	18,8	30,5	28,7	63,9	17,5	18,6	24,9	25,6			
25	10.03.2011										Stromausfall		
26	11.03.2011	16,7	16,1	33,5	33,1	49,2	15,8	16,5	29,4	28,9			
27	12.03.2011						16,0	17,0	27,8	28,1			
28	13.03.2011	13,3	13,1	16,2	15,6	83,0	12,4	12,5	15,2	15,1			
29	14.03.2011	18,2	20,0	27,8	25,6	71,5					Stromausfall		
30	15.03.2011	37,4	37,9	44,1	43,1	86,3	36,9	36,7	42,0	42,0			

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 207 von 240

Anlage 6

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 3

Hersteller FAI Instruments s.r.l.												Schwebstaub PM10 & PM2.5 Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp SWAM 5a DC HM													
Serien-Nr. SN 111 / SN 112													
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 111 PM2,5 [µg/m³]	SN 112 PM2,5 [µg/m³]	SN 111 PM10 [µg/m³]	SN 112 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort	
31	16.03.2011			67,3	65,8		53,3	55,7	64,9	62,2	Geiger Instabilitäten bei allen Systemen, Ursache unbekannt	Köln, Parkplatzgelände	
32	17.03.2011	50,7	49,6	68,0	67,1	74,1							
33	18.03.2011	28,4	28,1	38,4	38,4	73,5	27,0	26,6	34,5	33,4	SN112 Filter klemmt		
34	19.03.2011						12,7	12,3	17,7	16,9			
35	20.03.2011	20,4	20,4	28,6	28,0	72,0	18,2	18,6	25,4	25,3			
36	21.03.2011	22,4	22,3	34,7	34,3	64,8	22,4	22,7	33,8	32,8			
37	22.03.2011	41,7	41,6	55,7	54,8	75,4	40,4	41,6	54,3	53,2			
38	23.03.2011	20,3	20,4	33,1	31,6	63,0	20,7		31,3				
39	24.03.2011	18,6	20,2	33,3	32,7	58,8	19,8	20,1	31,7	30,2			
40	25.03.2011	27,6	27,5	36,9	37,2	74,2	25,9	27,0	34,7	34,8			
41	26.03.2011						12,6	13,5	18,3	18,2			
42	27.03.2011	24,6	24,8	35,6	35,4	69,5	24,0	24,5	33,6	33,1			
43	28.03.2011	20,5	20,7	32,4	31,9	64,2	19,9	20,3	29,4	28,3			
44	29.03.2011	44,7	44,2	65,5	65,6	67,8	43,6	45,4	63,6	62,6			
45	30.03.2011	15,6	15,6	24,0	23,4	65,8	14,2	14,7	21,2	20,7			
46	31.03.2011	6,0	5,1	10,5	9,3	56,2	6,4	7,0	9,5	10,0			
47	01.04.2011	8,5	7,7	13,3	13,1	61,7	8,8	9,0	13,2	12,7			
48	02.04.2011						17,6	19,8	31,4	31,9			
49	03.04.2011	14,6	13,7	22,1	22,4	63,6	15,0	14,9	20,5	20,2			
50	04.04.2011	8,8	9,0	17,9	16,6	51,6	8,9	9,4	15,7	14,8			
51	05.04.2011	11,0	11,4	19,2	19,0	58,7	11,7	11,8	18,2	17,6			
52	06.04.2011	13,0	12,9	23,6	23,8	54,6	13,5	13,9	23,3	23,0			
53	07.04.2011	13,7	13,1	23,2	24,2	56,7	14,4	15,1	22,1	21,0			
54	08.04.2011	19,0	19,8	34,9	34,8	55,7	19,6	21,8	32,1	32,0			
55	09.04.2011						15,9	16,5	30,1	29,6			
56	10.04.2011	11,1	11,8	23,4	22,3	50,1	12,6	13,3	21,7	21,9			
57	11.04.2011	15,2	15,1	31,3	31,5	48,2	16,4	18,0	31,8	29,7			
58	12.04.2011	9,0	8,2	18,0	17,1	49,0	10,1	10,2	18,0	17,3			
59	13.04.2011	12,5	12,2	24,4	23,2	51,9	13,6	14,1	23,9	23,1			
60	14.04.2011	19,6	19,5	32,0	31,5	61,5	21,5	22,1	32,1	31,8			



**Anlage 6**
**Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen**
**Blatt 3 von 3**

Hersteller		Schwebstaub PM10 & PM2.5										
Gerätetyp		Messwerte in µg/m³ i.B.										
Serien-Nr.												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 111 PM2,5 [µg/m³]	SN 112 PM2,5 [µg/m³]	SN 111 PM10 [µg/m³]	SN 112 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
61	15.04.2011	13,3	11,5	31,9	31,9	38,8	12,8	15,0	29,8	31,3		Köln, Parkplatzgelände
62	16.04.2011						18,0	21,6	41,0	40,1		
63	17.04.2011						14,6	15,6	21,8	21,5		
64	18.04.2011	17,0	17,3	26,4	26,6	64,6	19,9	20,6	30,0	28,1		
65	19.04.2011	17,5	17,9	30,3	30,7	58,0	20,7	21,9	32,4	31,4		
66	20.04.2011	20,0	20,8	33,9	34,2	59,8	23,2	23,7	36,1	35,4		
67	21.04.2011						23,6	24,6	34,5	34,0		
68	22.04.2011						21,8	23,2	30,2	29,6		
69	23.04.2011						33,5	34,6	40,7	40,7		
70	24.04.2011						25,6		32,6			
71	25.04.2011	19,6	20,7	27,4	27,4	73,6	23,4		31,3		SN112 Filter klemmt SN112 Filter klemmt	
72	26.04.2011	17,1	17,6	31,0	31,3	55,7	20,0		32,2		Keine Messung SN112 durch Fehlprogrammierung	
73	27.04.2011			44,4	45,1		33,4		48,2		Keine Messung SN112 durch Fehlprogrammierung	
74	28.04.2011	16,2	17,8	28,0	28,0	60,8	24,2		30,8		Keine Messung SN112 durch Fehlprogrammierung	
75	29.04.2011	19,0	19,4	25,9	27,3	72,0	20,8		30,1		Keine Messung SN112 durch Fehlprogrammierung	
76	30.04.2011	12,9	13,3	21,0	22,0	61,0	14,8	14,7	23,2	21,4		
77	01.05.2011	6,7	7,0	13,0	12,9	52,9	8,2	7,9	13,0	12,6		
78	02.05.2011	9,3	9,2	16,1	14,9	59,8	10,5	10,1	15,6	16,3		
79	03.05.2011	9,1	9,3	15,9	15,1	59,2	9,7	9,3	15,2	16,1		
80	04.05.2011	11,4	11,5	20,5	20,2	56,1	13,0	13,3	20,0	19,9		
81	05.05.2011			20,1	19,5		12,2	12,2	19,0	19,6	Ausreisser Ref. PM2.5	
82	06.05.2011	13,7	13,6	30,7	31,1	44,2	14,4	13,5	30,5	30,9		
83	07.05.2011	19,1	17,6	46,1	47,5	39,2	17,0	14,3	46,1	47,8		
84	08.05.2011	12,3	12,2	23,4	23,0	53,0	10,8	10,5	21,0	20,7		
85	09.05.2011	17,9	17,9	32,4	32,8	54,9	19,4	19,6	30,4	29,7		
86	10.05.2011	24,4	23,9	43,8	43,2	55,5	29,6	29,1	42,0	42,7		
87	11.05.2011	15,6	15,8	33,1	33,6	47,1	17,8	18,4	31,6	32,8		
88	12.05.2011	11,4	11,7	28,1	27,4	41,4	11,5	11,5	24,9	25,1		
89	13.05.2011	13,5	14,7	32,6	34,0	42,4	14,0	13,6	28,8	28,6		
90	14.05.2011						9,9	9,2	20,6	17,7		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Anlage 7

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 1 von 3

Hersteller		Schwebstaub PM10 & PM2.5										Standort
Gerätetyp		Messwerte in µg/m³ i.B.										
Serien-Nr.												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 331 PM2,5 [µg/m³]	SN 333 PM2,5 [µg/m³]	SN 329 PM10 [µg/m³]	SN 330 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	
1	11.08.2011	5,5	5,2	11,4	11,1	47,3		2,6	9,7	10,9	Köln, Parkplatzgelände	
2	12.08.2011	3,0	3,8	6,4	7,0	50,2		3,4	5,6	7,1		
3	13.08.2011							3,1	5,8	6,5		
4	14.08.2011	2,6	3,6	7,0	6,7	45,9		5,7	8,4	8,8		
5	15.08.2011	6,0	5,4	13,5	13,9	41,7		9,7	15,8	15,5		
6	16.08.2011	6,0	6,0	13,7	12,9	45,1		7,0	13,5	13,8		
7	17.08.2011	14,7	14,0	25,8	25,0	56,3		16,8	26,2	26,8		
8	18.08.2011	9,0	8,7	16,8	15,9	54,1		12,6	18,5	19,2		
9	19.08.2011	6,6	6,2	13,3	12,8	48,8		8,9	15,2	13,9		
10	20.08.2011							10,2	16,2	16,9		
11	21.08.2011	10,4	10,3	17,1	17,2	60,4		12,7	18,3	19,0		
12	22.08.2011	10,9	10,8	19,7	19,3	55,8		13,3	20,5	20,5		
13	23.08.2011	19,2	19,1	29,9	30,1	63,7		22,5	29,0	31,4		
14	24.08.2011	6,7	7,4	16,9	16,7	41,9		8,3	16,4	17,0		
15	25.08.2011	11,5	12,1	18,8	18,6	63,4		11,6	17,9	17,8		
16	26.08.2011	4,9	5,5	10,7	10,7	48,8		6,5	10,8	10,6		
17	27.08.2011							2,9	3,3	5,2		
18	28.08.2011	1,8		7,7	7,6			2,4	5,4	6,0		
19	29.08.2011	5,9	6,2	11,4	11,5	53,0		5,1	7,8	9,9		
20	30.08.2011	9,1	8,1	17,1	16,6	51,1		6,5	13,9	13,9		
21	31.08.2011	14,5	13,9	26,0	23,6	57,2		13,8	21,3	22,2		
22	01.09.2011	17,7	18,2	27,5	26,1	66,9	16,9	17,9	24,5	23,1		
23	02.09.2011	14,9	15,0	25,1	24,1	60,6	14,8	16,4	23,9	22,6		
24	03.09.2011						14,8	15,5	23,3	22,6		
25	04.09.2011	8,2	8,0	12,7	12,1	65,3	6,4	6,8	10,3	10,4		
26	05.09.2011	4,8	5,0	9,2	9,1	53,8	2,9	4,0	6,7	7,2		
27	06.09.2011	5,2	5,6	11,1	10,6	49,8	4,1	3,7	7,7	8,7		
28	07.09.2011	6,1	5,8	12,5	13,2	46,1	4,5	4,4	9,1	10,0		
29	08.09.2011						3,6	3,7	8,1	8,2		
30	09.09.2011	6,8	7,1	12,1	11,8	57,9	6,4	6,7	10,6	11,0		

Anlage 7

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 2 von 3

Hersteller											Schwebstaub PM10 & PM2.5	
Gerätetyp											Messwerte in µg/m³ i.B.	
Serien-Nr.												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 331 PM2,5 [µg/m³]	SN 333 PM2,5 [µg/m³]	SN 329 PM10 [µg/m³]	SN 330 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
31	10.09.2011						8,5	7,9	11,5	11,2		Köln, Parkplatzgelände
32	11.09.2011	5,7	5,5	9,4	9,3	59,5	4,8	4,6	9,4	9,0		
33	12.09.2011	5,2	6,1	11,6	11,6	48,5	4,8	3,0	8,9	9,3		
34	13.09.2011	6,3	7,2	16,3	16,8	40,6	5,1	5,5	12,2	13,1		
35	14.09.2011	6,7	7,2	15,3	15,6	44,9	6,2	5,7	12,2	12,9		
36	15.09.2011	11,1	12,2	24,3	24,9	47,4	11,9	11,2	20,6	20,2		
37	16.09.2011	13,0	13,7	23,0	25,1	55,4	11,8	11,9	20,0	21,0		
38	17.09.2011						4,2	4,3	6,9	7,5		
39	18.09.2011	3,2	3,9	7,0	7,1	50,4	3,7	3,2	7,5	7,5		
40	19.09.2011	7,8	8,2	12,5	11,6	66,2	8,2	7,8	10,8	10,8		
41	20.09.2011	6,2	6,2	12,3	12,3	50,6	5,7	7,0	11,8	12,3		
42	21.09.2011	6,6	6,6	12,4	12,3	53,6	6,6	6,9	10,8	11,8		
43	22.09.2011	6,4	7,8	19,2	18,9	37,3	6,9	7,2	15,0	15,6		
44	23.09.2011	12,2	13,4	26,1	26,2	49,1	11,0	11,9	21,5	20,7		
45	24.09.2011						14,5	14,1	19,9	21,1		
46	25.09.2011	15,7	14,5	21,3	21,7	70,0	16,3	16,3	20,9	21,9		
47	26.09.2011	12,0	12,0	18,8	20,6	60,8	13,9	14,3	22,6	23,0		
48	27.09.2011	21,9	21,9	38,3	39,8	56,0	19,6	19,4	37,8	38,2		
49	28.09.2011	15,5	15,5	25,7	25,7	60,2	14,5	14,5	28,0	28,0		
50	29.09.2011	17,1	16,0	25,4	25,4	65,1	18,2	18,2	26,9	26,8		
51	30.09.2011	12,4	11,8	23,4	24,5	50,6	13,1	13,2	21,3	23,2		
52	01.10.2011						12,3	12,5	18,7	19,7		
53	02.10.2011						28,1	28,2	34,9	36,5		
54	03.10.2011	13,5	14,8	21,4	21,4	66,2	14,2	13,8	22,1	23,2		
55	04.10.2011	9,8	9,8	15,9	16,3	60,9		9,4	14,4	14,7		
56	05.10.2011	4,5	2,5	7,0	6,5	51,8		1,4	4,1	3,6	SN 331 Filter blockiert Karussell	
57	06.10.2011	5,5	4,1	10,8	10,4	45,6		3,4	8,0	7,1	SN 331 Filter blockiert Karussell	
58	07.10.2011	3,6	3,1	8,1	7,6	42,9		3,6	6,6	6,1	SN 331 Filter blockiert Karussell	
59	08.10.2011						5,8	5,1	9,2	8,3		
60	09.10.2011	6,0	6,4	10,1	10,4	60,7	6,1	7,3	11,3	10,7		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 211 von 240

Anlage 7

Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen

Blatt 3 von 3

Hersteller		Schwebstaub PM10 & PM2.5									Messwerte in µg/m³ i.B.	
Gerätetyp												
Serien-Nr.												
Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref. 2 PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 331 PM2,5 [µg/m³]	SN 333 PM2,5 [µg/m³]	SN 329 PM10 [µg/m³]	SN 330 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
61	10.10.2011	4,7	5,2	11,9	12,5	40,9	6,7	6,9	11,7	12,9		Köln, Parkplatzgelände
62	11.10.2011	1,3	2,0	5,5	5,0	31,2	2,4	2,4	4,7	6,4		
63	12.10.2011	1,9	3,2	5,3	5,0	49,3	4,5	4,4	6,5	6,6		
64	13.10.2011	4,2	4,2	11,5	11,7	36,3	7,5	7,6	12,9	12,3		
65	14.10.2011	5,9	8,5	14,8	14,0	50,2	9,7	9,7	15,7	14,7		
66	15.10.2011						10,7	10,9	15,1	13,9		
67	16.10.2011	11,1	13,7	17,0	16,7	73,7	13,0	13,3	17,7	16,1		
68	17.10.2011	18,6	20,1	28,0	27,3	70,0	17,6	14,0	24,9	24,5		
69	18.10.2011	4,3	6,7	11,6	11,5	47,7	5,1	5,0	9,4	10,3		
70	19.10.2011	3,8	5,2				5,0	5,1	9,4	10,0	Ausreisser Ref. PM10	
71	20.10.2011	9,3	9,5	11,9	15,8	67,9	10,1	10,7	16,3	16,3		
72	21.10.2011	17,6	18,1	28,0	26,4	65,5	18,9	20,0	27,4	27,1		
73	22.10.2011						19,2	19,7	23,4	22,8		
74	23.10.2011	23,0	23,2				22,2	21,4	25,9	26,0	Ausreisser Ref. PM10	
75	24.10.2011						13,2	13,2	18,7	18,2		
76	25.10.2011						12,3	11,1	15,4	15,7		
77	26.10.2011						6,8	6,4	11,6	11,7		

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 1 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	20.10.2007	Köln, Parkplatzgelände	6,6	1027	65,3	0,0	153	0,3
2	21.10.2007		5,4	1020	81,5	0,0	197	3,0
3	22.10.2007		3,1	1020	71,8	0,5	155	0,0
4	23.10.2007		4,5	1018	68,1	0,0	99	0,0
5	24.10.2007		7,6	1017	70,7	0,0	66	0,3
6	25.10.2007		9,2	1015	68,3	0,3	110	0,0
7	26.10.2007		8,7	1016	69,3	0,0	201	0,0
8	27.10.2007		8,7	1020	69,9	0,2	182	0,0
9	28.10.2007		8,7	1012	68,4	2,3	154	0,0
10	29.10.2007		8,9	1005	82,0	0,9	208	31,0
11	30.10.2007		7,1	1015	76,7	0,3	235	0,3
12	31.10.2007		5,8	1023	80,8	0,1	136	0,0
13	01.11.2007		9,0	1024	79,5	0,0	168	0,0
14	02.11.2007		12,0	1023	86,9	0,0	262	5,7
15	03.11.2007		11,5	1019	80,2	0,0	291	0,9
16	04.11.2007		9,3	1021	70,6	0,0	153	0,0
17	05.11.2007		9,3	1016	70,1	1,0	228	3,0
18	06.11.2007		7,7	1019	71,7	1,9	261	2,7
19	07.11.2007		9,2	1012	78,2	2,6	254	5,9
20	08.11.2007		8,7	1003	73,8	2,4	260	9,8
21	09.11.2007		5,5	1009	73,7	5,4	266	5,0
22	10.11.2007		8,6	1003	76,6	3,8	254	17,4
23	11.11.2007		6,2	1005	73,7	4,0	289	3,6
24	12.11.2007		5,7	1011	71,4	3,0	272	1,5
25	13.11.2007		3,6	999	79,0	1,1	184	10,9
26	14.11.2007		2,0	1010	69,8	1,5	173	0,0
27	15.11.2007		1,7	1019	69,5	0,6	101	0,0
28	16.11.2007		3,6	1021	67,4	0,0	217	0,0
29	17.11.2007		2,5	1016	78,6	0,0	175	0,0
30	18.11.2007		4,0	1002	70,1	5,2	133	0,0

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 213 von 240

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 2 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	19.11.2007	Köln, Parkplatzgelände	3,8	1004	74,7	4,1	136	6,2
32	20.11.2007		6,9	1002	62,0	4,9	128	0,3
34	21.11.2007		7,9	1001	76,6	1,4	133	0,9
34	22.11.2007		8,5	1000	79,4	1,2	155	0,0
35	23.11.2007		4,8	1013	78,4	0,6	209	1,2
36	24.11.2007		4,4	1014	75,1	0,5	216	2,1
37	25.11.2007		5,4	1013	74,9	4,3	284	6,2
38	26.11.2007		4,4	1019	73,2	2,6	273	2,4
39	27.11.2007		3,6	1020	76,2	0,4	196	0,0
40	28.11.2007		2,2	1010	73,9	2,7	143	0,0
41	29.11.2007		4,8	1002	79,5	1,3	203	4,7
42	30.11.2007		7,7	1000	76,4	1,6	188	5,1
43	01.12.2007		8,1	999	69,4	1,9	217	3,2
44	02.12.2007		9,2	984	70,4	3,8	226	7,1
45	03.12.2007		6,2	996	71,4	3,6	271	11,8
46	04.12.2007		7,8	1010	75,8	1,3	202	0,6
47	05.12.2007		10,9	1007	70,3	3,1	191	0,9
48	06.12.2007		11,1	997	76,7	2,4	209	21,0
49	07.12.2007		7,9	995	67,5	3,4	251	1,8
50	08.12.2007		6,7	991	69,5	4,0	192	6,5
51	09.12.2007		7,2	982	71,3	2,9	187	6,5
52	10.12.2007		6,1	1001	81,4	2,0	271	5,4
53	11.12.2007		4,6	1021	76,7	1,9	292	0,6
54	12.12.2007		4,8	1031	72,7	0,4	126	0,0
55	13.12.2007		3,8	1033	68,6	0,0	83	0,0
56	14.12.2007		1,1	1030	63,2	0,9	56	0,0
57	15.12.2007		-0,5	1029	64,1	1,2	59	0,0
58	16.12.2007		-0,8	1030	68,3	0,2	69	0,0
59	17.12.2007		-1,7	1028	68,8	0,8	81	0,0
60	18.12.2007		-2,4	1030	74,3	0,0	118	0,0

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 3 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	19.12.2007	Köln, Parkplatzgelände	-1,9	1031	74,8	0,0	104	0,0
62	20.12.2007		-3,4	1026	81,5	0,0	121	0,0
63	21.12.2007		-0,9	1020	71,0	0,7	133	0,0
64	22.12.2007		-2,2	1020	70,5	1,5	151	0,0
65	23.12.2007		-0,4	1022	76,7	0,6	142	0,0
66	24.12.2007		-0,5	1020	78,2	2,5	124	0,0
67	25.12.2007		-0,9	1014	71,0	3,6	133	0,3
68	26.12.2007		1,2	1023	80,3	1,2	143	0,6
69	27.12.2007		3,9	1024	76,0	3,8	150	0,3
70	28.12.2007		4,1	1016	75,0	4,8	154	0,6
71	29.12.2007		4,9	1009	76,1	1,7	198	5,0
72	30.12.2007		5,1	1018	75,3	1,9	248	1,5
73	31.12.2007		3,3	1021	81,8	0,0	150	0,6
74	01.01.2008		-1,5	1017	79,6	0,5	115	0,0
75	02.01.2008		-0,7	1008	65,4	3,5	106	0,0
76	03.01.2008		1,2	1001	59,9	4,9	142	0,0
77	04.01.2008		3,3	1001	62,8	5,9	139	0,9
78	05.01.2008		6,3	997	75,6	1,3	183	4,8
79	06.01.2008		4,4	1005	74,0	1,5	192	4,1
80	07.01.2008		6,8	1008	67,5	3,0	243	1,8
81	08.01.2008		5,4	1010	72,8	3,6	155	0,0
82	09.01.2008		4,8	1008	76,2	0,6	186	3,8
83	10.01.2008		8,7	1003	68,5	4,5	173	0,0
84	11.01.2008		10,4	993	64,5	5,5	164	2,4
85	12.01.2008		4,0	1006	72,1	1,8	190	0,3
86	13.01.2008		3,6	1005	69,1	4,7	138	0,0
87	14.01.2008		7,4	1000	68,7	4,7	162	0,9
88	15.01.2008		9,2	988	63,6	6,8	173	0,0
89	16.01.2008		6,8	995	76,5	0,6	188	7,4
90	17.01.2008		8,3	1000	70,6	3,9	199	5,6

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 4 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	18.01.2008	Köln, Parkplatzgelände	11,1	1008	72,2	2,7	217	3,6
92	19.01.2008		12,4	1014	75,8	2,9	235	4,5
93	20.01.2008		11,7	1013	72,3	4,5	239	0,0
94	21.01.2008		9,0	1003	70,6	4,3	233	6,5
95	22.01.2008		3,3	1020	71,0	1,6	220	0,0
96	23.01.2008		6,0	1021	68,9	2,7	153	0,0
97	24.01.2008		5,9	1024	74,4	1,0	225	2,7
98	25.01.2008		7,1	1029	62,7	1,7	233	0,0
99	26.01.2008		7,5	1024	64,8	3,5	244	0,0
100	27.01.2008		7,5	1025	73,7	2,0	246	0,0
101	28.01.2008	7,4	1025	65,8	0,0	230	0,0	
102	29.01.2008	3,4	1018	71,6	0,1	220	0,0	
103	30.01.2008	2,2	1017	80,7	0,6	224	3,9	
104	31.01.2008	4,7	999	67,7	5,6	190	2,4	
105	01.02.2008	4,1	994	70,1	3,0	227	6,5	
106	02.02.2008	1,3	1011	69,1	1,9	195	1,2	
107	03.02.2008	3,8	1001	55,2	5,9	131	0,0	
108	04.02.2008	4,0	1002	77,0	2,1	171	5,6	
109	05.02.2008	8,2	1003	73,8	4,0	175	19,2	
110	14.02.2008	Bonn	2,5	1028	70,7	1,0	187	0,0
111	15.02.2008		0,6	1033	54,3	1,9	188	0,0
112	16.02.2008		0,8	1034	46,4	0,7	187	0,0
113	17.02.2008		1,7	1028	54,8	0,2	197	0,0
114	18.02.2008		2,0	1021	53,1	0,2	161	0,0
115	19.02.2008		4,6	1013	63,9	0,6	157	0,9
116	20.02.2008		4,9	1013	77,5	0,2	160	0,9
117	21.02.2008		10,1	1015	66,3	0,4	179	0,6
118	22.02.2008		11,1	1017	65,5	1,7	127	0,0
119	23.02.2008		8,6	1015	69,4	0,3	134	0,0
120	24.02.2008	9,7	1011	70,3	0,4	188	0,3	



**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 5 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
121	25.02.2008	Bonn	11,3	1006	65,2	0,8	153	0,0
122	26.02.2008		9,3	1004	65,5	2,2	72	2,4
123	27.02.2008		7,9	1012	60,6	0,7	150	0,0
124	28.02.2008		8,9	1009	72,4	0,5	117	7,7
125	29.02.2008		9,7	994	66,8	4,7	132	9,2
126	01.03.2008		10,5	999	63,7	4,8	121	0,6
127	02.03.2008		9,6	1001	66,1	1,8	124	2,1
128	03.03.2008		4,4	1004	64,3	1,0	150	9,1
129	04.03.2008		2,9	1017	65,8	2,2	147	0,9
130	05.03.2008		2,8	1019	59,1	0,3	131	0,0
131	06.03.2008		7,1	1010	66,9	0,3	131	0,0
132	07.03.2008		7,7	1004	63,4	0,3	139	0,0
134	08.03.2008		8,1	998	59,4	0,4	153	0,0
134	09.03.2008		8,6	989	58,8	0,8	120	0,0
135	10.03.2008		8,2	979	63,2	2,8	159	2,1
136	11.03.2008		9,7	984	63,5	4,0	122	4,8
137	12.03.2008		7,7	1001	59,9	4,3	122	0,0
138	13.03.2008		9,0	1002	69,2	1,7	134	10,3
139	14.03.2008		8,1	1005	67,8	1,0	173	0,0
140	15.03.2008		11,6	993	66,7	0,4	148	7,7
141	16.03.2008		7,3	998	72,8	2,1	183	16,5
142	17.03.2008		4,3	1005	62,6	2,0	123	0,0
143	18.03.2008		4,7	1005	65,6	2,3	164	0,9
144	19.03.2008		3,6	1007	72,5	1,7	105	5,1
145	20.03.2008		5,5	983	69,0	3,4	133	5,6
146	21.03.2008		2,5	975	75,2	1,2	123	6,8
147	22.03.2008		1,7	989	63,9	3,1	233	1,8
148	23.03.2008		0,7	988	60,3	0,4	171	2,1
149	24.03.2008		1,2	990	74,2	2,5	126	2,7
150	25.03.2008		1,1	995	74,4	0,7	141	7,7

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 217 von 240

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 6 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
151	26.03.2008	Bonn	3,8	991	81,0	0,3	178	4,2
152	27.03.2008		6,8	997	69,5	0,5	131	0,0
153	28.03.2008		9,5	1002	55,4	2,7	124	0,3
154	29.03.2008		11,4	1003	45,3	1,4	107	0,0
155	30.03.2008		12,3	1002	56,5	0,6	181	0,0
156	31.03.2008		10,8	1012	58,3	0,6	171	0,0
157	01.04.2008		10,6	1011	62,8	2,2	184	2,7
158	02.04.2008		8,0	1014	70,2	2,6	194	1,5
159	03.04.2008		7,7	1019	70,3	0,7	160	2,1
160	04.04.2008		9,4	1009	70,8	0,0	125	3,9
161	05.04.2008		4,9	996	76,8	0,6	136	13,6
162	06.04.2008		4,3	991	67,7	0,9	241	2,1
163	07.04.2008		4,1	997	65,3	1,0	150	0,3
164	08.04.2008		6,5	993	61,7	0,6	220	0,0
165	09.04.2008		7,1	990	68,4	0,3	219	2,4
166	10.04.2008		8,8	990	58,1	0,7	224	0,0
167	11.04.2008		9,8	996	52,9	0,7	129	0,0
168	12.04.2008		10,3	1002	61,9	1,0	110	1,5
169	13.04.2008		8,6	1002	77,7	0,5	163	20,4
170	14.04.2008		7,0	1009	75,7	0,5	112	8,6
171	15.04.2008		4,7	1013	75,0	0,3	188	5,9
172	16.04.2008		5,6	1006	57,7	0,8	214	0,0
173	17.04.2008		8,5	995	51,2	2,2	171	0,0
174	18.04.2008		10,2	989	55,6	1,5	190	0,0
175	19.04.2008		9,0	996	73,0	1,7	175	0,0
176	20.04.2008		12,1	995	60,9	2,0	211	0,0
177	21.04.2008		13,6	995	56,0	1,5	259	0,0
178	30.09.2008	Brühl	11,4	996	74,2	2,0	214	16,5
179	01.10.2008		12,4	992	68,9	6,6	241	5,0
180	02.10.2008		9,4	996	67,4	4,6	217	0,6

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 7 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	03.10.2008	Brühl	8,7	1001	72,6	3,4	216	2,1
182	04.10.2008		9,6	1006	61,6	6,1	225	0,0
183	05.10.2008		12,6	997	71,2	8,3	213	9,8
184	06.10.2008		13,4	1007	79,7	0,8	200	2,7
185	07.10.2008		15,4	1005	75,3	2,3	144	0,3
186	08.10.2008		12,5	1012	82,0	1,2	254	5,3
187	09.10.2008		10,1	1024	78,8	0,5	246	0,0
188	10.10.2008		11,6	1024	77,6	0,2	185	0,3
189	11.10.2008		13,0	1020	78,0	0,8	145	0,0
190	12.10.2008		12,9	1017	79,4	1,0	163	0,3
191	13.10.2008		16,2	1011	74,4	1,5	174	0,3
192	14.10.2008		14,1	1012	72,5	1,9	206	0,0
193	15.10.2008		14,3	1006	72,8	4,4	203	4,1
194	16.10.2008		9,3	1005	75,9	3,2	246	6,2
195	17.10.2008		8,3	1012	71,4	2,3	228	0,0
196	18.10.2008		8,7	1012	71,0	0,2	199	0,0
197	19.10.2008		9,5	1013	70,0	1,8	196	0,0
198	20.10.2008		14,2	1004	68,9	3,6	171	0,0
199	21.10.2008		10,3	1006	76,2	1,7	228	2,1
200	22.10.2008		7,8	1017	72,7	1,3	208	0,0
201	23.10.2008		7,5	1019	73,0	2,6	151	0,0
202	24.10.2008		9,7	1018	73,3	1,3	158	0,3
203	25.10.2008		9,9	1021	78,6	1,2	161	0,3
204	26.10.2008		12,6	1007	70,2	3,5	191	7,4
205	27.10.2008		8,0	1000	76,8	1,4	249	3,9
206	28.10.2008		4,5	1002	74,9	0,9	209	0,0
207	29.10.2008		4,7	996	76,8	0,0	212	0,0
208	30.10.2008		4,4	992	77,9	1,5	109	1,8
209	31.10.2008		6,5	998	78,3	1,6	122	4,2
210	01.11.2008		8,4	1001	80,1	0,7	139	1,8

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 8 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	02.11.2008	Brühl	8,9	1006	79,3	0,2	194	0,0
212	03.11.2008							
213	04.11.2008							
214	05.11.2008							
215	06.11.2008							
216	07.11.2008							
217	08.11.2008							
218	09.11.2008							
219	20.11.2008							
220	21.11.2008							
221	22.11.2008							
222	23.11.2008							
223	24.11.2008							
224	25.11.2008							
225	26.11.2008							
226	27.11.2008							
227	28.11.2008							
228	29.11.2008							
229	20.11.2008							
230	21.11.2008							
231	22.11.2008							
232	23.11.2008							
234	24.11.2008							
234	25.11.2008							
235	26.11.2008							
236	27.11.2008							
237	28.11.2008							
238	29.11.2008							
239	30.11.2008							
240	01.12.2008							

Keine Wetterdaten verfügbar

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 9 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	02.12.2008	Brühl	Keine Wetterdaten verfügbar					
242	03.12.2008							
243	04.12.2008							
244	05.12.2008							
245	06.12.2008							
246	24.07.2008	Teddington	Keine Wetterdaten verfügbar					
247	25.07.2008							
248	26.07.2008							
249	27.07.2008							
250	28.07.2008							
251	29.07.2008							
252	30.07.2008							
253	31.07.2008							
254	01.08.2008							
255	02.08.2008							
256	03.08.2008							
257	04.08.2008							
258	05.08.2008							
259	06.08.2008							
260	07.08.2008							
261	08.08.2008							
262	09.08.2008							
263	10.08.2008							
264	11.08.2008							
265	12.08.2008							
266	13.08.2008							
267	14.08.2008							
268	15.08.2008							
269	16.08.2008							
270	17.08.2008							

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 10 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
271	18.08.2008	Teddington						
272	19.08.2008							
273	20.08.2008							
274	21.08.2008							
275	22.08.2008							
276	23.08.2008							
277	24.08.2008							
278	25.08.2008							
279	26.08.2008							
280	27.08.2008							
281	28.08.2008							
282	29.08.2008							
283	30.08.2008							
284	31.08.2008							
285	01.09.2008							
286	02.09.2008							
287	03.09.2008							
288	04.09.2008							
289	05.09.2008							
290	06.09.2008							
291	07.09.2008							
292	08.09.2008							
293	09.09.2008							
294	10.09.2008							
295	11.09.2008							
296	12.09.2008							
297	13.09.2008							
298	14.09.2008							
299	15.09.2008							
300	16.09.2008							

Keine Wetterdaten verfügbar

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 11 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
301	17.09.2008	Teddington	14,5	1005	68,1	0,6	153	
302	18.09.2008		11,6	1007	72,0	0,5	195	
303	19.09.2008		12,8	1012	70,1	0,3	170	
304	20.09.2008		13,1	1011	70,5	0,5	116	
305	21.09.2008		13,2	1008	70,0	0,6	168	
306	22.09.2008		14,8	1006	76,5	1,1	211	
307	23.09.2008		14,4	1006	76,0	1,8	228	
308	24.09.2008		14,8	1010	81,9	0,8	168	
309	25.09.2008		13,3	1016	74,7	0,7	89	
310	26.09.2008		13,4	1016	75,6	0,7	146	
311	27.09.2008		12,0	1011	80,6	0,1	206	
312	28.09.2008		13,9	1005	70,7	0,2	300	
313	29.09.2008		14,0	997	71,7	0,3	235	
314	30.09.2008		13,7	984	83,8	0,4	210	
315	01.10.2008		10,4	985	71,9	0,4	232	
316	02.10.2008		9,5	988	69,7	0,7	272	
317	03.10.2008		9,3	999	64,0	0,6	279	
318	04.10.2008		14,1	985	87,0	1,1	179	
319	05.10.2008		10,1	987	88,7	0,6	259	
320	06.10.2008		14,8	991	87,0	0,9	161	
321	07.10.2008		12,7	991	89,6	0,6	219	
322	08.10.2008		9,6	1008	80,6	0,2	276	
323	09.10.2008		13,3	1013	80,2	0,3	184	
324	10.10.2008		12,0	1009	84,4	0,4	210	
325	11.10.2008		12,8	1007	85,9	0,2	198	
326	12.10.2008		15,4	1001	86,5	0,3	206	
327	13.10.2008		12,5	1001	90,9	0,1	209	
328	14.10.2008		14,4	998	90,5	0,3	192	
329	15.10.2008		12,1	994	86,8	0,3	255	
330	16.10.2008		8,2	1001	78,7	0,4	241	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 223 von 240

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 12 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]	
331	17.10.2008	Teddington	9,0	1002,0	83,8	0,0	228,9		
332	18.10.2008		10,6	1001	83,3	0,1	213		
333	19.10.2008		14,0	995	76,3	0,8	192		
334	20.10.2008		11,2	989	90,2	0,4	203		
335	21.10.2008		6,7	999	80,5	0,2	214		
336	22.10.2008		9,4	1006	80,9	0,2	226		
337	23.10.2008		13,6	1000	79,8	1,0	195		
338	24.10.2008		6,5	1011	85,1	0,2	250		
339	25.10.2008		14,1	1002	81,8	0,9	194		
340	26.10.2008		9,2	995	95,0	0,0	227		
341	27.10.2008		4,2	994	85,6	0,1	285		
342	28.10.2008		4,3	994	81,7	0,5	253		
343	29.10.2008		4,3	984	77,8	0,4	153		
344	30.10.2008		5,3	985	79,6	1,1	161		
345	31.10.2008		5,7	992	80,1	0,9	245		
346	01.11.2008		8,8	989	91,5	1,2	233		
347	02.11.2008		10,1	997	88,9	0,8	224		
348	03.11.2008		10,6	998	93,6	0,9	151		
349	04.11.2008		11,4	1001	86,2	0,8	179		
350	05.11.2008		10,5	998	92,6	0,5	284		
351	06.11.2008	10,5	992	90,7	0,4	161			
352	07.11.2008								
353	08.11.2008	Keine Wetterdaten verfügbar							
354	09.11.2008								
355	14.02.2011	Köln, Parkplatzgelände	6,0	998	87,5	2,5	143	5,1	
356	15.02.2011		5,4	992	86,9	3,5	110	1,8	
357	16.02.2011		4,0	994	86,7	1,4	125	0,0	
358	17.02.2011		4,1	1002	76,8	1,7	124	0,0	
359	18.02.2011		2,7	1009	78,4	1,5	104	0,0	
360	19.02.2011		2,7	1010	73,6	4,5	95	0,0	



**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 13 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
361	20.02.2011	Köln, Parkplatzgelände	-0,5	1011	67,1	4,1	77	0,0
362	21.02.2011		-2,7	1011	65,5	3,1	94	0,0
363	22.02.2011		-1,6	1015	56,2	3,0	124	0,0
364	23.02.2011		1,2	1016	59,6	5,0	132	0,0
365	24.02.2011		2,2	1019	94,2	2,6	102	5,7
366	25.02.2011		5,3	1018	87,1	3,4	111	0,0
367	26.02.2011		6,3	1005	86,0	4,3	196	10,5
368	27.02.2011		4,2	1010	86,0	3,9	251	1,5
369	28.02.2011		3,8	1022	83,3	0,9	202	0,0
370	01.03.2011		5,2	1026	69,9	2,1	139	0,3
371	02.03.2011		4,8	1024	54,7	2,2	137	0,0
372	03.03.2011		3,7	1024	50,4	1,4	90	0,0
373	04.03.2011		3,4	1021	67,8	1,2	222	0,0
374	05.03.2011		2,7	1021	73,4	2,2	206	0,0
375	06.03.2011	3,0	1024	52,4	1,9	84	0,0	
376	07.03.2011	4,0	1023	34,2	5,1	101	0,0	
377	08.03.2011	7,9	1013	54,0	2,3	147	0,0	
378	09.03.2011	7,1	1010	75,8	3,5	232	0,9	
379	10.03.2011	9,2	1008	68,9	5,3	231	0,0	
380	11.03.2011	8,1	1008	69,5	3,8	197	0,3	
381	12.03.2011	12,1	998	61,6	3,3	147	0,3	
382	13.03.2011	11,2	1001	77,3	2,0	156	1,5	
383	14.03.2011	9,8	1010	81,2	0,3	114	0,0	
384	15.03.2011	12,3	1006	66,2	2,2	96	0,0	
385	16.03.2011	9,5	1000	71,9	2,5	126	0,0	
386	17.03.2011	5,7	1009	86,9	4,7	267	0,0	
387	18.03.2011	6,0	1018	89,1	1,1	135	11,1	
388	19.03.2011	5,0	1027	59,5	1,2	123	0,0	
389	20.03.2011	5,3	1027	57,7	0,9	150	0,0	
390	21.03.2011	6,9	1029	56,5	1,0	166	0,0	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 225 von 240

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 14 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
391	22.03.2011	Köln, Parkplatzgelände	9,4	1031	62,7	1,1	184	0,0
392	23.03.2011		10,7	1030	66,8	1,2	161	0,0
393	24.03.2011		10,9	1021	67,2	1,0	174	0,0
394	25.03.2011		11,8	1010	59,4	1,6	183	0,0
395	26.03.2011		7,7	1010	64,8	1,5	105	0,0
396	27.03.2011		9,3	1006	60,9	1,1	196	0,0
397	28.03.2011		7,2	1009	60,2	1,9	172	0,0
398	29.03.2011		9,6	1007	62,1	1,1	168	0,0
399	30.03.2011		12,6	1008	66,7	2,4	170	0,0
400	31.03.2011		13,8	1011	78,2	3,7	230	6,5
401	01.04.2011		13,9	1014	78,1	2,3	175	0,0
402	02.04.2011		17,6	1006	62,2	2,6	159	0,0
403	03.04.2011		10,9	1009	85,3	2,0	251	8,7
404	04.04.2011		10,0	1017	65,3	2,7	214	0,0
405	05.04.2011		11,8	1020	71,9	2,1	173	0,9
406	06.04.2011		16,2	1019	73,9	1,8	196	0,0
407	07.04.2011		13,8	1019	67,2	3,0	245	0,0
408	08.04.2011		12,9	1018	64,7	2,9	255	0,0
409	09.04.2011		11,3	1018	59,8	1,3	183	0,0
410	10.04.2011		14,0	1016	60,2	1,1	191	0,0
411	11.04.2011	16,0	1012	58,8	3,9	244	2,7	
412	12.04.2011	7,7	1018	66,7	4,1	257	0,9	
413	13.04.2011	10,1	1013	57,1	2,0	203	0,0	
414	14.04.2011	8,0	1013	65,4	0,6	159	0,0	
415	15.04.2011	10,4	1014	53,6	1,2	169	0,0	
416	16.04.2011	11,9	1017	51,7	0,9	166	0,0	
417	17.04.2011	11,4	1017	53,7	1,2	139	0,0	
418	18.04.2011	14,3	1011	48,6	1,9	149	0,0	
419	19.04.2011	15,5	1009	52,4	1,2	146	0,0	
420	20.04.2011	16,6	1008	51,3	1,1	154	0,0	

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmeseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor: SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 15 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
421	21.04.2011	Köln, Parkplatzgelände	17,8	1006	54,1	0,7	180	0,0
422	22.04.2011		20,0	1003	51,8	1,3	146	8,3
423	23.04.2011		18,0	1005	58,0	0,7	152	0,0
424	24.04.2011		18,1	1011	51,7	1,0	172	0,0
425	25.04.2011		16,8	1013	50,3	1,2	153	0,0
426	26.04.2011		16,7	1011	51,5	1,8	166	2,1
427	27.04.2011		10,8	1010	90,4	0,7	213	8,9
428	28.04.2011		14,2	1005	77,6	0,7	176	0,3
429	29.04.2011		17,2	1002	56,8	1,7	112	3,0
430	30.04.2011		16,9	1002	47,4	1,7	141	0,0
431	01.05.2011		14,8	1002	44,5	1,6	111	0,0
432	02.05.2011		11,0	1004	53,3	2,0	116	0,0
433	03.05.2011		10,0	1011	49,4	1,0	164	0,0
434	04.05.2011		9,7	1016	61,5	1,3	168	0,0
435	05.05.2011		14,1	1015	46,9	2,2	119	0,0
436	06.05.2011		18,6	1012	41,1	2,5	110	0,0
437	07.05.2011		21,9	1011	37,0	3,4	109	0,0
438	08.05.2011		22,1	1013	34,7	4,1	97	0,0
439	09.05.2011		19,5	1016	48,6	2,1	131	0,0
440	10.05.2011		19,2	1017	66,8	1,6	221	2,1
441	11.05.2011	18,1	1013	55,0	1,6	247	0,0	
442	12.05.2011	14,0	1013	58,9	2,6	206	0,0	
443	13.05.2011	15,0	1011	56,4	1,2	199	0,0	
444	14.05.2011	12,6	1011	60,6	3,1	240	9,8	
445	11.08.2011	Bornheim	20,9	1004	53,8	1,2	220	0,3
446	12.08.2011		18,5	1003	78,9	1,1	228	2,1
447	13.08.2011		20,1	1001	77,0	0,7	185	0,0
448	14.08.2011		17,4	1000	86,2	1,1	219	17,4
449	15.08.2011		17,9	1009	71,8	1,2	230	0,0
450	16.08.2011		19,1	1010	69,0	0,7	190	0,6

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 227 von 240

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 16 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
451	17.08.2011	Bornheim	21,1	1007	73,8	0,7	206	4,7
452	18.08.2011		22,5	1004	76,6	1,2	174	20,9
453	19.08.2011		16,8	1011	80,0	1,5	235	3,3
454	20.08.2011		20,7	1011	66,6	0,8	157	0,0
455	21.08.2011		23,2	1007	74,8	1,0	184	0,3
456	22.08.2011		20,4	1009	76,5	1,2	253	0,0
457	23.08.2011		22,6	1005	78,4	0,9	206	0,0
458	24.08.2011		20,1	1007	76,6	0,7	192	0,6
459	25.08.2011		20,8	1003	83,4	1,0	176	2,1
460	26.08.2011		19,4	999	83,7	1,5	195	29,1
461	27.08.2011		15,3	1007	77,0	1,1	207	0,3
462	28.08.2011		15,6	1009	69,2	1,3	212	0,0
463	29.08.2011		14,5	1008	66,7	2,0	243	0,0
464	30.08.2011		13,6	1008	73,6	0,8	236	0,0
465	31.08.2011		14,8	1007	72,0	0,7	225	0,0
466	01.09.2011		16,4	1006	71,6	0,6	182	0,0
467	02.09.2011		21,2	1004	72,2	0,8	160	0,0
468	03.09.2011		24,5	1002	67,0	1,3	132	3,6
469	04.09.2011		20,2	1002	79,5	1,1	223	0,6
470	05.09.2011		16,6	1009	62,9	1,9	217	0,0
471	06.09.2011		17,4	1005	66,8	2,6	219	4,8
472	07.09.2011		14,9	1004	73,1	2,2	246	5,7
473	08.09.2011		14,7	1003	84,7	1,1	209	3,3
474	09.09.2011		19,0	1004	86,9	0,4	167	0,0
475	10.09.2011		23,8	1001	73,0	1,5	155	0,0
476	11.09.2011		16,2	1003	86,0	0,7	165	16,2
477	12.09.2011		19,4	1004	71,1	1,7	204	0,0
478	13.09.2011		16,7	1006	67,3	1,6	219	0,0
479	14.09.2011		15,2	1011	65,1	1,5	224	0,0
480	15.09.2011		14,1	1013	75,3	0,6	207	0,0

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 17 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
481	16.09.2011	Bornheim	17,1	1006	72,6	1,4	145	0,0
482	17.09.2011		16,8	1001	70,6	1,0	207	3,6
483	18.09.2011		13,3	998	76,4	1,0	200	4,5
484	19.09.2011		13,6	1008	75,8	1,4	231	0,9
485	20.09.2011		15,6	1014	78,0	0,5	196	0,0
486	21.09.2011		16,9	1011	69,5	0,8	204	0,0
487	22.09.2011		15,2	1011	72,2	1,2	231	0,0
488	23.09.2011							
489	24.09.2011							
490	25.09.2011							
491	26.09.2011							
492	27.09.2011							
493	28.09.2011							
494	29.09.2011							
495	30.09.2011		18,4	1017	68,3	1,2	155	0,0
496	01.10.2011		18,1	1018	70,6	0,5	176	0,0
497	02.10.2011		17,8	1016	75,4	0,3	213	0,0
498	03.10.2011		18,8	1013	65,9	0,8	168	0,0
499	04.10.2011		17,8	1013	72,4	1,6	214	0,0
500	05.10.2011		17,5	1011	70,8	1,2	199	0,0
501	06.10.2011		13,2	1001	71,2	2,3	213	0,3
502	07.10.2011		9,9	1005	81,6	3,6	272	5,7
503	08.10.2011		8,7	1009	85,5	2,1	258	6,0
504	09.10.2011		12,2	1011	84,5	1,4	190	5,4
505	10.10.2011		17,7	1009	74,4	3,2	261	0,3
506	11.10.2011		16,3	1010	77,4	3,6	251	0,0
507	12.10.2011		12,5	1012	91,1	0,9	226	17,9
508	13.10.2011		9,9	1022	76,3	0,6	209	0,0
509	14.10.2011		8,7	1024	69,6	1,0	151	0,0
510	15.10.2011		7,8	1020	68,8	1,2	162	0,0

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM  
5a Dual Channel Monitor SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel  
Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten  
Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom  
23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

**Anlage 8**

**Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten**

**Blatt 18 von 18**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
511	16.10.2011	Bornheim	8,5	1016	73,8	1,5	157	0,0
512	17.10.2011		10,5	1011	78,5	0,8	163	0,0
513	18.10.2011		9,2	1003	82,0	1,2	197	3,0
514	19.10.2011		8,1	1010	74,4	1,5	225	0,0
515	20.10.2011		5,6	1018	79,8	1,0	223	0,0
516	21.10.2011		5,2	1019	79,3	1,1	154	0,0
517	22.10.2011		6,8	1013	69,3	3,9	128	0,0
518	23.10.2011		7,4	1007	71,6	2,3	138	0,0
519	24.10.2011		9,8	999	67,2	3,8	132	0,0
520	25.10.2011		10,9	997	68,8	1,9	132	0,0
521	26.10.2011		9,4	1006	74,9	0,9	171	0,0

## Anhang 2

### Verfahren zur Filterwägung

#### A) Standorte in Deutschland (Köln, Bonn, Brühl, Bornheim)

##### A.1 Ausführung der Wägung

Die Wägungen werden im klimatisierten Wägeraum durchgeführt. Die Bedingungen sind 20 °C ±1 °C und 50 % ±5 % rel. Feuchte und entsprechen damit den Vorgaben der DIN EN 14907.

Die Filter für den Feldtest werden manuell gewogen. Für die Konditionierung werden die Filter einschließlich der Kontrollfilter auf Siebe gelegt, so dass keine Überlappung vorliegt. Die Bedingungen für die Hin und Rückwägung werden vorher festgelegt und entsprechen der Richtlinie.

Vor der Probenahme = Hinwägung	Nach der Probenahme = Rückwägung
Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden	Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter	Wiegen der Filter
nochmals Konditionierung 24 Stunden +2 Stunden	nochmals Konditionierung 24 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter und sofort verpacken	Wiegen der Filter

Die Waage steht immer betriebsbereit zur Verfügung. Vor jeder Wägeserie wird die interne Waagenkalibrierung gestartet. Ist alles in Ordnung, wird als Referenzgewicht das Eichgewicht von 200 mg gewogen und die Randbedingungen notiert. Die Abweichungen zur vorhergehenden Wägung entsprechen der Richtlinie und überschreiten die 20 µg nicht (siehe Abbildung 120). Dann werden die sechs Kontrollfilter gewogen. Die Kontrollfilter mit einer Abweichung von über 40µg werden in der Auswerteseite mit einer Warnung angezeigt und nicht für die Rückwägung verwendet. Für die Rückwägung werden die ersten drei einwandfreien Kontrollfilter genommen, während die anderen sicher in ihren Döschen bleiben, um bei Beschädigungen und/oder größeren Abweichungen der ersten drei Kontrollfilter zum Einsatz zu kommen. Den exemplarischen Verlauf über einen Zeitraum von über vier Monate zeigt Abbildung 121.

Bei der Hinwägung der Filter werden die Filter, die zwischen der ersten und zweiten Wägung eine Differenz von über 40µg aufweisen, ausgemustert. Bei der Rückwägung werden die Filter mit einer Differenz von über 60µg normgerecht nicht zur Auswertung genommen.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 231 von 240

Für den Transport von und zu der Messstelle und für die Lagerung werden die gewogenen Filter einzeln in Polystyrol-Döschen verpackt. Erst vor dem Einlegen in den Filterhalter wird das Döschen geöffnet. Die unbeladenen Filter können im Wägeraum bis zu 28 Tage vor der Probenahme gelagert werden. Sollte dieser Zeitraum einmal überschritten werden, so wird die Hinwägung der Filter wiederholt.

Die Lagerung der beaufschlagten Filter kann bei oder unterhalb von 23 °C max. 15 Tage erfolgen. Die Filter werden bei 7 °C im Kühlschrank gelagert.

## A2 Auswertung der Filter

Die Auswertung der Filter erfolgt unter Verwendung eines Korrekturterms. Zweck dieser Korrekturrechnung ist es, die relative Masseänderung durch die Wägeraumbedingungen zu minimieren.

Formel :

$$\text{Staub} = MF_{\text{rück}} - ( M_{\text{Tara}} \times ( MKon_{\text{rück}} / MKon_{\text{hin}} ) ) \quad (\text{F1})$$

$MKon_{\text{hin}}$  = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72h Hinwägung

$MKon_{\text{rück}}$  = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Rückwägung

$M_{\text{Tara}}$  = mittlere Masse des Filters von 48 h und 72 h Hinwägung

$MF_{\text{rück}}$  = mittlere Masse des bestaubten Filters von 48 h und 72 h Rückwägung

Staub = korrigierte Staubmasse auf dem Filter

Es zeigt sich, dass durch die Korrekturrechnung das Verfahren unabhängig von den Wägeraumbedingungen wird. Damit sind die Einflüsse des Wassergehaltes der Filtermasse zwischen beladenen und unbeladenen Filtern kontrollierbar und verändern nicht die Staubgehalte auf den beladenen Filtern. Damit ist der Punkt EN 14907 9.3.2.5 hinreichend erfüllt.

Der exemplarische Verlauf des Eichgewichtes für den Zeitraum von Nov. 2008 bis Feb. 2009 zeigt, dass die zulässige Differenz von 20 µg zur vorhergehenden Messung nicht überschritten wird.



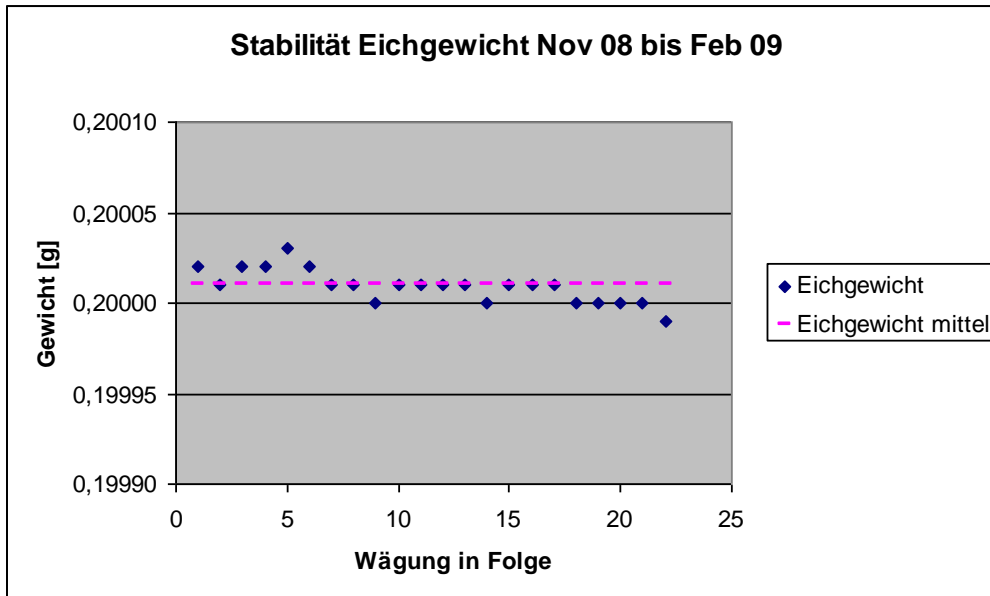


Abbildung 120: Stabilität Eichgewicht

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 233 von 240

Tabelle 54: Stabilität Eichgewicht

Datum	Wägung Nr	Eichgewicht g	Differenz zur vorhergehenden Wägung µg
12.11.2008	1	0,20002	
13.11.2008	2	0,20001	-10
10.12.2008	3	0,20002	10
11.12.2008	4	0,20002	0
17.12.2008	5	0,20003	10
18.12.2008	6	0,20002	-10
07.01.2009	7	0,20001	-10
08.01.2009	8	0,20001	0
14.01.2009	9	0,20000	-10
15.01.2009	10	0,20001	10
21.01.2009	11	0,20001	0
22.01.2009	12	0,20001	0
29.01.2009	13	0,20001	0
30.01.2009	14	0,20000	-10
04.02.2008	15	0,20001	10
05.02.2009	16	0,20001	0
11.02.2009	17	0,20001	0
12.02.2009	18	0,20000	-10
18.02.2009	19	0,20000	0
19.02.2009	20	0,20000	0
26.02.2009	21	0,20000	0
27.02.2009	22	0,19999	-10

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert

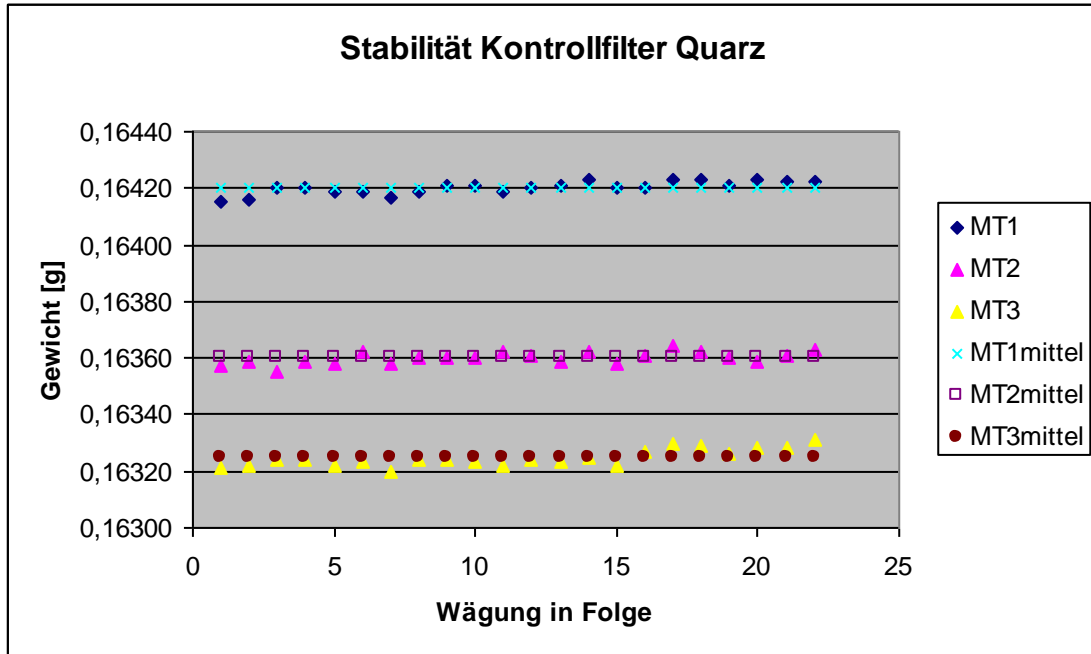


Abbildung 121: Stabilität der Kontrollfilter

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 235 von 240

Tabelle 55: Stabilität der Kontrollfilter

Wägung Nr.	MT1 [g]	MT2 [g]	MT3 [g]
1	0,16415	0,16357	0,16321
2	0,16416	0,16359	0,16322
3	0,16420	0,16355	0,16324
4	0,16420	0,16359	0,16324
5	0,16419	0,16358	0,16322
6	0,16419	0,16362	0,16323
7	0,16417	0,16358	0,16320
8	0,16419	0,16360	0,16324
9	0,16421	0,16360	0,16324
10	0,16421	0,16360	0,16323
11	0,16419	0,16362	0,16322
12	0,16420	0,16361	0,16324
13	0,16421	0,16359	0,16323
14	0,16423	0,16362	0,16325
15	0,16420	0,16358	0,16322
16	0,16420	0,16361	0,16327
17	0,16423	0,16364	0,16330
18	0,16423	0,16362	0,16329
19	0,16421	0,16360	0,16326
20	0,16423	0,16359	0,16328
21	0,16422	0,16361	0,16328
22	0,16422	0,16363	0,16331
<b>Mittelwert</b>	0,16420	0,16360	0,16325
<b>Standardabw. rel. Stand- abw.</b>	2,19602E-05 0,013	2,1157E-05 0,013	3,0165E-05 0,018
<b>Median</b>	0,16420	0,16360	0,16324
<b>niedrigster Wert</b>	0,16415	0,16355	0,16320
<b>höchster Wert</b>	0,16423	0,16364	0,16331

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert

## **B) Standort in Großbritannien (Teddington)**

### **B.1 Umsetzung der Wägeprotokolle**

NPL (National Physical Laboratory) wurde beauftragt, die Filter für den Feldtest manuell zu wiegen. Entsprechend der Richtlinie EN14907 wurden die Filter weniger als 28 Tage im Wägeraum gelagert; die Plexiglaskammer, in der der Wiegevorgang stattfand, wurde bei  $20 \pm 1$  °C und  $50 \pm 5$  % gehalten; die Filter wurden vor und nach Probenahme zweimal gewogen.

Tabelle 56 fasst die Wägebedingungen und Wiegezeiten zusammen:

Tabelle 56: Wägebedingungen und Wiegezeiten

Anfang Probenahme	Ende Probenahme
Lagerung mindestens 48 Stunden	Lagerung 48 Stunden
Filterwägung	Filterwägung
Lagerung 24 Stunden	Lagerung 24 Stunden
Filterwägung	Filterwägung

Zu Beginn jeder Wägereihe wurde die Balkenwaage untersucht, um die mechanischen Steifigkeiten zu entfernen, danach wurde kalibriert. Zu Beginn und zum Ende jeder Filtercharge wurde je ein Prüfgewicht von 50 mg und 200 mg gewogen. Entsprechend der Anforderungen des UK PM Equivalence Report [11] wurden die Filter in Bezug auf ein 100 mg Prüfgewicht und nicht in Bezug auf einen Nullfilter gewogen, da dieser über die Zeit einen Gewichtsverlust hat. Je vier Filter wurden zwischen den Prüfgewichten gewogen, da über diese Zeit die Wägedrift klein ist.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 237 von 240

Die **Masse des Prüfgewichts (CM)** für die Filter wurde für jede Wägereihe nach der Gleichung **E A.1** berechnet

$$CM = \frac{(m_{check, Beg} + m_{check, End})}{2} \quad \text{E A.1}$$

Mit:

$M_{check, Beg}$  = Masse des Prüfgewichts, gewogen direkt vor dem Probenfilter.

$M_{check, End}$  = Masse des Prüfgewichts, gewogen direkt nach dem Probenfilter.

Die **Relative Masse (RM)** der Filter wurde für jede Wägereihe nach Gleichung **E A.2** berechnet:  $RM = m_{filter} - CM$  **E A.2**

Mit:

$m_{filter}$  = Masse des Probenfilters

Die **Partikel Masse (PM)** wird wie in EN 14907 beschrieben nach der folgenden Gleichung berechnet.

$$PM = \left( \frac{RM_{End1} + RM_{End2}}{2} \right) - \left( \frac{RM_{Beg1} + RM_{Beg2}}{2} \right) \quad \text{E A.3}$$

Mit:

Beg1 kennzeichnet Wägereihe 1, vor Probenahme

Beg2 kennzeichnet Wägereihe 2, vor Probenahme

End1 kennzeichnet Wägereihe 1, nach Probenahme

End2 kennzeichnet Wägereihe 2, nach Probenahme

### **End Streubereich ( $S_{Pre}$ ), Beg Streubereich ( $S_{Post}$ ) und Prüfgewicht Streubereich ( $S_{Blank}$ )**

wurden nach den folgenden Gleichungen berechnet:

$$S_{Pre} = RM_{Anf1} - RM_{Anf2} \quad \text{E A.4}$$

$$S_{Post} = RM_{End1} - RM_{End2} \quad \text{E A.5}$$

$$S_{Blank} = \left( \frac{CM_{End2} + CM_{End1}}{2} \right) - \left( \frac{CM_{Anf2} + CM_{Anf1}}{2} \right) \quad \text{E A.6}$$

Wie im UK PM Equivalence Report [11] beschrieben, war es nicht möglich alle Filter wie in EN14907 beschrieben innerhalb des 15-tägigen Zeitfenster zu wiegen.

Allerdings wurden die Filter direkt aus dem Referenzprobenehmer entnommen und in den Kühlschrank gelegt, dadurch war es nicht notwendig zu bestimmen ob  $T_{Umgebung}$  23°C überschreitet. 15 Tage erscheinen impraktikabel für einen relativ kleinen Feldtest Rahmen, es ist wenig wahrscheinlich dass diese Methode in nationalen und regionalen Netzwerken übernommen wird, die Methode die hier angewendet wurde ist repräsentativ für den Betrieb der Referenzprobenehmer in der Praxis.

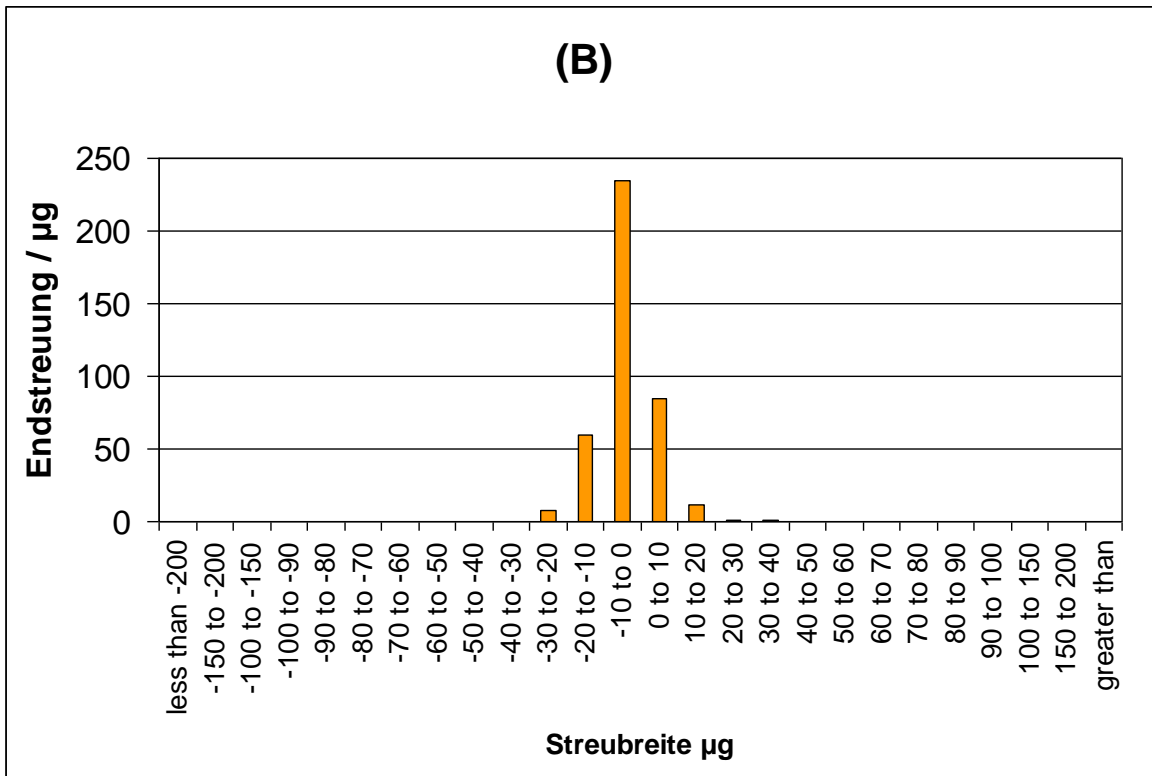
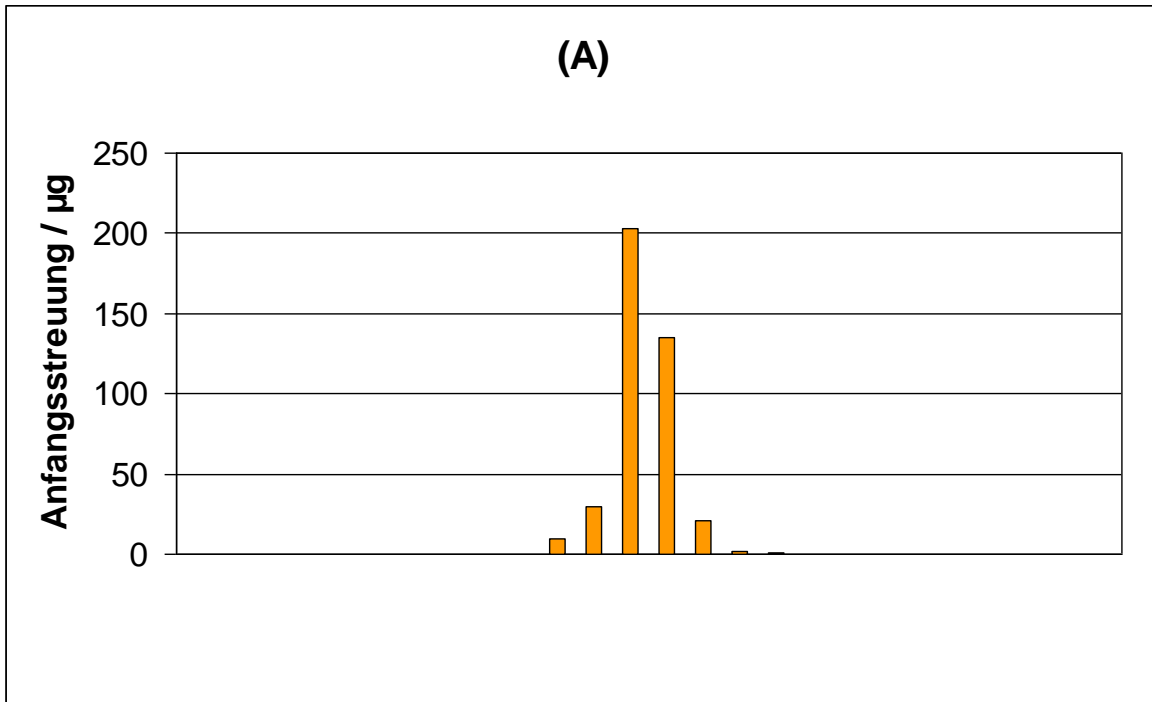
### **A.2 Analyse des verwendeten Wägeprotokolls**

Das Streuverhalten der Anfangs- und Endwiegungen für alle gewogenen EMFAB Filter im Verhältnis zum Taragewicht und zum Prüfgewicht sind in Abbildung 122 dargestellt. Wenn alle Filter während der Messungen an relativer Masse verlieren, wird die Streuung nach rechts verschoben, im Gegenzug wird die Streuung nach links verschoben wenn die relative Masse der Filter zunimmt. Die EN14907 schreibt vor das unbeladene Filter verworfen werden sollen wenn die Differenz der Masse der zwei Anfangswägungen größer als 40 µg ist. Gleichermaßen schreibt die EN14907 vor das Filter, deren Massendifferenz der beiden Endwägungen größer als 60 µg ist, verworfen werden. Es wurden keine Filter auf Grund dieses Kriteriums verworfen. Es gilt als unwahrscheinlich, dass die festgestellten Streuungen der Wiederholungsbestimmungen der Masse einen signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse zu haben.

Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Komponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht 936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

Seite 239 von 240

Abbildung 122: Streuung der Emfab Filter für (A) Anfangswägung m Vergleich zum Prüfgewicht und (B) Endwägung im Vergleich zum Prüfgewicht.





Addendum zum Eignungsprüfbericht der Immissionsmesseinrichtung  
SWAM 5a Dual Channel Monitor, SWAM 5a Monitor und SWAM 5a Dual  
Channel Hourly Mode Monitor der Firma FAI Instruments s.r.l. für die Kom-  
ponenten Schwebstaub PM10 und/oder PM2,5 zum TÜV-Bericht  
936/21207522/A vom 23. März 2009, Berichts-Nr.: 936/21239762/B

## **Anhang 3**

### **Handbuch**